



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Propuesta para desarrollar un Diplomado
en línea de Sacrificio de Porcinos

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A
HIROMI GONZÁLEZ FUENTES



MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente	BENJAMIN RUIZ LOYOLA
Vocal	FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS
Secretario	MIGUEL ANGEL HIDALGO TORRES
1er. Suplente	GABRIELA ALATORRE GARCÍA
2do. Suplente	RAFAEL CARLOS MARFIL RIVERA

Sitio donde se desarrolló el tema:

**OCETIF, A.C. (Organismo de Certificación de Establecimientos T.I.F.),
Miguel Ángel de Quevedo No. 354 Col. Sta. Catarina, Coyoacan. 04010
México, D.F.**

Asesor

Q. Benjamín Ruiz Loyola

Supervisora Técnica

M.Sc. MVZ. Susana Arellano Chávez

Sustentante

Hiromi González Fuentes

Agradecimientos

Esta tesis representa para mí muchas cosas, la primera es la culminación de mi licenciatura en la mejor Universidad, la UNAM, y la mejor facultad, la Facultad de Química. En ella conocí a mucha gente que por siempre y para siempre marcaron y marcaran mi vida pero sobre todo me enseñaron que las oportunidades siempre están ahí, solo hay que armarse de valor y aprovecharlas.

Profe Loyola, gracias por estar ahí conmigo, asesorándome, escuchándome y apoyándome en todas mis decisiones, usted es una gran influencia en mí.

Mi primera oportunidad laboral en el OCETIF. Gracias a la Dra. Arellano y MVZ Claudia Solís, por creer y confiar en mí y darme esta gran oportunidad de pertenecer a este Organismo.

Finalmente, esta es una manera de poder expresar mi agradecimiento a todos los que están y han estado conmigo durante estos años.

Mama, te admiro mucho, gracias por tus enseñanzas y regaños, sé que quieres lo mejor para mi y que no me falte nada, créeme que ustedes son los que completan mi vida.

Papá, ejemplo de paciencia y amor, gracias por estar ahí siempre, ya sea escuchándome gritar, feliz, triste, enojada, desesperada, pero ahí siempre con un sabio consejo.

Quique, eres admirable, cada día que pasa aprendo más de ti, siempre tienes algo que enseñarme, estaré ahí como tu siempre lo has estado conmigo, te quiero hermano.

Mis ángeles guardianes, Mariana Ruiz, gracias por ayudarme, escucharme, emprender el sueño de UC Davis conmigo, pero lo más importante, por ser mi amiga en las buenas y las malas. Clau, mi jefa y amiga, gracias por enseñarme lo que es enfrentarme a la realidad, pero siempre con una sonrisa y la mejor actitud.

Mi mejor amiga Nash, porque todo mundo debe tener una "Nash" en su vida, siempre ahí, con la mejor actitud ante la vida, escuchándome, haciéndome reír, enojándote, gracias por simplemente estar.

Carlos Reyes (te quiero por ser tu), Irys, Naty, Kasha, Adriana Vázquez, Tony, Yeri, ahí conmigo, escuchándome, brindando consejos, siendo simplemente mis amigos.

A ti, que me conoces, que me quieres, que me escuchas, que ríes y lloras conmigo, que sabes qué es lo que espero de la vida y quien quiero llegar a ser, pero lo más importante es que porque como soy, tu me quieres.

Banzai! ばんざい

Hiromi 広見 (De Gran Corazón)

ÍNDICE

	Página
Resumen	1
1. Introducción	2
1.1 Producción Mundial de carne de cerdo	4
1.2 Consumo Mundial	6
1.3 Principales productores de carne de cerdo en América Latina	7
1.4 Producción de carne en México	8
1.5 Características de la producción de carnes en México	9
1.6 Sistemas productivos	9
1.6.1 Tecnificado	10
1.6.2 Semitecnificado	11
1.6.3 Traspatio	12
1.7 Intercambio comercial internacional	14
1.7.1 Exportaciones	14
1.7.2 Importaciones	16
1.8 Propuesta de Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos	17
2. Antecedentes	18
2.1 Educación a Distancia	18
2.1.1 Concepto de Educación a Distancia	18
2.1.2 Educación en Línea	20
2.2 Certificación Tipo Inspección Federal	23
2.3 Normatividad relacionada con la Certificación T.I.F.	24
2.4 Origen de la Certificación Tipo Inspección Federal (T.I.F.)	24
2.5 Importancia de la Certificación Tipo Inspección Federal (T.I.F.)	24
2.6 Situación Actual	25
3. Justificación e Importancia	27
4. Objetivo	29
4.1 General	29
4.2 Particulares	29
5. Elaboración del Proyecto	30
5.1 Metodología	30
5.1.1. Desarrollo del Rastro Virtual	31
5.1.2. Manual del Rastro Virtual (Módulos del Diplomado) y Ejercicios Interactivos	34
6. Resultados	36
6.1 Propuesta de Rastro Virtual	36
6.1.1 Imágenes del Rastro Virtual	38
6.2 Propuesta de Diagrama de Flujo del Personal que labora en un Establecimiento de Sacrificio de Porcinos e Instalaciones	59
6.3 Propuesta de Módulos del Diplomado en Sacrificio de Porcinos	63
6.4 Propuesta de Contenido de Módulos del Diplomado de Sacrificio de Porcinos	70
6.4.1. Módulo 1. Introducción al Sistema TIF	72
6.4.2. Módulo 2. Proceso de Sacrificio de cerdos	94
6.4.3. Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura	172
6.4.4. Módulo 4. Microbiología de la carne y Residuos Tóxicos	231
6.4.5. Módulo 5. Corte y Deshuese de canales, empaque y etiquetado	321
6.4.6 Módulo 6. Flujo del Personal y Producto	350
6.4.7. Módulo 7. Calidad de la carne de cerdo	360
6.4.8. Módulo 8. Residuos, despojos y Aguas residuales del Proceso de sacrificio de porcinos	400
6.4.9. Módulo 9. Breve introducción al HACCP e ISO 22 000	423
6.5 Propuesta de Ejercicios	443

7. Discusión	455
8. Conclusiones	458
9. Apéndice	459
10 Bibliografía General	460

Resumen

Por primera vez en México se desarrolló una Propuesta de Diplomado en línea sobre Sacrificio de Porcinos, la cuál involucra la elaboración del primer Rastro Virtual, contenidos temáticos del Diplomado y ejercicios interactivos con apoyo del Organismo de Certificación de Establecimientos TIF (OCETIF), A.C. debido a la creciente necesidad de que los alimentos sean inocuos, la falta de capacitación de los profesionistas que se dedican al área de verificación sanitaria de los alimentos y la creciente necesidad de capacitación para médicos veterinarios que no pueden dejar su sitio de trabajo. La elaboración del Diplomado en Línea de Sacrificio Porcino se basa en el sistema Tipo Inspección Federal (T.I.F), el cual es un sistema que contribuye al aseguramiento de la inocuidad de los productos cárnicos que se rige por un marco normativo y los planes y acciones de prevención y manejo de riesgos en establecimientos que ostentan la certificación TIF.

1. Introducción

La población humana crece rápidamente lo que exige un incremento constante en la producción de alimentos. La disponibilidad de alimentos presenta una desigual distribución entre países ricos y pobres, mientras en los primeros se presentan problemas de salud por los excesos, en los segundos el hambre y desnutrición son padecidas por grandes segmentos de la población. Además de la cantidad de alimentos, la proporción de nutrientes en relación con las necesidades es de gran importancia. La dieta debe estar correctamente equilibrada desde el punto de vista nutricional, pues su función es la de aportar todos los elementos de materia y energía necesarios para la vida. ¹ El consumo de carne ha estado asociado con una buena nutrición y el desarrollo de la especie humana, resulta un alimento necesario para el crecimiento durante la infancia, la regeneración de tejidos durante la vida adulta y proporciona proteínas, vitaminas y minerales indispensables para conservar la salud. De acuerdo a los estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 100 gramos de porción de carne de cerdo existe²:

Energía (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitam A (µg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Folato (µg)	Vitam C (mg)
114	22.0	1.90	3	1.0	6	0.90	0.23	5.0	6	2

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Los 22 gramos de proteína presentes en la carne de cerdo representan un gran valor nutritivo, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita para formar sus propias proteínas y son fácilmente absorbibles por nuestro organismo. Los 1.90 gramos de grasa por cada 100 gramos de carne representa que el 48% de los ácidos grasos que contiene son del tipo monoinsaturados, lo que la convierten, junto a la carne de pollo, en una de las mejores posibilidades para comer carne con poco nivel de grasa. Por otra parte, una deficiencia de hierro pudiera causar anemia, una persona que no consume carne tiene un alto riesgo de caer en este tipo de enfermedad. La tiamina ayuda en la metabolización de los carbohidratos, proteínas y grasas.² Entre todas las opciones de proteína animal, la carne de cerdo es una de las mejores. Después de la leche, muy pocos productos pueden ser gran fuente de riboflavina como la carne de cerdo. La riboflavina tiene un rol importante para la obtención de energía de

los alimentos. Finalmente, la niacina es un micro nutriente muy importante en la función normal de las enzimas del cuerpo y tiene un papel importante en el metabolismo de los azúcares y los ácidos grasos. La carne debe ser un alimento inocuo, el cual garantiza que no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido, de acuerdo con los requisitos higiénico-sanitarios. Según lo que establece el Codex Alimentarius (código que reglamenta la calidad e inocuidad de los alimentos) un alimento se considera contaminado cuando contiene: agentes vivos (virus o parásitos riesgosos para la salud); sustancias químicas tóxicas u orgánicas extrañas a su composición normal y componentes naturales tóxicos en concentración mayor a las permitidas. ² Las Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA's) son síndromes originados por la ingestión de alimentos o agua, que contienen agentes etiológicos en cantidades tales que afectan la salud del consumidor a nivel individual o grupos de población, es decir, no son inocuos. En nuestro país, el reporte de ETA's ha tenido dos variantes, en la primera que abarca hasta el año 2002, se reportaban los brotes de ETA's, a partir de ese año se llevó a cabo una modificación en la clasificación de enfermedades, por lo que los anuarios del Sector Salud presentan datos sobre "infecciones intestinales por otros microorganismos y las mal definidas", "Paratifoidea y otras salmonelosis", "intoxicación alimentaria bacteriana" y "salmonelosis". A continuación se presentan datos que permiten tener una idea de la frecuencia de este grupo de enfermedades en México. ³

Tabla 1. Reporte de casos de ETA en México entre 1980-1996 ^{22,23}

Año	No. de brotes	No. de afectados	No. fallecidos	Algunos alimentos involucrados y número de brotes	Agentes reportados y número de brotes
1980-1989	314	12 344	384	No reportado	No reportado
1994	44	4986	17	Carne (14) Pollo (10) Cereales (10) Agua (8)	<i>E. coli</i> (9) <i>Salmonella</i> (5) <i>S. aureus</i> (3)
1995	52	2686	46	No reportado	<i>Salmonella</i> (11) <i>E. coli</i> (7) <i>S. aureus</i> (3) Virus (6) Químicos (6) Toxinas (5)
1996	146	3664	23	Carnes (12)	No reportado

En 2000 el Sistema Regional de Información para la Vigilancia de las ETA's, informó que en México se habían enfermado 54 personas por el consumo de carne y 469 por el consumo de carne de ave, sin fallecimientos.³ Con la nueva clasificación de enfermedades, para el año 2005 se presentaron 4,765,567 casos de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas; y 40,599 por intoxicación alimentaria bacteriana.⁴ En un trabajo enfocado a la detección de *Salmonella* en servicios de salud, Gutiérrez y colaboradores obtuvieron 24,394 aislamientos, de los que 15,843 (64.9%) fueron de origen humano y 8,551 (35.1%) de origen animal, de estos aislamientos; el 57.6% procedían de alimentos, el 4.5% de agua y el 37.9% de muestras ambientales.¹⁹ En el caso de los aislamientos procedentes de alimentos el 51% fueron de alimentos preparados, el 23% de productos cárnicos y el 22% de carne. Es importante considerar que los datos nacionales y extranjeros, presentados no representan la totalidad de los casos, según la OMS el número de casos es de 300 a 350 mayor que el reportado (OMS), entre las causas de este subregistro se encuentran:

- Muchas ETA's que ocasionan signología digestiva se confunden con otras enfermedades.
- Muchas ETA's se autolimitan rápidamente.
- Los periodos de incubación son muy variables y en ocasiones el paciente no puede asociar la enfermedad con la causa.
- En menos del 50% de los casos se identifica al agente.
- En algunos países solo el Sector Salud está, obligado a reportar los casos.
- En muchos países existe una gran tendencia a la automedicación, por lo que muchos casos no pasan por médicos.

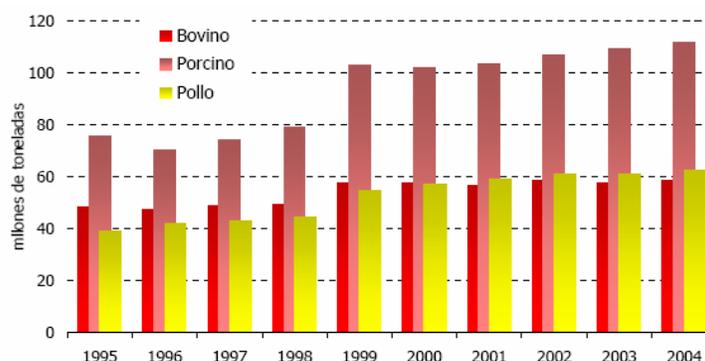
Por lo anterior es tan importante que la carne que llega a nuestras mesas sea inocua y haya sido producida en condiciones óptimas de seguridad e higiene.

1.1 Producción Mundial de carne de cerdo

En los últimos años, los trastornos zoonosarios y zoonosis registradas en diferentes países del mundo, conllevaron a cambios en la evolución de las diferentes producciones de carnes, a lo cual se añan cambios en los hábitos de consumo y se podría pensar en la satisfacción de la demanda mundial de este alimento. Lo anterior ha implicado una baja en los ritmos de expansión de las principales actividades

proveedoras de carnes. En el caso de la producción de carne de bovino, tal vez la que en mayor medida ha visto afectados sus mercados por problemas zoonosarios como es la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) en Europa, Canadá y EUA, así como Fiebre Aftosa en Europa, vio reducido su ritmo de expansión anual de 1.3% en la década pasada a 0.3% en la presente década.²⁹ Entre 1980 y 2004, la producción de carne en países en desarrollo se triplicó, y el consumo per cápita se duplicó. Si bien los consumidores de los países desarrollados siguen consumiendo tres veces más carne por persona, los países en desarrollo representaron más del 80% del incremento de la producción en los últimos 25 años, y ahora producen y consumen más de la mitad de la carne del mundo.^{27,28} Si bien la avicultura se mantiene como la actividad más dinámica en la presente década, ésta es muy inferior a la experimentada en la década de los 90 debido a la desactivación de la producción en naciones asiáticas a consecuencia de la Influenza Aviar, la cual ha cobrado características de zoonosis. En términos generales, la porcicultura es la que en menor medida se vio afectada, al no resentir problemas zoonosarios mayores, cubriendo en alguna medida los nichos de mercado desabastecidos por la carne de res y de pollo. Se estima que en 2004 la producción mundial de carnes ascendió a 260 millones de toneladas, de las cuales el 42.7% fue aportado por la porcicultura, la que continua siendo la más producida a nivel mundial.²⁹ (Imagen 1)

Imagen 1. Producción mundial de carnes de bovino, porcino y pollo

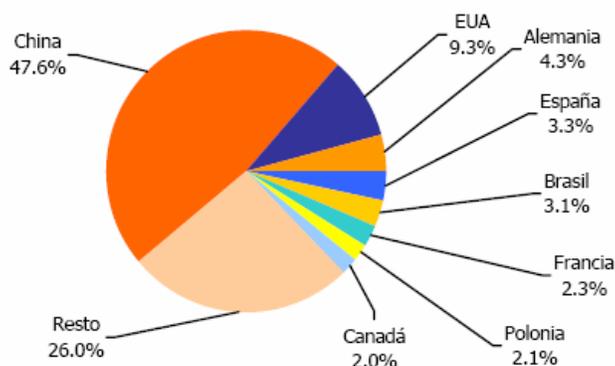


Fuente: FAS/USDA

La producción porcícola se encuentra altamente concentrada a nivel mundial, aportando 8 naciones el 84.0% del total mundial. China se ubica como el mayor productor, con una aportación de 47.6%. Los EUA son los segundos productores de productos porcícolas, con una cooperación al total mundial de 9.3%. En los siguientes lugares se ubican 4

naciones europeas que en conjunto participan el 12.0%, Brasil se ubica en el quinto lugar mundial, aportando el 3.1%. Canadá participa dentro del total mundial de 2.0%. (Imagen 2).^{27, 28,29}

Imagen 2. Principales países productores de carne de porcino en 2004



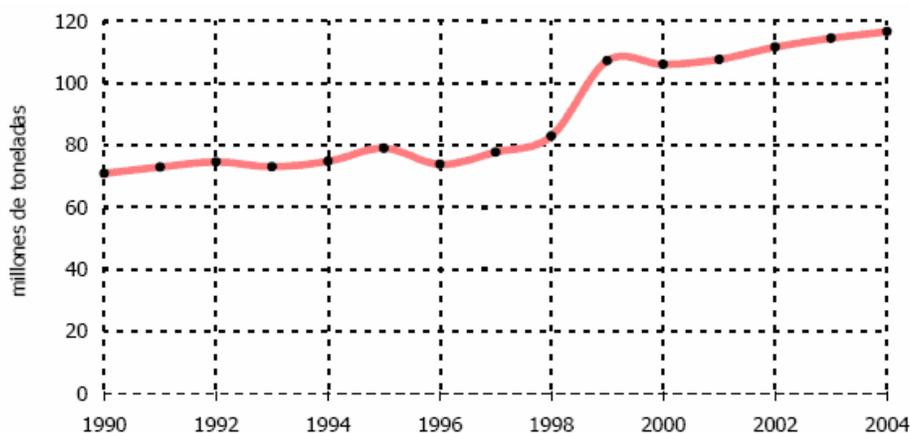
Fuente: FAS/USDA Y FAOSTAT/FAO, 2004

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA-FAS proyectó un aumento en la producción mundial de cerdo de 3 millones de toneladas más para el año 2006 comparado con 2005, esto es un incremento de 33-35 millones de cerdos al mercado de un año al otro. En los últimos 7 años desde el 2001, la producción global de cerdos se ha ido de 83 millones 881 mil toneladas, a 97 millones 207 mil, proyectada para 2006, un aumento anual promedio de 30 millones de cerdos por año. Obviamente la producción mundial de cerdo y el consumo están creciendo. El cerdo se mantiene cómo la primera elección entre todas las carnes en el mundo con más de 45% de participación en el consumo de carne mundial. Producir un producto que está en permanente aumento en la demanda mundial es algo muy positivo para todos los involucrados en la industria porcina y de obtención de carne de cerdo.^{27,28}

1.2 Consumo Mundial

El consumo mundial de carne de porcino, considerado como el abasto total, en el periodo 1999-2004 fue en promedio de 111.2 millones de toneladas anuales, con un crecimiento anual significativo de 2.4%. El consumo de carne de porcino se ha visto impulsado por la disminución de la producción y de los flujos comerciales internacionales de otros cárnicos, situación que se evidencia en la segunda mitad de la década de los 90, específicamente en 1999 en que su abasto a nivel global creció en 29.2%.²⁹

Imagen 3. Consumo mundial de carne de porcino



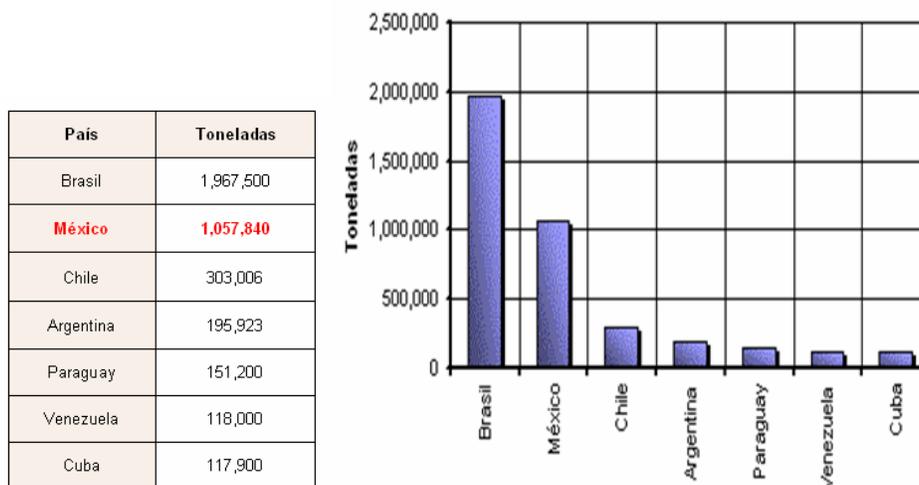
Fuente: FAS/USDA

Los mayores niveles de consumo se ajustan en gran medida en las naciones productoras, China, Unión Europea y países asiáticos como Japón, Corea y Hong Kong, ubicándose estas dos últimas naciones, dentro de las más altas importadoras.²⁹

1.3 Principales productores de carne de cerdo en América Latina

El Continente Americano es el primer productor mundial de carne bovina y de carne de pollo, el segundo productor mundial de leche y el tercero en producción de carne de cerdo. Ello involucra una gran responsabilidad y desafío para el sector pecuario, para hacer frente al masivo incremento global de la demanda de alimentos de origen animal, producto del crecimiento de la población, la urbanización y el aumento del ingreso en los países en desarrollo.^{27,28}

Imagen 4. Principales productores de carne de cerdo en América Latina, Toneladas. (2001)

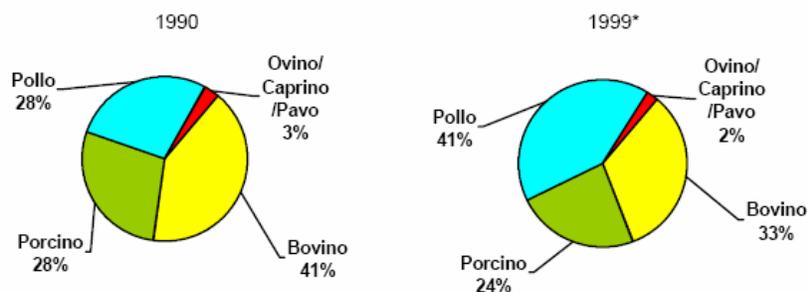


Fuente: FAOSTAT

1.4 Producción de carne en México

Las actividades pecuarias mantienen una gran importancia en el contexto socioeconómico del país y al igual que el resto del sector primario, han servido de base al desarrollo de la industria nacional, ya que proporcionan alimentos y materias primas, divisas, empleo, distribuyen ingresos en el sector rural. La ganadería, y en específico la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural, pues se realiza sin excepción en todas las regiones del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas. Se estima que en total la superficie aprovechada por la ganadería es superior a los 110 millones de hectáreas, representando aproximadamente el 60% de la superficie del territorio nacional, en donde 107.8 millones de hectáreas corresponden a pastizales y más de 2 millones son superficies agrícolas cuyo producto se destina fundamentalmente al consumo animal (granos forrajeros y forrajes de corte). La producción de carne, como otras actividades del subsector ganadero, se da en una amplia gama de sistemas productivos, que van desde los altamente tecnificados e integrados, hasta las economías de tipo campesino orientadas principalmente hacia el autoabastecimiento de la familia campesina. La producción de carnes en México se sustenta en diferentes ramas de la ganadería, dentro de las cuales sobresale la bovina, la porcina y la avicultura, que en conjunto aportan el 98% de la producción doméstica de cárnicos. El resto de las actividades destinadas a la producción de carne, como son la producción ovina, caprina, la de conejos y la de pavos, entre otros, mantienen una posición marginal, situación principalmente influenciada por los hábitos de consumo de la población, así como por los precios de éstas.²⁶ A principios de la década de los 90's, la composición de la producción de carnes en México se daba en un 41% por la de bovino, 28% por porcino y 28% por pollo. Para 1999 la conformación se transforma radicalmente para constituirse en un 41% por pollo, 33% por carne de bovino y 24% por carne de porcino, manteniéndose a lo largo de esos 10 años una participación marginal del resto de las carnes en el orden del 2 y el 3%.²⁶

Imagen 5. Producción total de carnes en México (1999)



Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria, SAGAR. 1999*, Preliminar

Durante los años 70's, la carne de bovino fue la de mayor producción en México, siendo desplazados en la primera mitad de la década del 80's por la carne de porcino, la cual al perder ventajas comparativas, disminuyó sensiblemente su participación, cediendo nuevamente la participación mayoritaria a la de bovino. Para los diez años siguientes, atendiendo a un fenómeno mundial en donde la carne de pollo es la de mayor crecimiento, en nuestro país este hecho se replica, y a partir de 1997 esta carne se ubica como la más producida. Si bien es cierto que hasta hace pocos años los patrones culturales de consumo de productos cárnicos ubicaban a la carne de bovino como el eje ordenador de la demanda, en la actualidad éste se ha desplazado hacia el pollo.²⁶

1.5 Características de la producción de carnes en México

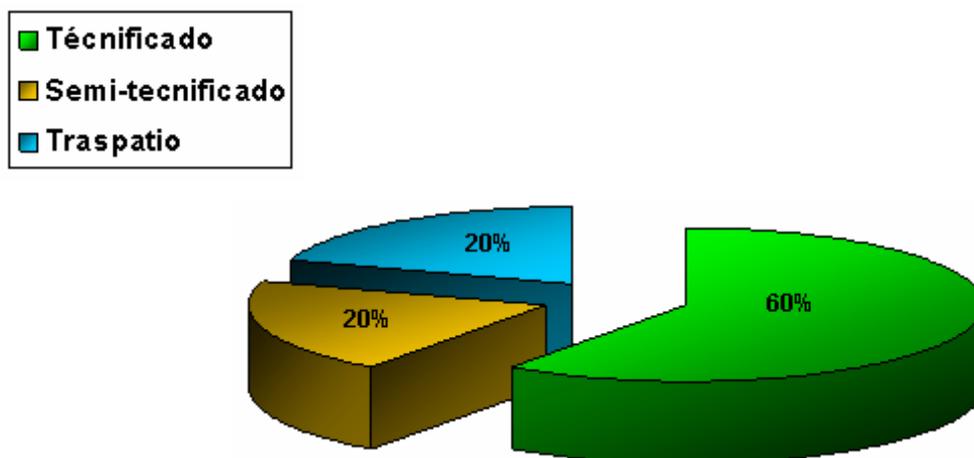
La ganadería mexicana cuenta con diferentes sistemas de producción, los cuales están asociados principalmente a: rangos tecnológicos, adaptación a las áreas geográficas en donde se desarrollan, la afinidad productiva y las tendencias ancestrales de producción.²⁶

1.6 Sistemas productivos

Existe en México una gran variedad de sistemas productivos que se diferencian entre sí por el nivel de tecnología aplicada, mercados que atienden, infraestructura, métodos de sacrificio, volumen de animales que se procesan, así como los sistemas y controles que utilizan para asegurar que los animales que faenan y sus productos, son libres de enfermedades y contaminantes; los cuales de acuerdo a sus principales características se agrupan en tres categorías: Tecnificado, Semitecnificado y de Traspatio (Imagen 6). Mientras los dos primeros tienen una distribución geográfica definida para cada una de

las especies productivas ganaderas, el último se practica en todo el territorio nacional. La distribución se ve influida por las diferentes mentalidades de los productores como la de tipo progresista en el Norte del país, así como la capacidad económica de inversión, en donde también es superior en los estados del Centro y Norte de México, aunque en los últimos años se observa un desarrollo sustantivo de empresas tecnificadas e integradas en la región Sureste del país.²⁶

Imagen 6. Porcentaje de granjas en México de acuerdo al grado de tecnificación



Fuente: SAGARPA

1.6.1 Tecnificado

En este sistema se utiliza la tecnología de punta, equivalente a la empleada en las naciones más desarrolladas en producción ganadera, las cuales se han adaptado a las condiciones orográficas y climatológicas de la zona de producción. El grado de integración vertical y horizontal es prácticamente total, iniciando con la explotación de pie de cría, con lo cual se asegura la calidad de los animales que se destinan a la engorda, así como la estandarización de los animales enviados al abasto. En cuanto a la alimentación del ganado, se dispone de buenas áreas de pastizales o bien de cultivos de forrajes, los cuales son administrados directamente al ganado. Coexistiendo con estos adelantos, los productores ubicados en este estrato impone una especial atención a los aspectos zoonosanitario, aplicándose estrictos controles en bioseguridad y participan activamente en las principales campañas de erradicación de enfermedades dentro del esquema oficial de salud animal. La tendencia de la producción hacia la integración tanto horizontal como vertical es cada vez mayor y se ubican en este contexto las grandes empresas porcícolas, avícolas y de engorda de bovinos, no solo hacia las

tradicionales zonas productoras, sino que se incursiona hacia nuevas áreas que les permite la cobertura de nuevos mercados en expansión, así como la disminución en costos de bioseguridad, por ser estas áreas, normalmente libres de enfermedades. La integración ha conllevado a que grupos importantes de productores ubicados en este estrato incursionen en la transformación industrial de su producción, principalmente a través de la instalación y operación de rastros, principalmente de Tipo Inspección Federal (TIF), que ofertan carne en canal.²⁶ Este esquema se encuentra en complementación mediante la instalación de salas de cortes y obradores, para caso de los porcinos. Los mercados que abastecen este tipo de explotaciones son las principales zonas urbanas del país, ya sea a través de carnicerías o de cadenas de supermercados. De igual forma, la producción porcina obtenida en este sistema productivo tiene una posición importante en el abasto de la industria de carnes frías y embutidos. Todo lo anterior cimienta una posición fundamental de este estrato productivo en la expansión de la producción de carnes y de hecho, es sobre éste en el que se ha dado el crecimiento de las ganaderías enfocadas a la producción de carnes en los últimos años. Los niveles de rentabilidad alcanzados en las explotaciones de este estrato, ya sean para la producción de bovinos, de porcinos o de pollo, es un punto fundamental que ha posibilitado concretar programas de inversión y resistir el embate de la creciente apertura comercial, la cual no solo ha motivada el crecimiento de este estrato, sino la concentración de la producción hacia éste. Adicionalmente, las empresas o grupos de productores situados dentro del renglón tecnificado, no sólo desempeñan una posición predominante en el mercado interno, sino que en éstas descansan los procesos de exportación, principalmente de carne de porcino.²⁶ Aunque dentro de este estrato productivo se ubican explotaciones de todas las especies, el mayor número de estas se enfoca a la producción de carne de pollo, seguidas por las de porcino, bovinos y pavo, registrándose una baja existencia de explotaciones tecnificadas de ovinos y caprinos.²⁶

1.6.2 Semitecnificado

En este estrato se ubican principalmente productores tradicionales y aquellos que debido a limitados márgenes de utilidad, han visto imposibilitado el proceso de inversiones que permitan elevar las tecnologías y la genética por ellos empleados. De

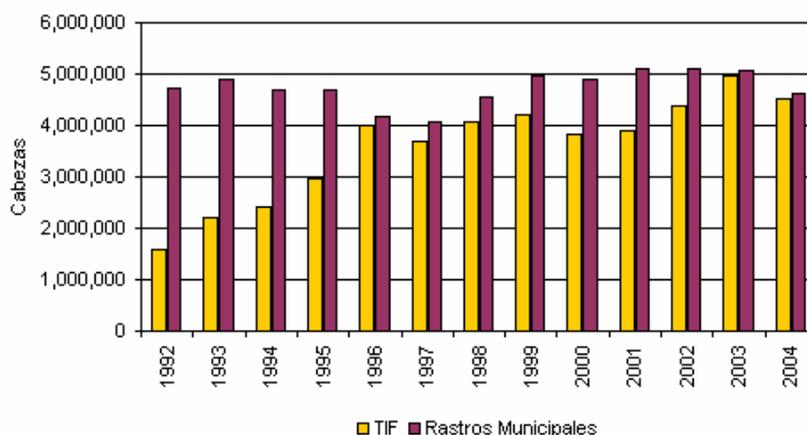
hecho, al amparo del estrato semitecnificado se ubican un sinnúmero de tipos de explotación, los cuales pueden mostrar algunos adelantos tecnológicos en ciertas áreas de producción, sin embargo, la falta de una mejora integral se refleja en una baja en la productividad y una falta de competitividad en su producción.²⁶ Lo anterior se evidencia al observar que a pesar de contar, en muchas ocasiones, con pie de cría similar al del sistema Tecnificado, la infraestructura y las medidas zoonosanitarias no son adecuadas. La industrialización del ganado obtenido en las explotaciones semitecnificadas, normalmente se realiza en rastros municipales y/o privados y los mercados que atiende son básicamente regionales y locales, pequeños centros urbanos y en pocas ocasiones tienen acceso a las grandes ciudades. La ampliación de canales modernos de distribución y la mayor cobertura territorial de los productos obtenidos en el sistema Tecnificado, motivan a que la participación de la producción Semitecnificada tienda a disminuir su participación porcentual dentro del abasto nacional y que de hecho se registre la reorientación de sus mercados hacia pequeñas plazas comerciales del país.²⁶

1.6.3 Traspatio

Bajo esta denominación se ubica el sistema más antiguo del país y con una cobertura prácticamente de todo el territorio nacional, radicando su relevancia en ser una fuente de abasto de carne en zonas en donde los canales comerciales formales no operan, de ahí que los niveles de producción y precios no se vean trastocados por las variaciones registradas en los grandes centros de consumo. Aunque la producción practicada en este tipo de sistema se enfoca preferentemente hacia las especies menores (porcino, aves, ovinos, caprinos y conejos, entre otros), también abarca a los bovinos. Sin bien la calidad genética de los animales es baja, traduciéndose en malos rendimientos productivos; su rusticidad y adaptación al medio en que se explotan, les permite no solo sobrevivir, sino producir carne, aprovechando para ello los mínimos nutrientes que contiene el alimento que se les proporciona o que obtienen del pastoreo. El manejo zoonosanitario es prácticamente nulo y en algunas especies se les considera como un riesgo para la salud humana y para el desarrollo de las campañas zoonosanitarias oficiales, por lo cual en estas guardan una atención especial. Normalmente el sacrificio se realiza en mataderos o in-situ.²⁶

De acuerdo a datos del 2004 se calcula que en México existen aproximadamente 2249 (INEGI, 2004) centros de sacrificio, en su mayoría municipales (Imagen 7), cuya operación es indistintamente responsabilidad de los Gobiernos Estatales y Municipales. Sólo ochenta de estas plantas de sacrificio, cuentan con la certificación Tipo Inspección Federal (TIF).

Imagen 7. Sacrificio de ganado porcino en Rastros Municipales y TIF en México (1992-2004) Cabezas de ganado.



Fuente: INEGI (2005)

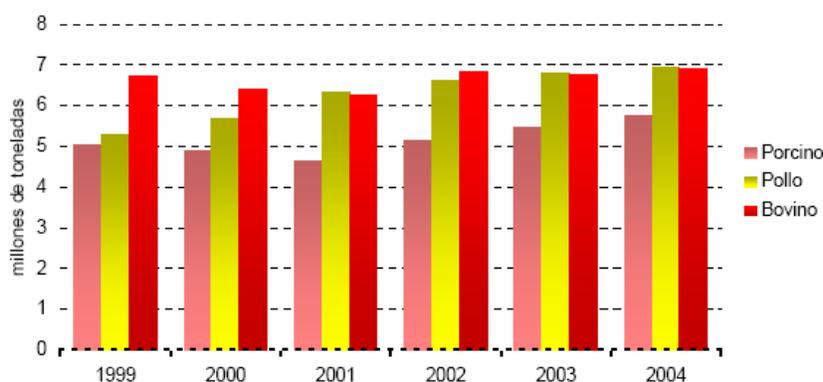
Certificación otorgada a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), como un mecanismo para asegurar la higiene y sanidad de los procesos en la elaboración de los cárnicos en México. En el caso de los rastros no certificados, las condiciones de producción e inspección sanitaria son deficientes y muy pocos cuentan con sistemas de conservación adecuados. De ahí la necesidad de establecer una alternativa que considere como acción prioritaria la capacitación vinculada a la producción Tipo Inspección Federal (TIF), que contribuye al aseguramiento de la inocuidad de los productos cárnicos a partir de un marco normativo, planes y acciones de prevención y manejo de riesgos en establecimientos que desean ostentar la certificación TIF. El pilar principal de sistema TIF es la inspección ante y post-mortem del animal realizada por los MVZ (Médicos Veterinarios Zootecnistas) a cargo de esta función. El sistema Tipo Inspección Federal es reconocido por la forma en que homologa a los sistemas de nuestros socios comerciales por lo que solo los establecimientos TIF pueden ser elegibles para exportar a Estados Unidos, mercados asiáticos y europeos.¹⁴

1.7 Intercambio comercial internacional

1.7.1 Exportaciones

La ganadería mexicana se había venido enfocado principalmente al abasto del mercado interno y aunque las exportaciones de carnes de bovino datan de los años 50's y las de porcino de los 70's, éstas fueron de baja consideración, influyendo en ello una baja competitividad del producto mexicano y aspectos zoonosarios reales o manejados en forma de barreras no arancelarias. A principios de la década de los 90's, el proceso de exportación ganadera de carne se limitaba al ganado bovino que tradicionalmente se coloca en el mercado norteamericano para engorda y no se registraron exportaciones de ganado para abasto de otra especie.²⁶ Los procesos de exportación e importación de las tres principales carnes producidas (porcino, pollo, bovino) (Imagen 8) a nivel mundial equivalen a 8.4% de la producción mundial de éstas, presentando una evolución favorable ya que hace 10 años significaban el 7.4%. El monto pasó de 12.1 millones de toneladas a 19.7 millones. La composición de las transacciones comerciales de carnes a nivel global muestran cambios importantes, ya que de 1995 a 2004 las exportaciones de carne de bovino disminuyeron su participación del 45.1% al 35.2%, las de porcino evolucionaron del 19.5% al 29.4%. En el caso de carne de pollo, ésta mantiene una aportación de 35.4%.^{29, 30}

Imagen 8. Exportación mundial de carnes de porcino, pollo, bovino

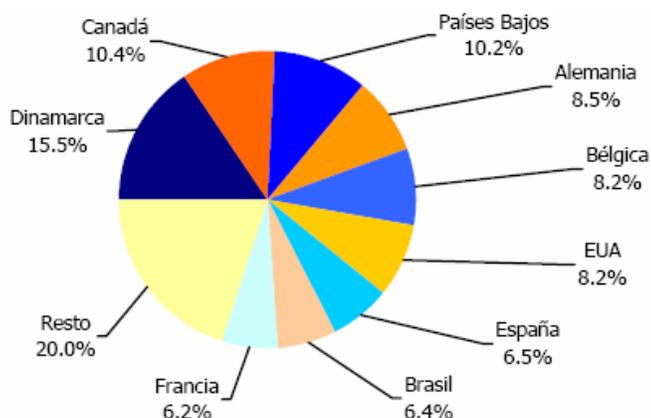


Fuente: FAS/USDA

En materia de carne de porcino, no solo se observa una evolución favorable en cuanto a su participación porcentual en el comercio mundial, sino también en la proporción de la producción que se destina a procesos de exportación, misma que pasó de 3.1% en 1995 a 5.2% en 2004, lo cual expresado en volumen es migrar de 2.4 millones de

toneladas a 5.8 millones. Al igual que la producción, las exportaciones se encuentran concentradas en pocas naciones y domina la participación de naciones de la Unión Europea, e independientemente de que 118 países reportan exportaciones, el 80% de éstas se realizan por nueve naciones, 6 de las cuales son europeas (Dinamarca, Países Bajos, Alemania, Bélgica, España y Francia), representando sus exportaciones el 55.1% de las exportaciones mundiales de carne de porcino. Dentro de este grupo de fuertes exportadores se encuentran Canadá y EUA, con una participación de entre el 9% y el 10%. Completando la cifra de las nueve entidades con mayor exportación se encuentra Brasil, país que ha tenido gran desarrollo como proveedor de carne de porcino, aportando el 6.4% de las exportaciones. México se desempeña como el exportador número 20 en la escala global, con una cooperación del orden de 0.5% al intercambio total mundial. ^{26, 29,30}

Imagen 9. Principales países exportadores de carne de porcino en 2004

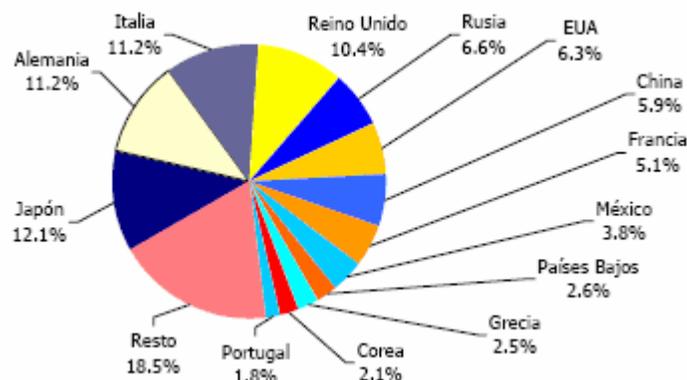


Fuente FAOSTAT/FAO

Como se comentó, los flujos comerciales internacionales de carne de porcino se encuentran concentrados en gran medida en países de la Unión Europea, debido al libre flujo de mercancías entre los países socios y de acuerdo a la información disponible, estos ascienden al 70% de la carne exportada y al 50% de las importaciones globales. A nivel mundial, 190 naciones reportan operaciones de importación de carne de porcino aunque con un menor grado de concentración que en las exportaciones, 14 países absorben el 81% de la carne de porcino que se comercializa en el mercado internacional. Japón encabeza la lista de países importadores, adquiriendo alrededor del 12.2% de la carne de porcino comercializada en el exterior. Los siguientes tres puestos son ocupados por Alemania, Italia y el Reino Unido, con una participación del

orden del 11% cada una de las importaciones totales. Ocupando un lugar importante dentro de los procesos de importación se encuentran los EUA, con el 6.4% del total mundial, así como Francia con el 5.1%. México se ubica como el octavo importador mundial, con la compra del 3.8% de los flujos comerciales internacionales.^{29,30}

Imagen 10. Principales países importadores de carne de porcino en 2004



Fuente: FAOSTAT/FAO.

1.7.2 Importaciones

En forma definitiva la composición de las importaciones está vinculada con la oferta de los bienes en el exterior y sus precios; sin embargo, la conformación de éstas indica una preferencia del agente comercial por adquirir productos prácticamente terminados y que impliquen menores esfuerzos de transporte y de transformación.²⁶ Como se ha anotado en apartados anteriores, el mercado mundial se vio fuertemente trastocado por los problemas zoonosarios en materia de carne de bovino y de pollo, induciendo por una parte, la necesidad de incrementar las compras de carne de porcino en el exterior, a fin de satisfacer la demanda y por la otra, aprovechar la baja cotización en el mercado externo, principalmente en el norteamericano, de algunos cortes de carne de porcino, considerados como excedentes, situación motivada por un incremento en la producción requerida para subsanar el desbalance en su mercado. Lo anterior motivó un incremento de las importaciones de carne de porcino, la cual de alguna forma vino a cubrir en parte la baja en la oferta de carne de bovino, principalmente por la baja en la concurrencia de carne importada.²⁹ Las importaciones de porcinos para abasto muestran una tendencia definida y fluctúan entre las 72 mil toneladas en los 1990`s ingresadas a México y las 310 mil toneladas en 2003. Cabe señalar que la importación de ganado porcino se vio incentivada en los años 1998 y 1999, 235,000 y 186,700

cabezas respectivamente, a consecuencia de la importante baja de los precios en el mercado norteamericano y la comisión de prácticas desleales de comercio (precio dumping) por parte de los importadores, lo cual resultó en la aplicación de un arancel compensatorio, una vez desahogado el proceso legal internacional acordado en el marco del TLCAN.²⁶

Tabla 3. Importaciones Mexicanas de Carne de Cerdo (Toneladas)

1990's	2001	2002	2003
72 mil Ton	217 mil Ton	248 mil Ton	310 mil Ton

1.8 Propuesta de Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos

La formación de los profesionistas en el área de Inocuidad e Higiene de los alimentos (Médicos Veterinarios Zootecnistas, Tecnólogos en Alimentos, etc.) se enfrentan a una problemática surgida de la necesidad de combinar trabajo con la actualización; la residencia de estos profesionistas en zonas geográficas, alejadas de los servicios educativos; al hecho de tener dificultades de movilidad o de sometimiento a horarios educativos establecidos; además de la responsabilidad que tiene para evitar que algún animal enfermo, producto cárnico contaminado o adulterado entre a la cadena de consumo. Consciente de estas necesidades y del importante papel que juega la carne en la alimentación de los mexicanos, OCETIF, ha impulsado la certificación y operación de rastros sanitarios que se ajustan a las normas internacionales. Surge así la propuesta de un **Diplomado en Línea de Sacrificio Porcino** como una modalidad educativa que mediante el uso de tecnología permita la acción sistemática y conjunta de recursos didácticos para el cumplimiento de objetivos de aprendizaje mediante una relación no presencial, distinta a la del sistema convencional. La propuesta de Diplomado de Sacrificio de Porcinos consta de 18 temas, distribuidos en nueve módulos con una duración total de 200 horas, que abordan contenidos vinculados a conocimiento que permita a los MVZ, profesionistas relacionados con la inocuidad de alimentos y empleados de plantas dedicadas a la producción de productos cárnicos a obtener conocimientos y un grado de especialización que permitirá ampliar su efectividad en el desempeño de sus funciones y responsabilidades, tratándose de los empleados de los rastros o plantas de producción de cárnicos, y un mejor conocimiento a los recién egresados interesados en el tema de sacrificio de porcinos.

2. Antecedentes

Desde la creación de OCETIF una de sus preocupaciones primordiales ha sido la capacitación y actualización de todo el personal involucrado en la cadena pecuaria a través de talleres, cursos, seminarios. Además se ha preocupado por dar respuesta a las necesidades de actualización en la aplicación de las normas. Ante el reto de las posibilidades que nos dan las nuevas tecnologías se ha propuesto el Diplomado con la modalidad de educación a distancia.

2.1 Educación a Distancia

El término educación a distancia se ha establecido aparentemente, a partir de la evolución y demandas que han tenido las sociedades modernas. Ante esta exigencia, el sistema educativo vigente se vio imposibilitado para satisfacer tales demandas, ya que no contaba con la suficiente infraestructura que permitiera democratizar el acceso a la educación para aquellos sectores sociales relegados de la dinámica social por no haber cursado sus estudios de manera convencional, representando a su vez un capital humano inutilizado⁵. A continuación se mencionan los siguientes casos:

- Individuos que necesitan combinar trabajo con estudios superiores o con cursos de actualización.
- Los residentes en determinadas zonas geográficas alejadas de los servicios educativos convencionales.
- Los residentes en países en vías de desarrollo que disponen de pocos centros de enseñanza para atender a todos los que desean acudir a ellos.
- Individuos que forman parte de instituciones u organizaciones, que por sus características se les dificulta la movilidad y el someterse a horarios educativos establecidos.

2.1.1. Concepto de la educación a distancia

Es entendida como una modalidad educativa basada en el uso de tecnología aplicada a la educación ^{6,24}, que permite la acción sistemática y conjunta de recursos didácticos para el cumplimiento de objetivos de aprendizaje mediante una relación no presencial, distinta a la del sistema convencional, debido a que existe una separación física entre docente y alumno, lo que facilita el desarrollo del proceso de aprendizaje para los individuos que no pueden estar sujetos a condiciones rígidas de calendario, espacio y tiempo, por ello se producen

acciones formativas de un modo flexible propiciando un aprendizaje independiente y colaborativo ⁵.

La educación a distancia se constituye así, en una alternativa educativa tendiente a coadyuvar en la calidad académica, a partir de propiciar un aprendizaje significativo, flexible, independiente, autónomo, colaborativo e interactivo entre los diferentes usuarios de este servicio, con el fin de cubrir las diversas necesidades de los alumnos en busca de un desarrollo profesional que les permita contar con un alto nivel de competitividad y productividad ⁵.

Esta modalidad educativa se dirige a la formación de individuos con conocimientos, habilidades y actitudes altamente calificadas para la práctica en un área específica de conocimientos, es decir, pretende formar cuadros científico-disciplinarios especializados y/o actualizados, en los que, los procesos de enseñanza-aprendizaje no se realizan totalmente en una modalidad físicamente presencial, sino a partir de la utilización de medios tecnológicos de difusión de la información, que permitan la comunicación diferida o simultánea entre los alumnos y los docentes⁵.

A pesar de que la educación a distancia se muestra como una modalidad innovadora que responde a las necesidades detectadas en este contexto social, la educación escolarizada o tradicional, no pierde importancia dentro de los procesos formativos, simplemente ambas modalidades responden a problemáticas específicas, con el fin de contribuir al desarrollo de los individuos en particular y de la sociedad en conjunto; por tanto, sólo la enriquece, complementa, actualiza y contribuye a que trascienda en tiempo y espacio¹⁰.

En este sentido, ambas formas educativas pueden beneficiarse mutuamente de su coexistencia y acción, sin embargo es importante plantear diferencias entre la educación a distancia y la educación presencial establecidas en el siguiente cuadro^{5, 25}:

EDUCACIÓN PRESENCIAL	EDUCACIÓN A DISTANCIA
Alumnos	
Homogéneos en edad	Heterogéneos de edad
Estudia dentro de una escuela o el campus que provee facilidades para las necesidades de estudio, acceso a recursos y equipos, trabajo de laboratorios, lugares de desarrollo deportivo, cultural, entre otros.	Estudia en el hogar, lugar de trabajo, bibliotecas, entre otros; por lo cual está físicamente distante de la institución educativa que provee oportunidades de acceso y aprendizaje

Aprendizaje orientado por el docente	Aprendizaje independiente
Su carácter formal, determina un periodo de edad escolar, por lo que abarca sólo a niños, adolescentes y jóvenes adultos.	Generalmente atiende a una población adulta que ha acumulado experiencias de vida, trabajo y tiene responsabilidades adicionales a las propias.
Tiempo completo	Tiempo parcial
Docente	
Fuente de conocimiento	Soporte y orientación del aprendizaje
Recurso humano insustituible	Recurso humano sustituible parcialmente
Docente-alumno	
El docente y los alumnos están físicamente presentes en un mismo espacio-tiempo (durante las clases)	El docente y los alumnos pueden no estar presentes físicamente en el mismo espacio no en el mismo tiempo
Comunicación/recursos tecnológicos	
La comunicación es directa y presencial	Comunicación diferida en espacio y tiempo, por lo que se establece una relación no presencial, basada en las tecnologías
Los medios visuales y sonoros se utilizan como apoyo didáctico	Los medios no son simples ayudas didácticas sino portadores de conocimiento que sustituyen al docente
Materiales didácticos	
Generalmente, la información es presentada al alumno por medio del pizarrón, libros de texto, rotafolios, acetatos, entre otros.	La información se presenta a través de un espacio virtual, por medio de material digitalizado y paginas web principalmente.
Evaluación	
El aprendizaje es evaluado por el docente, de acuerdo con criterios normativos	El aprendizaje es evaluado principalmente por el propio alumno, mediante consideraciones y estándares prácticos y personales; provenientes del análisis del cumplimiento de objetivos a corto o largo plazo.

Como se observa, el vertiginoso desarrollo de la educación a distancia se ha incorporado en todos los niveles educativos, dando cuenta de las excelentes posibilidades que ofrece esta modalidad para la educación permanente, así mismo, su evolución, como se ha establecido, ha estado determinada por las grandes transformaciones tecnológicas, hasta situarnos actualmente en la cuarta etapa, denominada: enseñanza colaborativa basada en Internet.⁵

2.1.2. Educación en Línea

La evolución de la educación a distancia da paso al surgimiento de la educación en línea, específicamente del desarrollo de Internet, pues constituye una de las principales innovaciones de los últimos años al facilitar la comunicación, no solo para las personas físicamente alejadas, sino también entre las personas que trabajan y viven en el mismo lugar pero en diferentes

horarios. De este modo, Internet es el eje medular de la educación en línea. Sin embargo, no se puede dejar de lado, que para su desarrollo y manejo adecuado, se requieren tecnologías como: televisión interactiva, tecnologías inalámbricas (WAP), etc.⁵

El desarrollo de actividades educativas a distancia mediante la integración de las tecnologías de la información y la comunicación, basadas principalmente en Internet ha recibido un sin fin de nombramientos, tales como “teleformación” o “educación en línea”; en el Reino Unido y en EUA se denomina “Correspondence education o correspondence study”, “Independent study”, “e-learning”, “home study”, “distance teaching”, “teaching at a distance”.⁵

La inserción de las TIC’s (tecnología, redes de telecomunicaciones, videoconferencias, TV digital, materiales multimedia) en el ámbito educativo, ha creado confusiones con respecto a su utilización, ya que se tiene la idea errónea de que por emplear las tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje se está inmerso en la educación en línea, sin embargo esta modalidad educativa requiere de un proceso de planeación mucho más complejo, por lo cual es necesario conocer qué términos son los adecuados para denominar los procesos educativos que utilizan las TIC’s , a través de los siguientes rubros:⁵

- Modalidad auxiliar: las tecnologías y redes se usan para reforzar las clases escolarizadas, por tanto, sus usos principales consisten en enriquecer el trabajo en clase con el uso de las redes para realizar debates, presentar tareas, facilitar la colaboración en los trabajos en equipo, permitiendo un análisis y reforzamiento de conocimientos y habilidades, asimismo permite ampliar el acceso a la información a los alumnos, profesionales, expertos y recursos para investigaciones.
- Modalidad semipresencial: la mayor parte de los procesos educativos se realizan en línea, mientras que el resto corresponde a la modalidad presencial en donde el docente y alumnos se encuentran presentes físicamente para llevar a cabo asesorías que resultan ciertas dudas.
- Modalidad en línea: Todos los procesos de enseñanza-aprendizaje se realizan únicamente, a través de las TIC’s, principalmente de Internet.

Las organizaciones educativas o instituciones públicas y privadas reconocen que la educación en línea, representa una alternativa estratégica para la

actualización permanente de los individuos, es por ello, que incorporan esta modalidad con el fin de brindar una actualización o bien, establecen convenios con instituciones educativas que imparten cursos en línea, con el fin de proporcionar una formación constante al personal que labora en una empresa.⁶ Incluso instituciones con gran reconocimiento a nivel internacional como la UNESCO recomiendan a la educación en línea *“como una herramienta que permite poner el conocimiento al alcance de todo el mundo y en este sentido deben vincularse las acciones que desarrollan los distintos gobiernos y organismos competentes”*.⁶ Un informe del Banco Mundial en torno a las áreas que puede abarcar la educación en línea y el tipo de individuos que pueden beneficiarse con esta modalidad afirma que son *“casi todos los campos del currículo de las carreras de grado universitarias y muchas áreas de posgrado; capacitación vocacional y técnica en la industria y las empresas: programas de educación básica; programas de educación continua, en el trabajo, para profesionales de la salud, docentes y otros profesionales; educación básica para adultos, incluyendo el mejoramiento de las prácticas agrícolas e incluso programas de alfabetización tanto en países industrializados como en desarrollo..”*⁷ Las características principales de la educación en línea, se presentan en el siguiente cuadro realizado por Khan (1997), con el fin de obtener una visión amplia del proceso de enseñanza-aprendizaje que se lleva a cabo en este tipo de educación⁵:

INTERACTIVA	Los alumnos pueden comunicarse entre sí y con el tutor, a través de los recursos en línea disponibles en Internet. Los docentes actúan como tutores o facilitadores, que proporcionan apoyo, retroalimentación o <i>feedback</i> y orientación vía comunicación sincrónica (Chat) y asincrónica (correo electrónico, foro de discusión).
MULTIMEDIA	Permite incorporar una variedad de elementos multimedia, como textos, gráficos, audio, video, animaciones, etc.
BÚSQUEDA EN LÍNEA	Los alumnos pueden utilizar como medio para completar su formación, los buscadores disponibles en Internet.
INDEPENDENCIA DE ESPACIO, TIEMPO Y DISPOSITIVO	Los alumnos pueden participar en un curso en línea en cualquier lugar del mundo, utilizando cualquier computadora y a la hora que ellos determinen.
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA	Internet brinda un mecanismo fácil para la publicación electrónica, de manera que tanto alumnos como tutores puedan publicar sus trabajos y hacerlos disponibles para una audiencia mundial.
RECURSOS EN LÍNEA	Internet proporciona acceso instantáneo e ilimitado a una gran cantidad de recursos de formación, que pueden ser almacenados en la computadora del alumno.

DISTRIBUIDO	Los documentos multimedia disponibles en Internet se distribuyen en cientos de redes y servidores de todo el mundo.
COMUNICACIÓN INTERCULTURAL Y MULTIPLICIDAD DE EXPERTOS	Permite que alumnos, expertos y formadores de diferentes zonas geográficas y áreas de trabajo se comuniquen, de tal forma que el alumno puede conocer diferentes enfoques.
COSTO RAZONABLE	Tiene un costo razonable para los alumnos, tutores e instituciones, pues los gastos de transporte y materiales para los alumnos son mínimos. Se reducen los costos de aulas, instalaciones, equipos, etc.
FACILIDAD DE DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE CURSOS	Las páginas de los cursos pueden ser actualizadas de forma constante y en cualquier lugar donde se encuentre el tutor.
SEGURIDAD	Únicamente los tutores pueden modificar o alterar la información que se presenta, además de que los alumnos disponen de una contraseña para entrar en el curso.
APRENDIZAJE COLABORATIVO	Se trata de fomentar y favorecer la colaboración, discusión e intercambio de ideas, para la realización de actividades durante el curso
EVALUACIÓN EN LÍNEA	Incorpora la posibilidad de evaluación en línea de alumnos y del tutor a través de pruebas incorporadas en el curso.

En este contexto se plantea que la educación en línea, ofrece una excelente oportunidad para responder a las necesidades de actualización del personal que labora o desea laborar en un rastro de porcinos, Médicos Veterinarios Zootecnistas (MVZ) recién egresados, profesionistas relacionados con la inocuidad de los alimentos, personal del rastro que desee capacitación, etc. pues con base en los principios de una educación permanente: aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser, se plantea la formación continua de los recursos humanos de la inocuidad en México y así logre homologar criterios en los requisitos zoonosanitarios para la obtención de productos de calidad, como un elemento indispensable para el desarrollo de la institución y por ende de la sociedad.

2.2 Certificación Tipo Inspección Federal.

El Sistema Tipo Inspección Federal se basa en un conjunto de normas de control con especificaciones y regulaciones enfocadas a implementar diversos mecanismos de reducción de riesgos los cuales son vigilados y ejercidos por el Gobierno Federal a través de la Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Estas normas están homologadas a estándares internacionales y contemplan especificaciones sobre las instalaciones, su conservación e higiene; los procedimientos de inspección de los productos comestibles, así como de la maquinaria, equipo e implementos que se utilizan en cada uno de los procesos que se realizan para obtener

carne, productos cárnicos y alimentos que se procesan en los establecimientos TIF.⁸ Para una mejor comprensión podemos resumir que se trata de un sistema sanitario integrado con un sistema de producción llevado por los particulares y avalado por el Gobierno Federal. El esquema TIF, exige un conjunto de preceptos, y obligaciones, con una disciplina de “cero tolerancia” que es vigilada y documentada constantemente. Estos preceptos y obligaciones se refieren a la ubicación, construcción, conservación e higiene, procedimientos de inspección de ganado, carnes, productos y subproductos y están regidas por Normas Oficiales.⁹

2.3 Normatividad relacionada con la Certificación T.I.F.

Entre las normas nacionales a las cuales se deben apegar de manera cabal son la NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos^{10,11} y NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne, las cuales marcan la pauta para construir y equipar los establecimientos y procesar la carne^{11,12} y NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.^{11, 13}

2.4 Origen de la Certificación Tipo Inspección Federal (T.I.F.)

Este Sistema, empezó a gestionarse desde 1949, a raíz del cierre de la frontera norte para las exportaciones cárnicas, como consecuencia de la presencia de la fiebre aftosa en el país, está abocado a asegurar la higiene y sanidad en toda la cadena de valor de la carne, desde las condiciones de salud del ganado hasta reglas para manejarlo y un trato humanitario en el sacrificio, entre otras razones por la relación estrés-calidad.¹¹

2.5 Importancia de la Certificación Tipo Inspección Federal (T.I.F.).

El término inocuo supone productos sanos y confiables; de entrada, que no representan un riesgo a la salud. Con el Sello TIF, el Consumidor final puede tener la confianza de que la carne fresca o procesada que lleva a su casa proviene de plantas de sacrificio y empacadoras que operan bajo las más estrictas normas internacionales de sanidad e higiene. De hecho, para poder exportar se requiere que el establecimiento este certificado TIF. No se trata de un asunto menor. Tiene que ver con la salud pública tanto como con el éxito comercial. Según un estudio de la Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales (ANTAD), la seguridad de los alimentos y

contar con carnes frías frescas de buena calidad son tres de los diez factores más importantes que toma en cuenta un consumidor para elegir un supermercado.¹¹ Hoy en día el 66% del consumo de carnes frías y el 33% de carne fresca se compra en Tiendas de Autoservicio y Supermercado.¹⁴

El sello es distintivo de confianza para el consumidor, de que estos productos han pasado por una inspección de “doble tamiz” es decir, ante-mortem y post-mortem. Entre otras cosas, implican un riguroso programa de control de roedores y fauna nociva y no permite el “cruzamiento” de materias primas con productos terminados o entre especies diferentes. La recompensa es clara: un certificado triple: de salud, economía y calidad, lo que mas importa al consumidor.¹⁴ Estos establecimientos deben someterse a rigurosos procesos de supervisión en materia de instalaciones, maquinaria y equipo de trabajo, personal, flujo de materias primas (desde su origen) y procesos de producción y empaque. A cambio sus productos cuentan con un sello que da confianza de sanidad e higiene. Los empresarios y todos los involucrados en el sistema siguen creyendo en la calidad y se identifican con este compromiso y con la misión de obtener alimentos sanos a través de procedimientos de inspección confiables, sabemos que salvaguardamos la salud de los consumidores.¹⁴

2.6 Situación Actual

En México se calcula que existen aproximadamente 2249 (SAGARPA, 2005)¹⁵ centros de sacrificio que en su mayoría son municipales, siendo su operación, responsabilidad de los Gobiernos Estatales y Municipales. Actualmente existen más de 330 establecimientos TIF en México (INEGI, 2002)¹⁶ con un amplia variedad de giros que van desde plantas de sacrificio de las diferentes especies, pasando por salas de corte y deshuese, procesadoras de cárnicos y embutidos, elaboradoras de alimentos preparados, hasta frigoríficos. Los 330 establecimientos cambiarán en la medida que se certifiquen más establecimientos^{14, 16}. Esta certificación es otorgada por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), como un mecanismo para asegurar la higiene y sanidad de los procesos en la elaboración de los cárnicos en México. En el caso de los rastros aun no certificados, las condiciones de producción e inspección sanitaria son deficientes y muy pocos cuentan con sistemas de conservación adecuados. Actualmente en México existe una alta incidencia de cisticercosis¹⁷, que en la

mayor parte de los casos, se debe al consumo de carne de cerdo contaminada, debido en gran medida a la falta de inspección en rastros municipales, condición que permiten que cerdos infectados sean comercializados en dichos establecimientos y mantenga el ciclo de la *Taenia solium*.¹⁷

Uno de los principales factores que alientan la adopción del sistema TIF ha sido la posibilidad de exportación de los productos elaborados en estas empresas. Actualmente México tiene Tratados de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), la Unión Europea, Japón y Chile, entre otros, lo que posibilita a las empresas para diversificar sus mercados, buscando los que tengan mayores posibilidades de adquirir productos de mejor calidad y con mayor valor agregado, aprovechando así, la materia prima, instalaciones y la mano de obra especializada con la que cuenta México para satisfacer mercados tan exigentes como Japón, la Unión Europea o los Estados Unidos, entre otros. De acuerdo con datos obtenidos de SAGARPA, durante el año 2004 se exportaron a Japón 32,000 toneladas y en el 2006, 37,000 toneladas de carne de cerdo, principalmente de plantas TIF localizadas en Sonora y Yucatán, estas exportaciones representan 200 millones de dólares al año para el país.¹⁵

3. Justificación e Importancia

Desde el punto de vista nutricional, la carne es una fuente habitual de proteínas, grasas y minerales en la dieta humana, la cual proporciona macronutrientes como las proteínas y los ácidos grasos, y micronutrientes como vitaminas y minerales (hierro principalmente). Sin embargo, el consumo de productos cárnicos, también puede representar el riesgo de transmitir enfermedades zoonóticas como cisticercosis, triquinosis, tuberculosis, salmonelosis, entre otras; así mismo, puede ser una vía de contaminación de las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA's) como shigelosis, listeriosis, salmonelosis, botulismo, entre otras, que no son fácilmente detectables en los productos terminados pero pueden provocar severos daños en una población o en un individuo. Es por esto que la carne debe ser procesada de forma higiénica e inocua bajo la supervisión oficial que garantice que se han cumplido los más estrictos controles de sanidad e higiene durante su elaboración. En México el procesamiento de la carne de cerdo en los establecimientos de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF) garantiza su sanidad e inocuidad debido a que es un sistema vigilado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) encaminado a elaborar productos cárnicos inocuos que no afecten al consumidor. El sistema TIF tiene como condiciones básicas la presencia constante durante el proceso de producción de un MVZ responsable de la inspección ante y post-mortem de los animales que se sacrifican, un manual de procedimientos del sistema que incluya, los flujos tanto del producto como del personal, temperatura y capacidades de las diferentes áreas y procesos, así como los Procesos de Operación Estándar de Sanitización (POES), las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), tipo de empaque, el Programa de Control de Fauna Nociva, los análisis microbiológicos y fisicoquímicos del agua, el listado del equipo, entre otros requisitos. Por esta razón dentro de un establecimiento TIF es necesaria la participación interdisciplinaria de los profesionistas relacionados y familiarizados con la inocuidad de los alimentos, procesos sanitarios, control de calidad, entre otros, como los Químicos en Alimentos, Ingenieros en Alimentos, Médicos Veterinarios, etc. El sistema TIF requiere de profesionistas capacitados, es por esto que el Organismo de Certificación de Establecimientos TIF (OCETIF) tiene como uno de sus objetivos de calidad,

“Evaluar e incrementar la capacidad técnica del personal, para asegurar la asignación de personal altamente calificado”; que permite dar continuidad al desarrollo profesional del Médico Veterinario Zootecnista y profesionistas dedicados a la inocuidad de alimentos. Entre las estrategias dirigidas a su formación en el sacrificio de porcinos y sistema TIF; se incorpora la Propuesta del Diplomado en línea; relacionada con el sacrificio de porcinos cuyo objetivo es: “Impartir a los Médicos Veterinarios Zootecnistas, profesionistas relacionados con la inocuidad de alimentos y empleados de plantas dedicadas a la producción de productos cárnicos, los conocimientos, procedimientos, tecnologías aplicados al sacrificio de porcinos”. El Diplomado se proyecta para que los nuevos profesionistas en el área de Inocuidad e Higiene de los alimentos (Médicos Veterinarios Zootecnistas, Químicos de Alimentos, Tecnólogos en Alimentos, etc.) se familiaricen con el sistema de sacrificio de porcinos en una planta Tipo Inspección Federal (TIF), en México y con ello ofrecer una opción de aprender y conocer las especificaciones del sistema tanto en construcción, procesos, e inspección ante y post mortem; buscando así, establecer bases para ayudar a homologar los estándares en el país. En cualquier empresa u organización, el recurso más valioso es el humano, ya que de nada sirve tener las mejores instalaciones y equipo sino se tiene personal con la formación y capacitación adecuada para poder realizar las diferentes actividades requeridas para cumplir con los objetivos organizacionales. Actualmente el proceso de formación, capacitación y actualización del personal relacionado con inocuidad de alimentos y TIF, se enfrenta a inconvenientes como: el tiempo que se debe invertir en los diferentes cursos a los que el personal asiste para acrecentar su desarrollo profesional. La imposibilidad de la movilidad que el personal tiene debido a las diferentes labores que realiza; la falta de tiempo y recursos para efectuar cursos de forma presencial, las cargas excesivas de trabajo, etc. Con el desarrollo del Primer Diplomado en Sacrificio de porcinos se podrá difundir la cultura T.I.F. de forma que sea posible incidir en una mejor producción de carne misma que será inspeccionada y no represente en lo futuro un riesgo a la salud de los consumidores. En respuesta a esta problemática Ocetif, A.C. considera a la Educación a Distancia como una alternativa viable para la formación, capacitación y actualización de los Médicos Veterinarios Zootecnistas, Ingenieros y Químicos en Alimentos, del personal que labora en un rastro de porcinos, recién egresados, así como en aquellos interesados en conocer el sistema TIF.

4. Objetivo

4.1 General

- Elaborar la Propuesta Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos con apoyo del Organismo de Certificación de Establecimientos TIF, A.C.

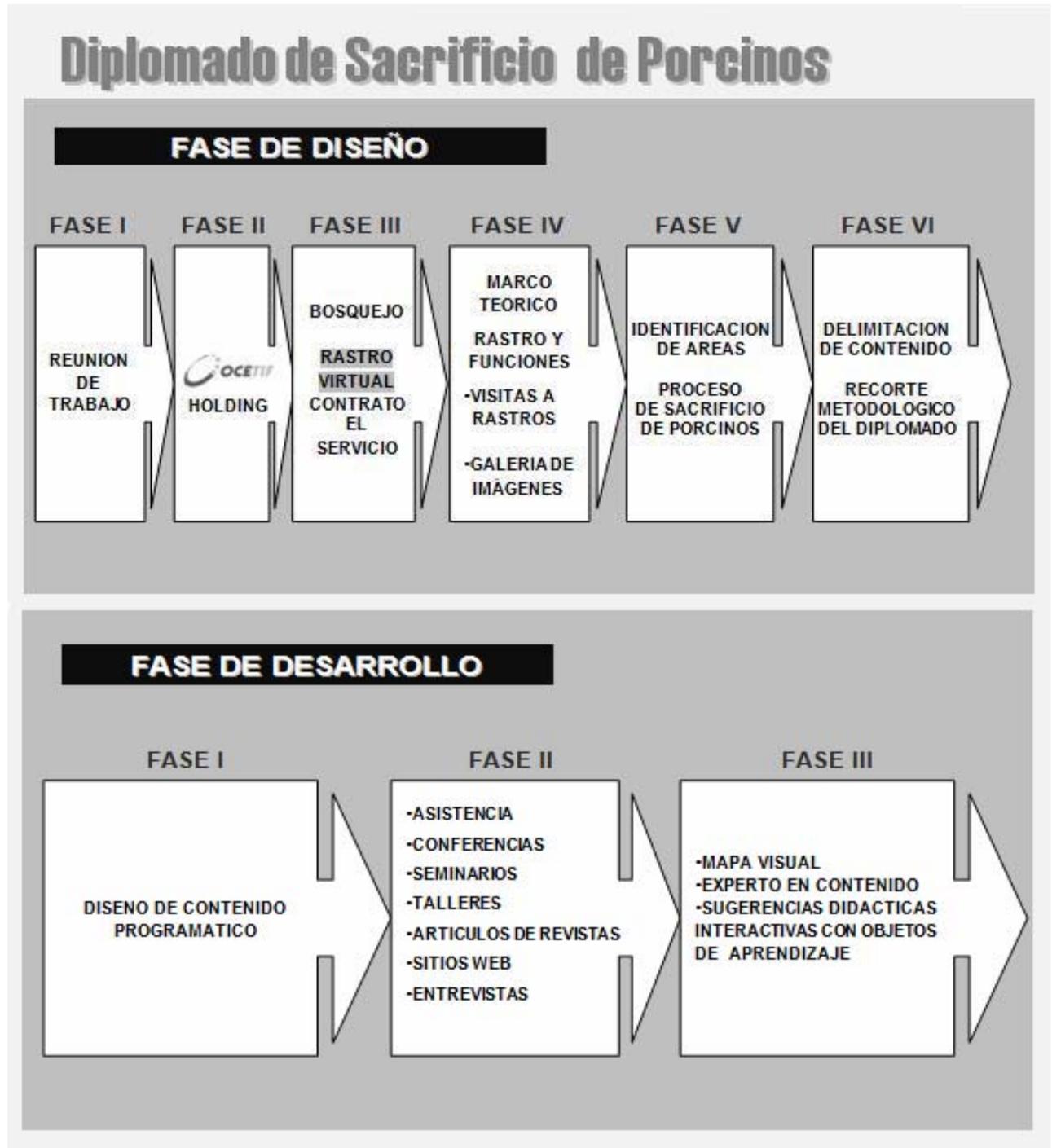
4.2 Particulares

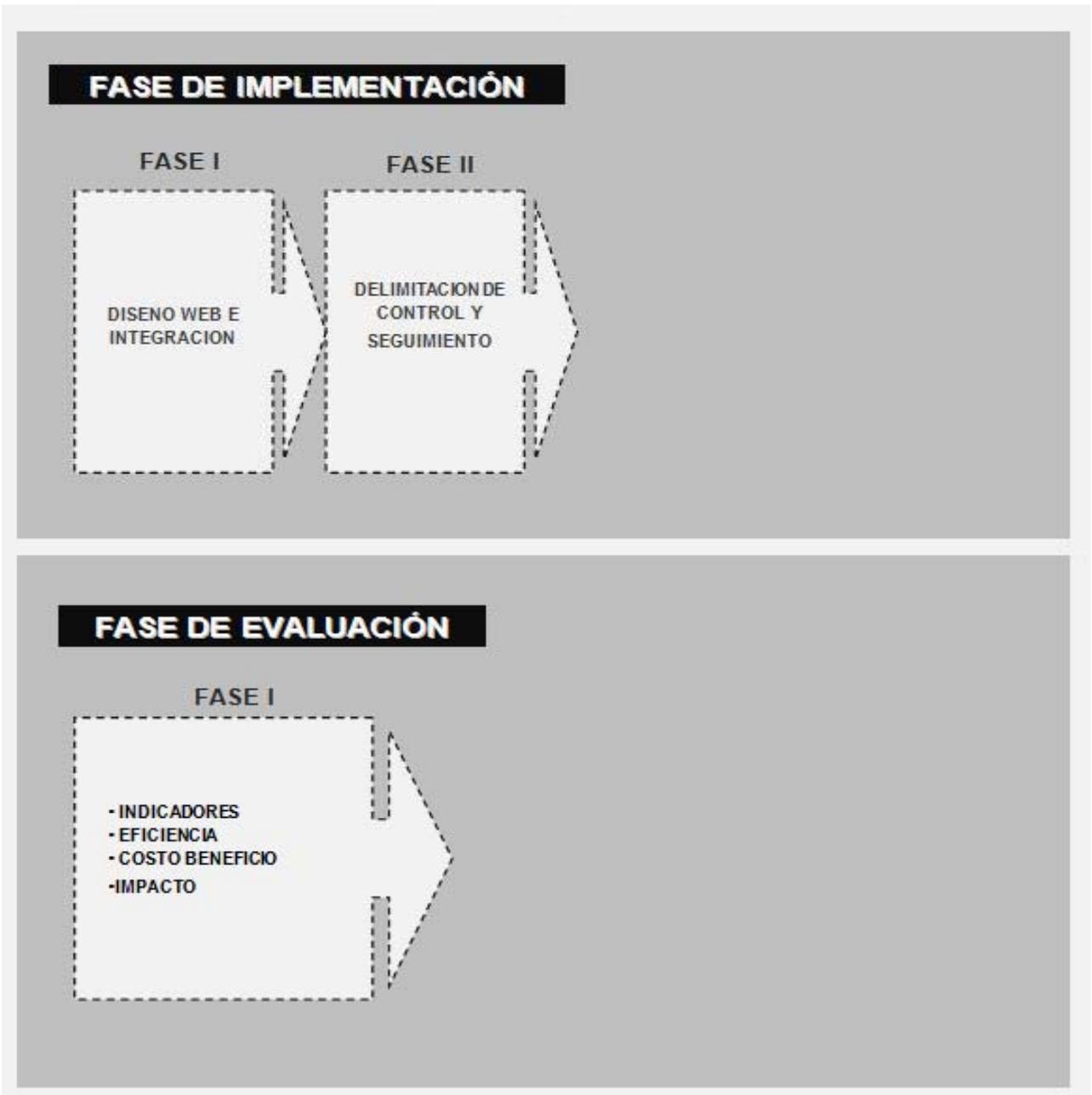
- Documentar la elaboración del primer diplomado a distancia (vía Internet) con ayuda del Organismo de Certificación de Establecimientos TIF, A.C.
- Generar una propuesta de capacitación integral dirigido a Médicos Veterinarios responsables, oficiales y aprobados que laboren en rastros y plantas procesadoras de productos cárnicos.
- Actualizar al personal académico e investigadores relacionados con el área de sacrificio de porcinos o industria cárnica y recién egresados o pasantes de la carrera de Médico Veterinario y a profesionistas cuya labor esté relacionada con la industria de sacrificio de porcinos o industria cárnica, tal es el caso de Químicos en Alimentos, Ingenieros en Alimentos, etc.
- Homologar criterios de verificaciones entre los diferentes profesionistas que participan en una planta de sacrificio TIF para cerdos.

5. Elaboración del Proyecto

5.1 Metodología

La metodología que se planteo para desarrollar la Propuesta del Diplomado de Sacrificio de Porcinos fue:





5.1.1 Desarrollo del Rastro Virtual

Durante la primera etapa se realizó una reunión de OCETIF A.C. con la empresa encargada de la elaboración virtual del rastro; en donde se plantearon los acuerdos y visión del rastro virtual: las etapas, imágenes, contenido, etc. Una vez establecidos los objetivos del rastro virtual se comenzó la recopilación de datos de diversas fuentes: Apoyarse de los medios mas importantes con la finalidad de recopilar información sobre los rastros y sus funciones, como son: revistas, artículos, libros, etc. Además de

visitas a establecimientos TIF del sacrificio de porcinos en diferentes puntos de la República Mexicana con el objetivo familiarizarse con el tema y obtener imágenes, videos que sirvieran de apoyo para la realización del rastro. Una vez realizada la recopilación de datos, se realizó una galería de fotos obtenidas de los diferentes rastros con puntos destacados sobre el procesamiento de porcinos para que se pueda desarrollar el mapa de distribución e isométrico del rastro virtual. El trabajo consistió en identificar las áreas del establecimiento de sacrificio de porcinos y enumerarlas con los mínimos requerimientos posibles para un correcto sacrificio del animal así como Buenas Prácticas de Manufactura dentro del rastro. Las áreas que se contemplaron para el rastro se encuentran en la parte de Resultados de esta tesis.

Para el área de sacrificio se desarrolló un Mapa de distribución y para el Flujo del Personal se identificó el flujo de trabajo en actividades directas al proceso. Una vez identificadas todas las áreas se realizaron presentaciones en Power Point, correcciones escritas, reuniones con la empresa Holding Integra para elaborar el rastro virtual detalladamente. El equipo de Holding Integra junto con el OCETIF realizó el diseño y programación de áreas e interiores en 3D (tercera dimensión), Para fines educativos, se determinó que el rastro virtual presentara movimiento e interactividad con el alumno para que este se sintiera en completa libertad de navegar por el rastro e identificar las áreas de proceso y la importancia de cada una en la obtención de la canal de porcino. La duración de la elaboración de la propuesta de rastro virtual, entre el OCETIF y la empresa encargada de la elaboración virtual del rastro, fue de 12 meses (marzo 2007- actualmente) ya que se tenía constante comunicación entre los diseñadores y la responsable de este proyecto. Las correcciones de la propuesta del rastro involucraban detalles importantes como la postura correcta del cerdo una vez realizada la insensibilización, como lucen los corrales de inspección, entre otros aspectos.

Funciones del equipo multidisciplinario para el desarrollo del Diplomado

1. Responsable de Desarrollo de cursos en línea

Responsable	FUNCIONES
Hiromi González Fuentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recopilar y analizar información sobre necesidades de los solicitantes de cursos en línea para el diseño y desarrollo. ▪ Definir proyectos de diseño y desarrollo de cursos en línea. ▪ Integrar propuestas de servicio de diseño y desarrollo de cursos. ▪ Coordinar y supervisar las actividades de diseño y desarrollo de cursos. ▪ Revisar y aprobar la documentación de las distintas fases de los proyectos de cursos. ▪ Revisar y aprobar materiales de aprendizaje. ▪ Diseñar las estrategias de pilotaje de los cursos diseñados. ▪ Supervisar las actividades de pilotaje y analizar sus resultados para definir las mejoras a los cursos.

2. Diseñador instruccional

Responsable	FUNCIONES
--------------------	------------------

MVZ Claudia Solís Rivera (Gerente de Certificación de Establecimientos del OCETIF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyar al responsable de Desarrollo en la integración de proyectos y propuestas de servicios. ▪ Realizar el diseño pedagógico de los cursos con apoyo del Experto en el Contenido. ▪ Integrar el plan instruccional con apoyo del Experto en Contenido (EC) y el Responsable de Control de Calidad (CC) y presentarlo al Solicitante. ▪ Recopilar e integrar las observaciones del Experto en Contenido y el Solicitante. ▪ Diseñar escaletas para los materiales de los cursos. ▪ Definir requerimientos para interfase y layout de los materiales de aprendizaje. ▪ Revisar con el apoyo del Responsable de Control de Calidad propuestas del Diseñador Gráfico para interfase y layout de los materiales de aprendizaje. ▪ Definir junto con el Responsable de Control de Calidad los lineamientos de estilo de los materiales de aprendizaje. ▪ Realizar pruebas de funcionalidad de los materiales de aprendizaje con el apoyo del Responsable Técnico.
---	--

3. Desarrollador de contenidos

Responsable	FUNCIONES
Hiroimi González Fuentes MVZ Claudia Solís Rivera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redactar los guiones para los materiales de aprendizaje. ▪ Integrar junto con el responsable técnico los textos a la interfase y layout.

4. Responsable de Control de Calidad

Responsable	FUNCIONES
M. Sc. MVZ Susana Arellano Chávez (Directora General de OCETIF)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyar al Diseñador Instruccional en la integración del plan instruccional de los cursos. ▪ Revisar la corrección, pertinencia y coherencia de las escaletas para los materiales de los cursos. ▪ Apoyar al Diseñador Instruccional en la revisión de las propuestas del Diseñador Gráfico para interfase y layout de los materiales de aprendizaje. ▪ Definir junto con el Responsable de Desarrollo los lineamientos de estilo de los materiales de aprendizaje y en general de los documentos y materiales de apoyo a los cursos. ▪ Revisar y editar los guiones para los materiales de aprendizaje y de apoyo.

5. Diseñador gráfico

Responsable	FUNCIONES
Empresa Holding Integra	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseñar interfase y layout para cursos en línea, materiales de aprendizaje y elementos de apoyo técnico para cursos en general. ▪ Generar los elementos gráficos o multimedia necesarios para los materiales.

6. Experto en contenido

Responsable	FUNCIONES
M. Sc. MVZ Susana Arellano Chávez y MVZ Claudia Solís Rivera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaborar y/o seleccionar los contenidos base para el diseño y desarrollo del curso. ▪ Colaborar con el Diseñador Instruccional en el diseño pedagógico de la solución. ▪ Revisar y recomendar cambios en la documentación de las distintas fases del diseño y desarrollo de cursos.

7. Responsable técnico

Responsable	FUNCIONES
Hiroimi González Fuentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recopilar y analizar información sobre la infraestructura telemática disponible para la implementación de los cursos solicitados. ▪ Analizar la viabilidad tecnológica de la solución pedagógica elaborada por el Diseñador Instruccional. ▪ Definir herramientas tecnológicas para los materiales de aprendizaje y elementos de apoyo técnico para los cursos, acordes a los estándares tecnológicos. ▪ Planear el diseño y desarrollo técnico de los cursos con base en los guiones elaborados por el Diseñador Instruccional. ▪ Apoyar al Responsable de Desarrollo en la integración de soluciones técnicas para mejorar y agilizar sus procesos y productos.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar la programación, adaptación y/o configuración requerida para la implementación y apoyo técnico de los cursos. ▪ Integrar todos los elementos gráficos, de contenido, de funcionalidad e interfase de los materiales de aprendizaje. ▪ Instalar y administrar los materiales de aprendizaje en el servidor. ▪ Colaborar con el Diseñador Instruccional en las pruebas de funcionalidad de los materiales de aprendizaje y realizar los cambios necesarios para garantizar un buen desempeño del producto.
--	--

5.1.2 Manual del Rastro Virtual (Módulos del Diplomado) y Ejercicios Interactivos

A la par que se realizaba la propuesta del rastro virtual, se desarrolló la propuesta del contenido de los Módulos que podría contener el Diplomado de Sacrificio de Porcinos. Para saber que Módulos se incluirían se realizaron reuniones de trabajo con la MVZ Claudia Solís Rivera (Gerente de Certificación de Establecimientos, OCETIF) en donde se analizaba cada tema relativo al sacrificio de porcinos. La información de cada módulo fue obtenida principalmente de libros, artículos científicos, experiencia profesional, conferencias, seminarios, documentación exclusiva del OCETIF, datos de empresas dedicadas a la producción de productos cárnicos, etc. Durante el mes de marzo del 2007 hasta enero-febrero del 2008 se desarrolló una Propuesta los Módulos del Diplomado y Ejercicios Interactivos de cada uno para el reforzamiento de la información. La propuesta de los Módulos del Diplomado de Sacrificio de Porcinos así como la propuesta de los ejercicios interactivos para cada Módulo se encuentra en la parte de Resultados de la presente tesis. En apego a los lineamientos para la validación de Diplomados de la Universidad Nacional Autónoma de México, por medio de la Educación Continua, Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia, se establece que “Los diplomados de Educación Continua a Distancia: tendrán una duración mínima de 120 horas y una máxima determinada por la naturaleza del conocimiento y de las habilidades que se busca desarrollar. Para el cálculo de las horas se deberá considerar:

- a) Horas semanales de tiempo de interacción con los participantes y con el asesor con la interfase (asesorías, videoconferencias, etc.)
- b) Horas que el participante dedicará a la lectura, ejercicios y elaboración de trabajo”.¹⁸

Con el propósito que se obtenga un mayor costo-beneficio del Diplomado, cada Módulo será considerado de forma independiente. De manera que si el participante por alguna razón no puede concluirlo en su totalidad, podrá obtener una constancia con valor curricular, misma que especificará exclusivamente los Módulos Acreditados. Para obtener el valor curricular asignado a cada módulo, es necesario que cubrir 30 horas o más¹⁸. Debido a que existen Módulos con un menor contenido temático, se les agrupo para que en conjunto sumen las 30 horas o más, requeridas para su

acreditación. Considerando el contenido de cada Módulo y la vinculación que existe entre ellos se propone la siguiente distribución:

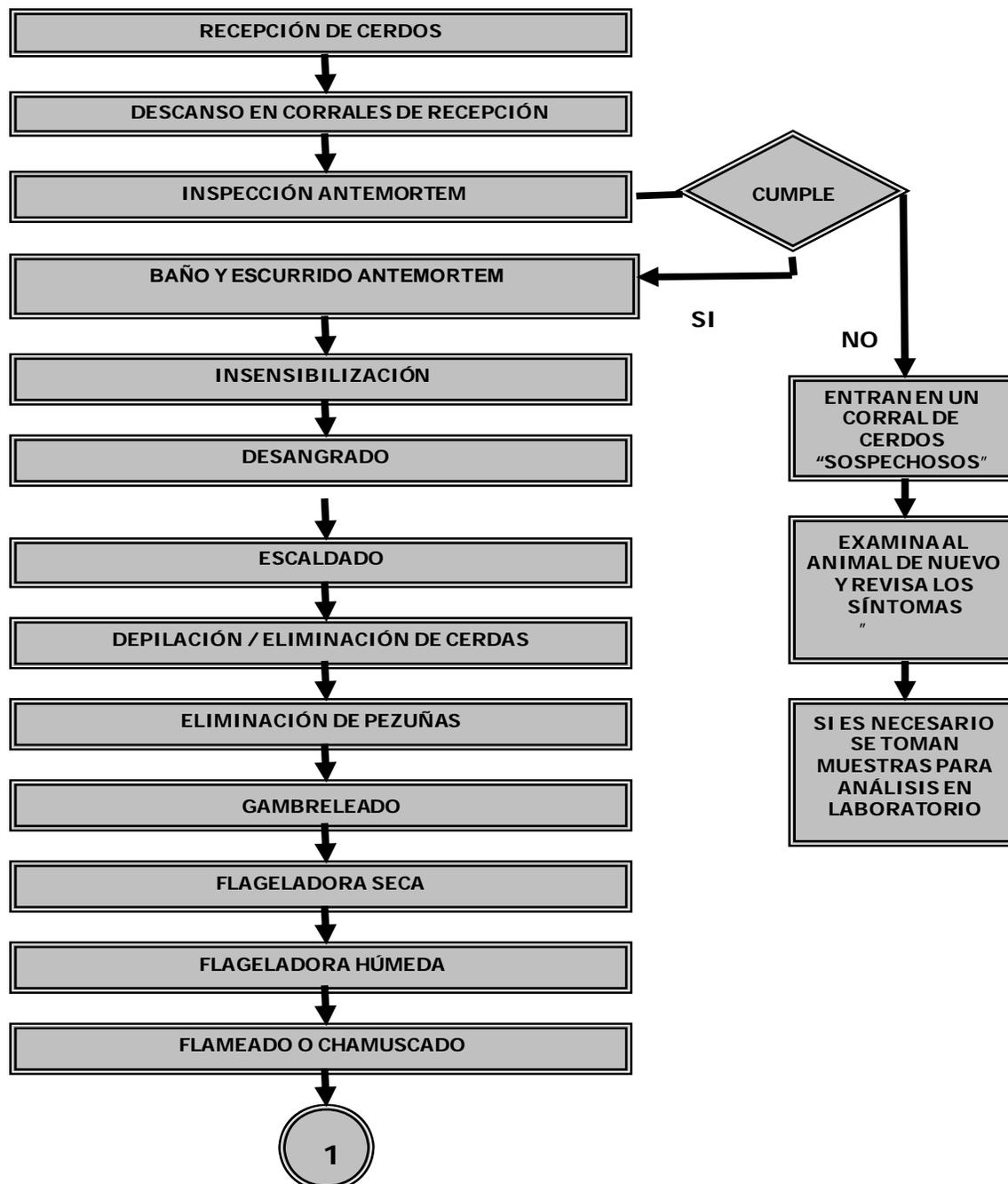
Módulos	Duración (Número de horas)	Total Número de Horas
Módulo 1. Introducción al sistema TIF y Módulo 9. Breve Introducción al HACCP e ISO 22000	20 horas	30 horas
	10 horas	
Módulo 2. Proceso de sacrificio de cerdos y Módulo 8. Residuos, despojos y Aguas residuales del Proceso de Sacrificio de Porcinos	40 horas	50 horas
	10 horas	
Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura y Módulo 6. Flujo del Personal y Producto	30 horas	40 horas
	10 horas	
Módulo 4. Microbiología de la carne y Residuos Tóxicos y Módulo 5. Corte y Deshuese de canales, Empaque y Etiquetado	30 horas	50 horas
	20 horas	
Módulo 7. Calidad de la carne de cerdo	30 horas	30 horas
	TOTAL	200 HORAS

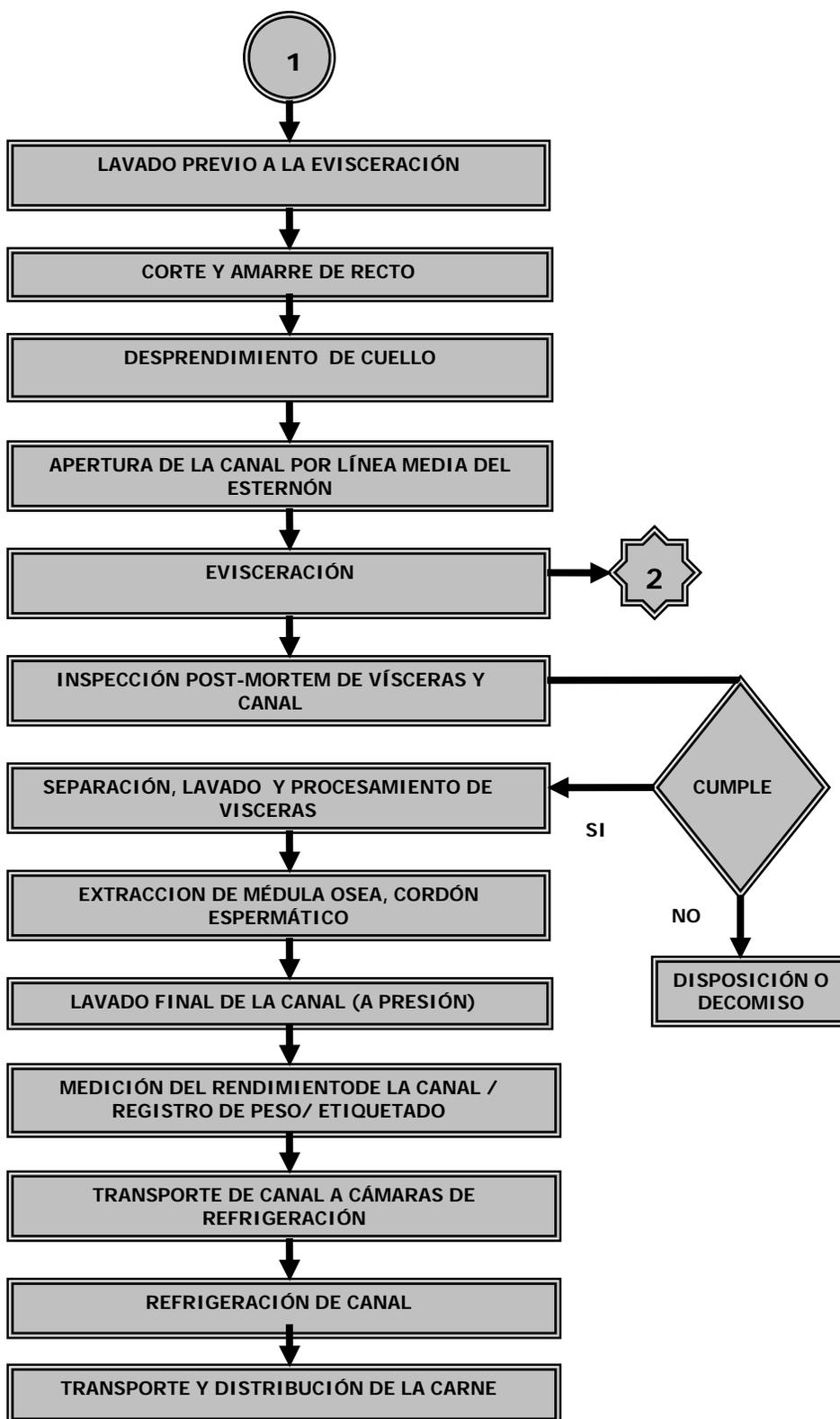
6. Resultados

6.1 Propuesta de Rastro Virtual

De acuerdo al estudio, recopilación de información y visitas a rastros de porcinos TIF se determinó las áreas que deberían estar incluidas en el rastro virtual, estas son:

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SACRIFICIO DE PORCINOS





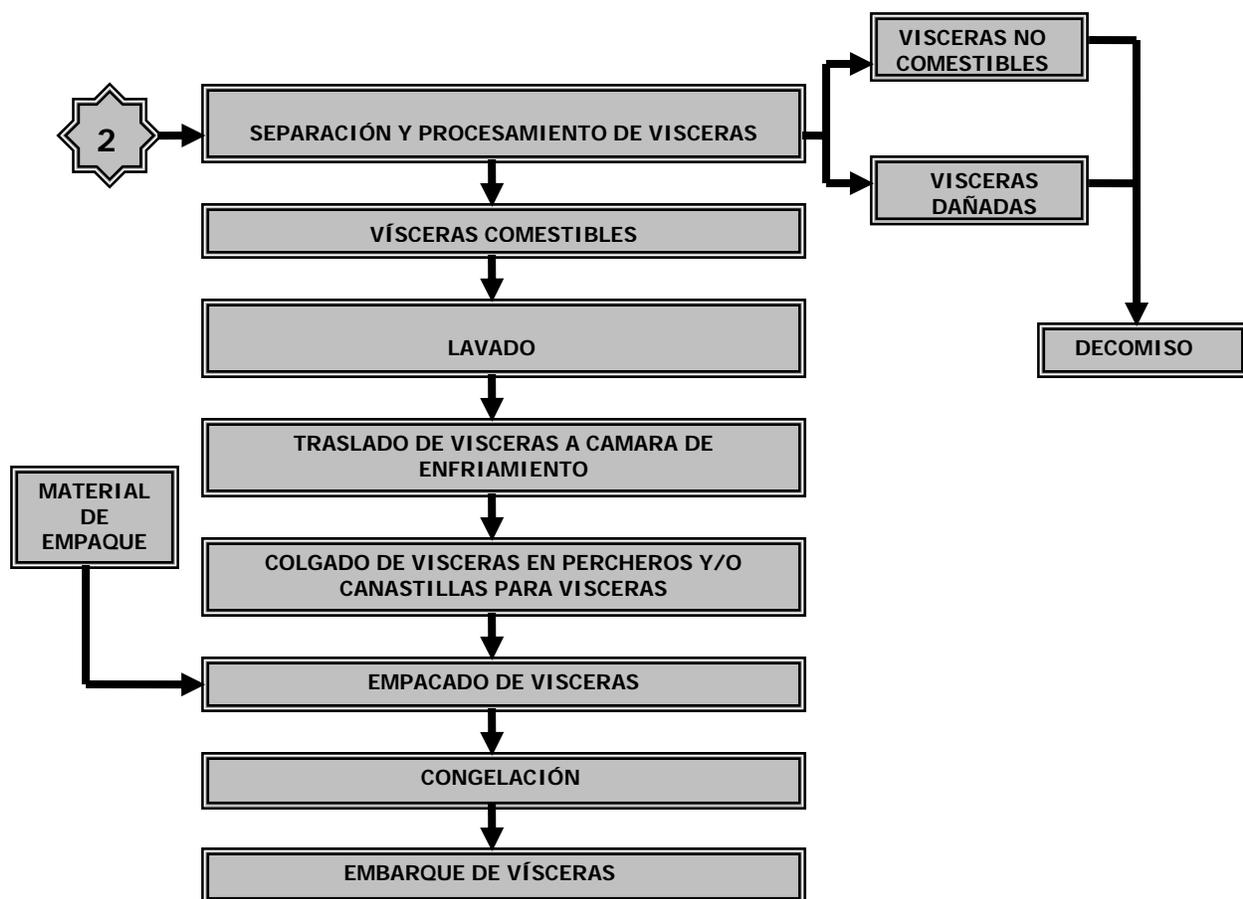


Diagrama 1. Flujo de Proceso de sacrificio de cerdos, separación y proceso de vísceras

6.1.1 Imágenes del Rastro Virtual



Imagen 1. Entrada del camión que transporta a los cerdos al establecimiento de sacrificio.

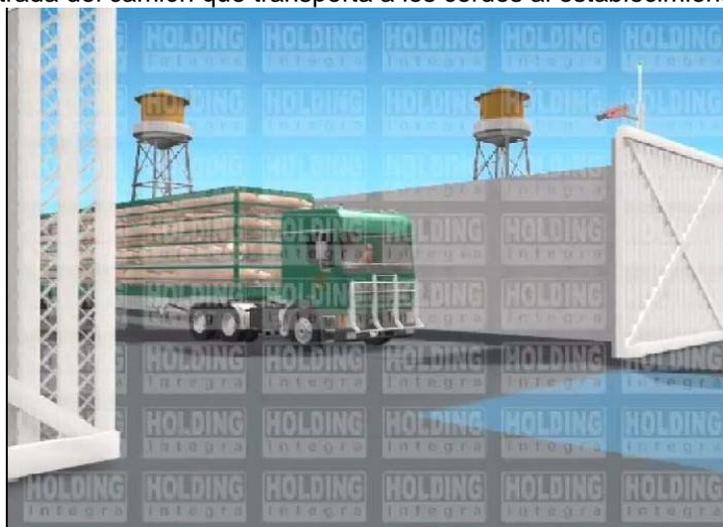


Imagen 2. Frente al camión se observa el vado sanitario



Imagen 3. El camión cruza con las llantas el vado sanitario para evitar entrar con contaminación proveniente del camino al establecimiento



Imagen 4. Las llantas traseras como delanteras cruzan el vado sanitario



Imagen 5. El transportista baja del camión

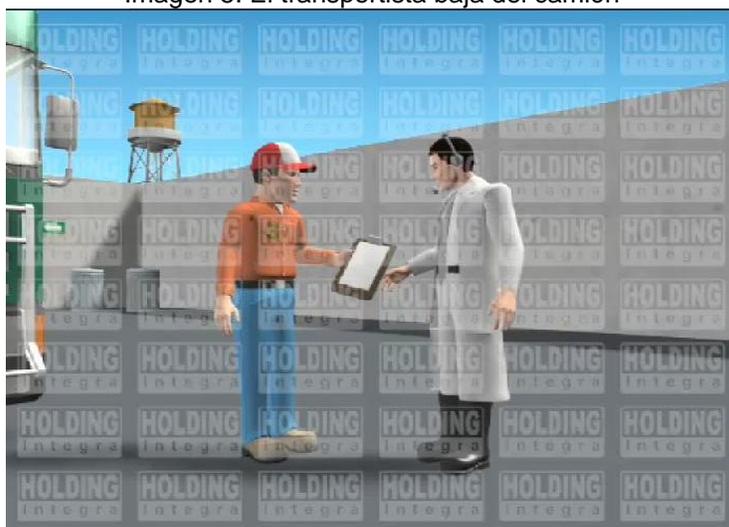


Imagen 6. Entrega la documentación (Certificado de Movilización) proveniente de la granja de porcinos al MVZ responsable del establecimiento.



Imagen 7. El MVZ revisa el Certificado de Movilización para aceptar el lote de animales a sacrificar



Imagen 8. Rampa portátil inclinada para descender los cerdos, el material de la rampa debe ser de material antiderrapante para evitar que resbalen los animales.



Imagen 9. Descenso de los animales por la rampa con la vigilancia del Médico Veterinario responsable del establecimiento.



Imagen 10. Los animales no avanzan solos es necesario que un trabajador los arree hacia los corrales.

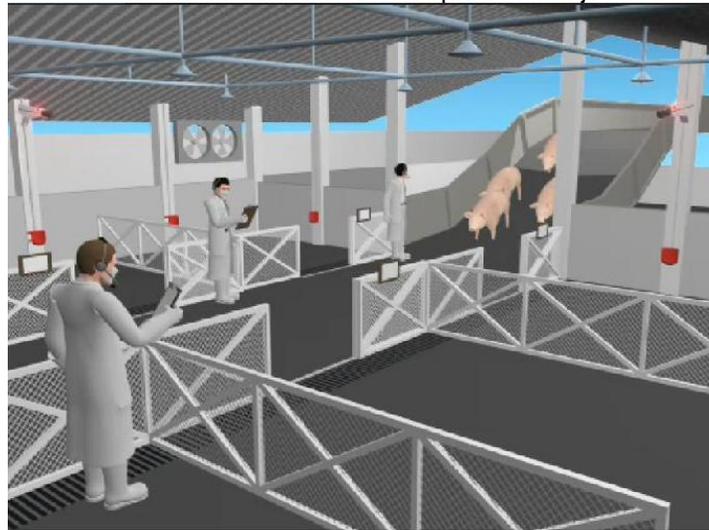


Imagen 11. Los animales descienden de la rampa y se dirigen a los corrales dentro del establecimiento.



Imagen 12. Los cerdos entran a los corrales y se realiza la inspección ante-mortem por el Médico Veterinario del establecimiento.

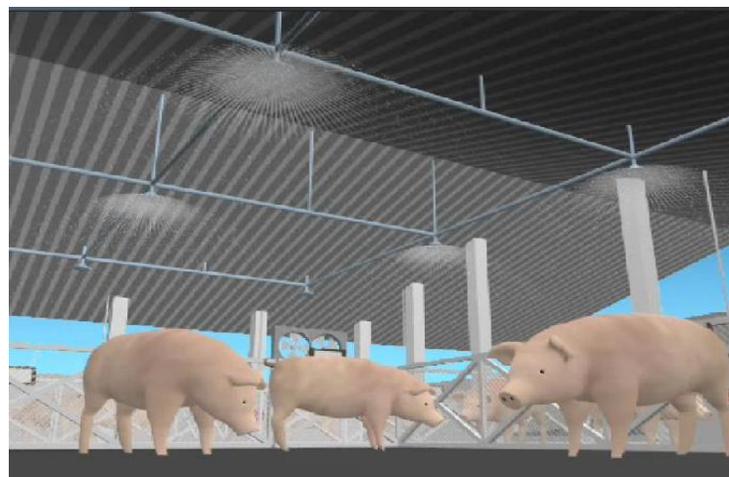


Imagen 13. Los animales que presentan comportamiento extraño, lesiones, etc. se separan del resto de los cerdos en corrales especiales para reevaluar su sacrificio

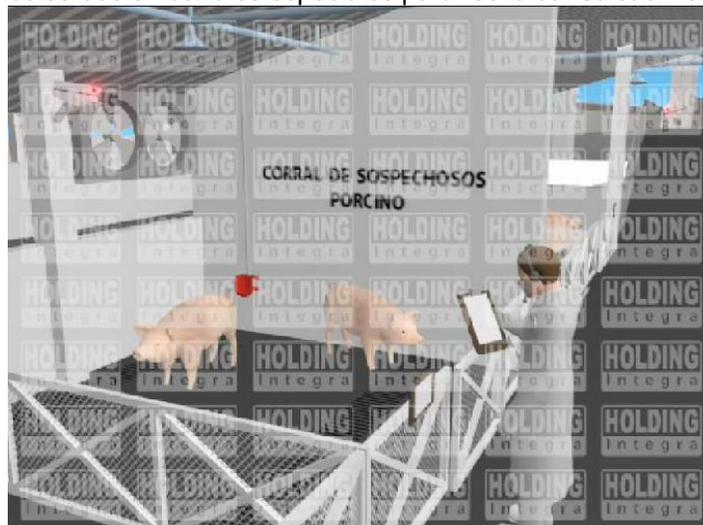


Imagen 14. Lavado previo al sacrificio para eliminar contaminación proveniente del corral o de los mismos animales (heces, orina, etc).

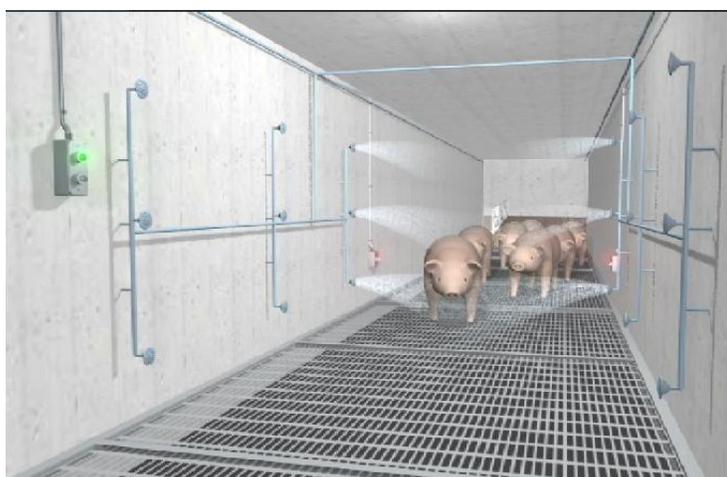


Imagen 16. Los aspersores de agua se activan mientras los animales caminan hacia el área de insensibilización

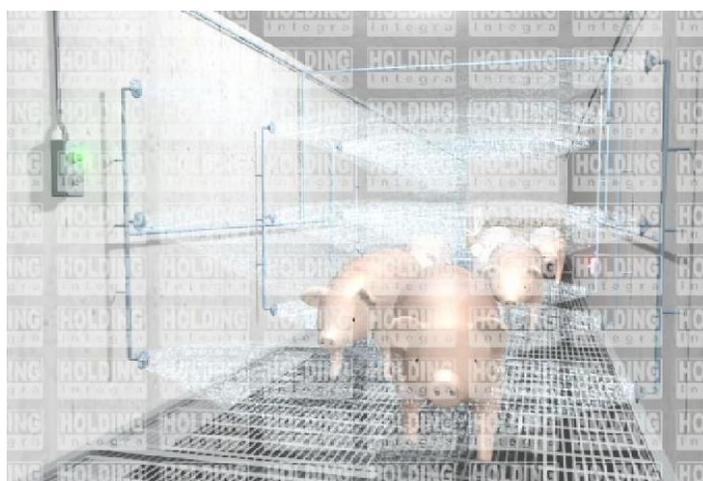


Imagen 17. Área de insensibilización



Imagen 18. Insensibilización con pinzas electricas (corriente electrica de 60 a 80 voltios durante pocos segundos).



Imagen 19. Entrada del animal a la cámara de CO₂ para su insensibilización.

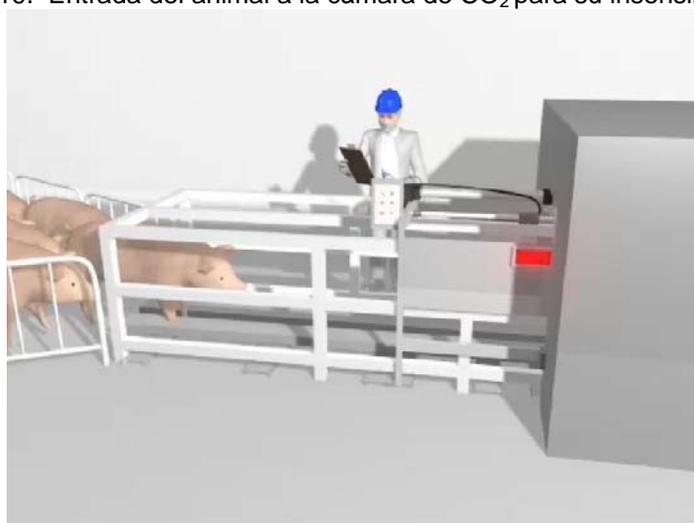


Imagen 20. Salida del animal inconsciente de la cámara de CO₂ para su sacrificio

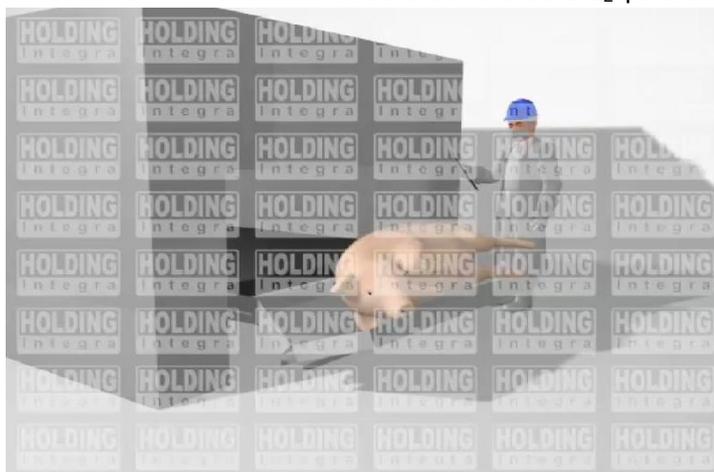


Imagen 21. .Animal inconsciente se dirige al desagrado .

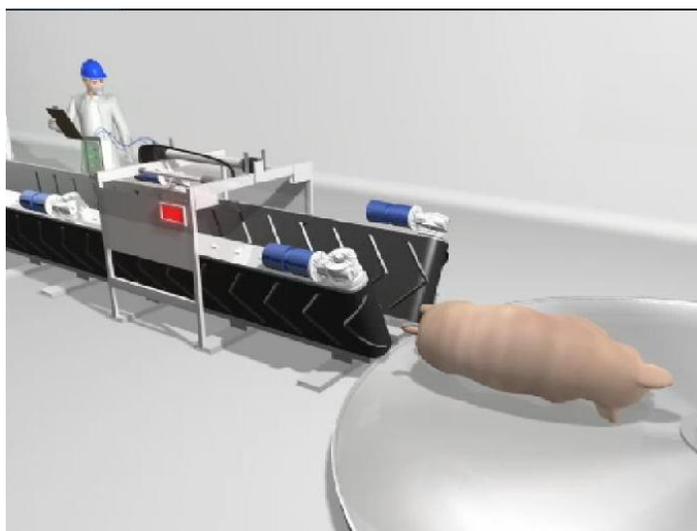


Imagen 22. Los trabajadores esperan al animal para izarlo por las patas traseras y realizar el proceso de desagrado.



Imagen 23 Corte de la arteria carótida común izquierda y la vena cava anterior, el animal se desangra sobre una canaleta para recuperar la sangre después y utilizarla en diferentes productos.

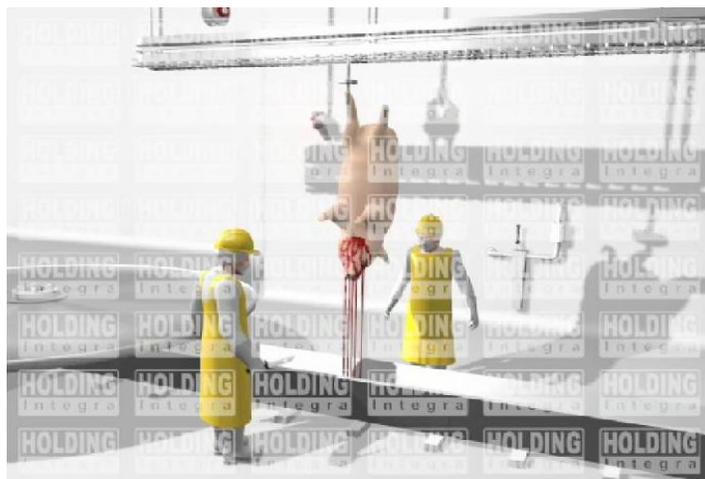


Imagen 24. El animal desangrandose se dirige al área de escaldado



Imagen 25.. Escaldado, cabe mencionar que la máquina de escaldado no luce como aparece en la imagen, ésta se encuentra en etapa de corrección.

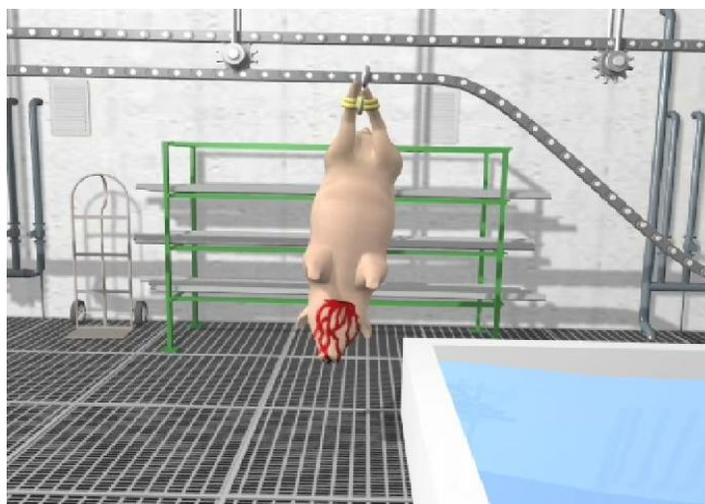


Imagen 27. El cerdo es sumergido en agua a caliente entre 60°C y 62°C



Imagen 28. Etapa de gambreleado

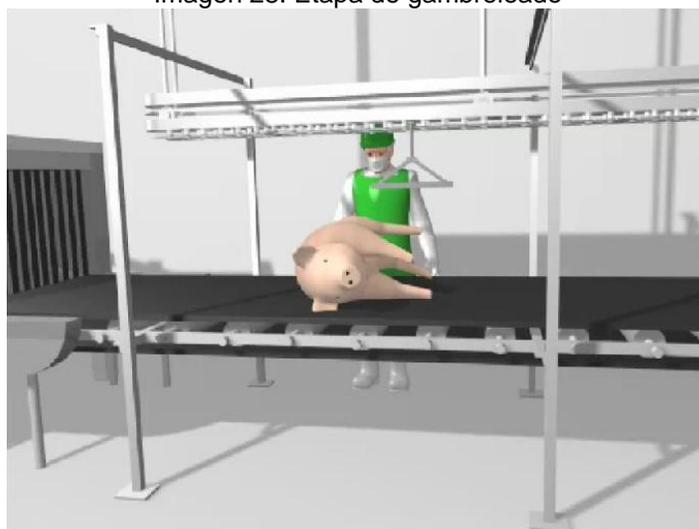


Imagen 29. El gambreleado consiste en el izado de los animales por una de las extremidades posteriores mediante unas argollas metálicas unidas por una cadena a un sistema mecánico de elevación

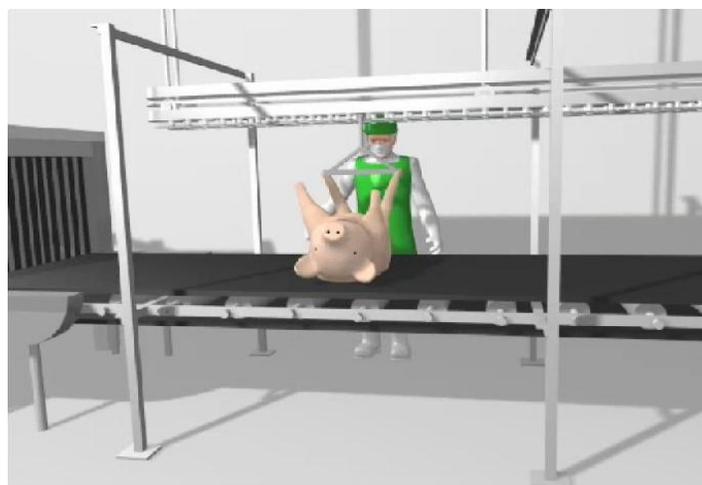


Imagen 30. Una vez que se realizo el gambreleado se dirige a la flageladora seca.

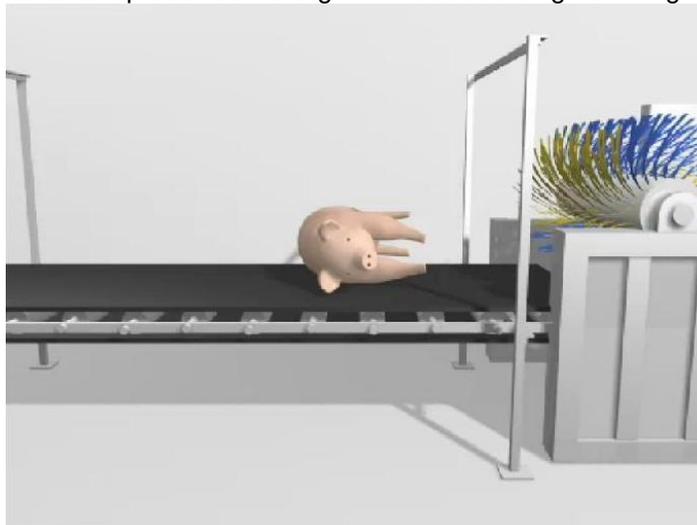


Imagen 31. Entrada del animal a la flageladora seca, donde se realiza el depurado de cerdas residuales y eliminación del exceso de agua en superficie del animal



Imagen 32. Entrada a la flageladora húmeda

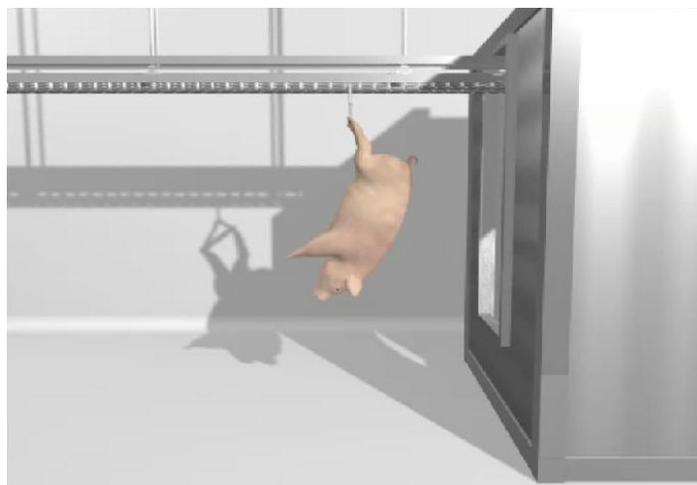


Imagen 33. En la Flageladora húmeda los animales son duchados a alta presión mediante agua a temperatura ambiente



Imagen 34. Saliendo de la flageladora húmeda se dirige al chamuscado

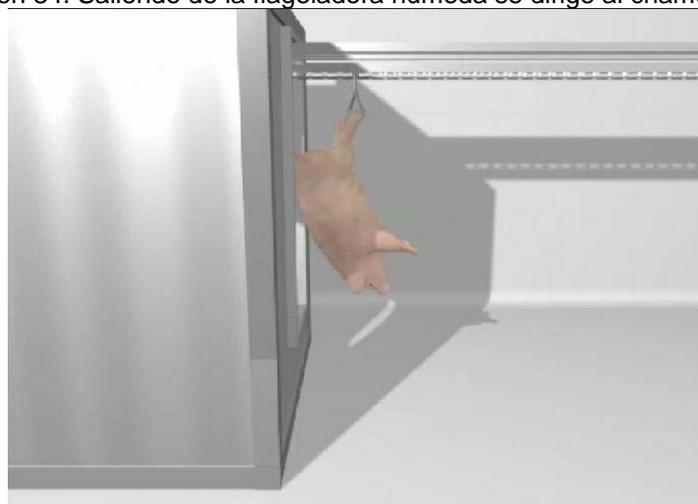


Imagen 35. El chamuscado tiene como finalidad eliminar las cerdas restantes de la etapa de depilado



Imagen 36. Después del chamuscado se dirige al corte y amarre de recto

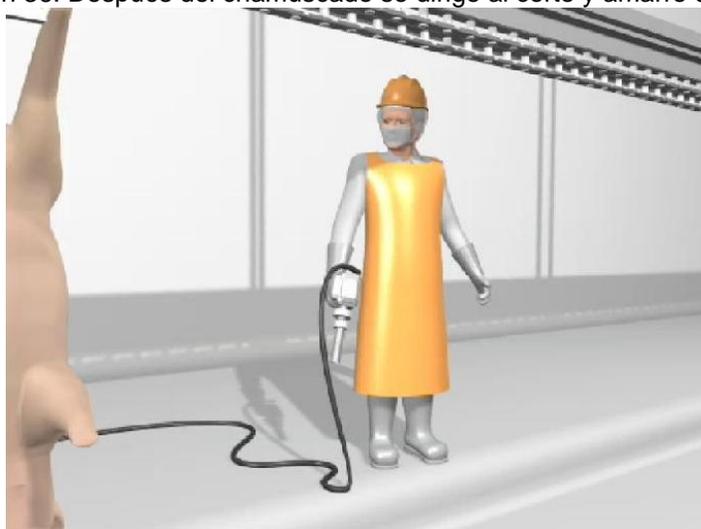


Imagen 37. El personal del establecimiento realiza el amarre de recto para que evitar que durante la evisceracion tanto la canal como las vísceras tengan contacto con la canal.

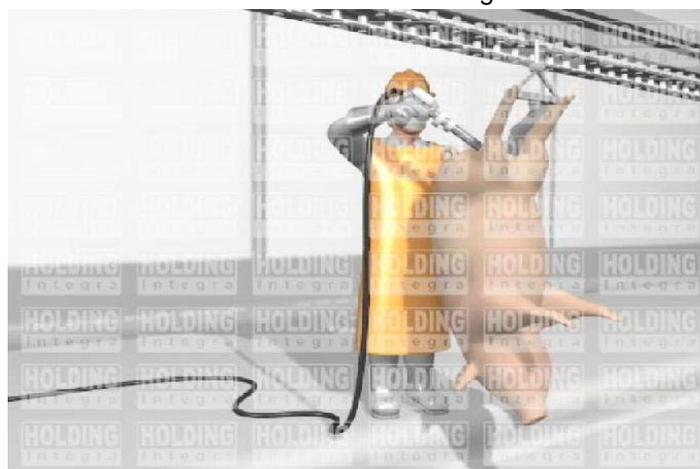


Imagen 38. Una vez que se amarro el recto del animal se procede al desprendimiento de cuello.

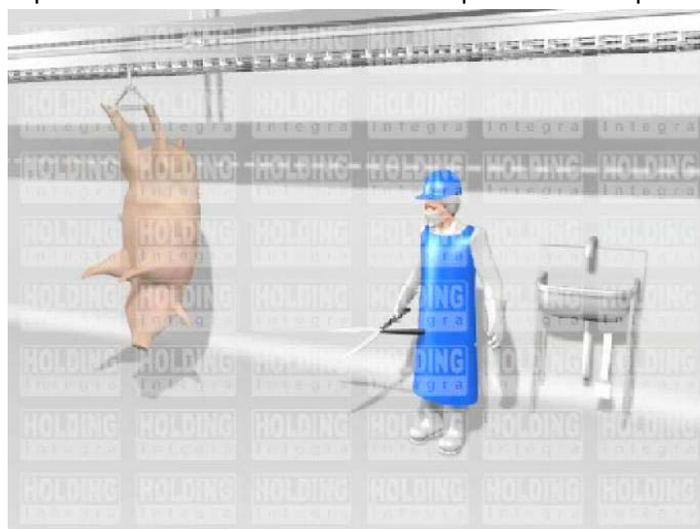


Imagen 39. Se realiza con unas tijeras especiales para este fin ya que tienen que cortar la médula espinal del animal.

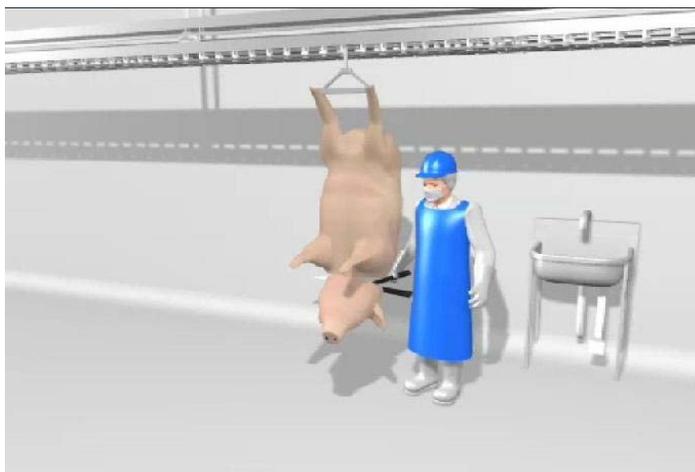


Imagen 40. La cabeza del animal se desprende



Imagen 41. Apertura de canal por línea media del esternon del porcino (manual)



Imagen 42. La apertura se realiza con una sierra que se emplea manualmente por el operador. Por definición en esta etapa del proceso de sacrificio el animal (porcino) ahora se denominara canal.



Imagen 43. La apertura del cerdo puede realizarse tambien con sierra automatizada

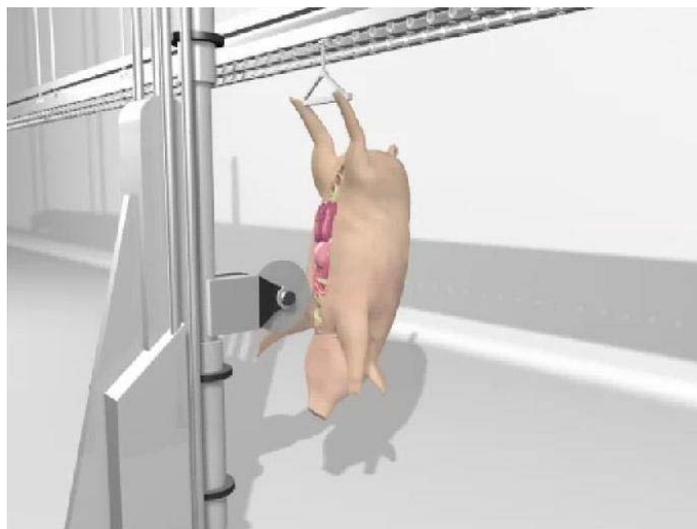


Imagen 44. Etapa de evisceración.



Imagen 45. Carros para transportar las vísceras producto de la evisceración.



Imagen 46. Se realiza la evisceración y se dividen las vísceras rojas (corazón, hígado, bazo, aparato respiratorio) de las verdes (tubo digestivo).



Imagen 47. Lavado de vísceras para su comercialización.



Imagen 48. La inspección post-mortem la realiza el Médico Veterinario dentro del establecimiento en el Punto de Inspección. Esta imagen sigue en proceso de corrección ya que la inspección se realiza de la canal y de las vísceras y aquí se observa que al animal aún no se realiza su apertura.



Imagen 49. En la Inspección post-mortem se agrupan un conjunto de actividades que realizan los profesionales veterinarios mediante técnicas de observación visual macroscópica, palpación y corte de órganos y linfoglándulas viscerales y parietales.



Imagen 50. Una vez aprobada se dirige la canal a la extracción de médula ósea y cordón espermático (machos) para su comercialización.

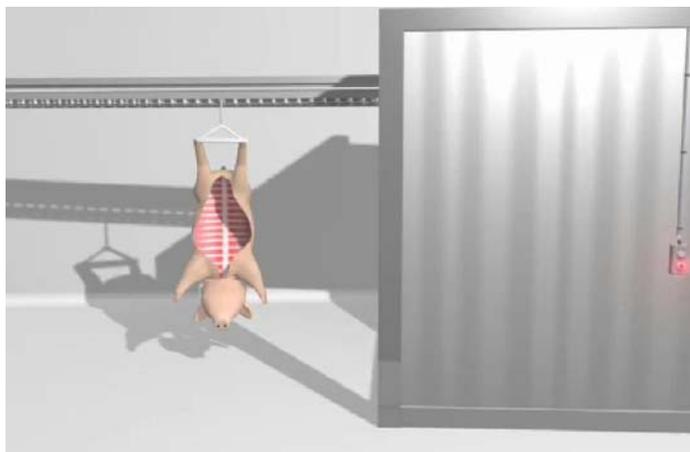


Imagen 51. Lavado final (automatizado) de la canal a presión.



Imagen 52 . Transporte de canales a cámaras de refrigeración I

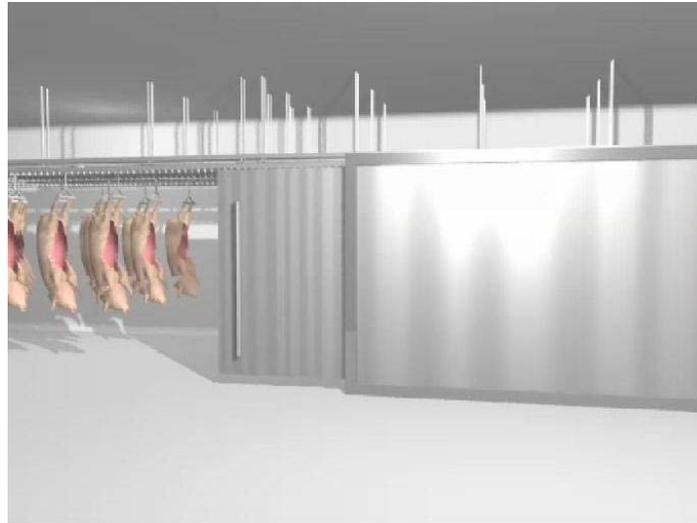


Imagen 53. Cámaras de refrigeración

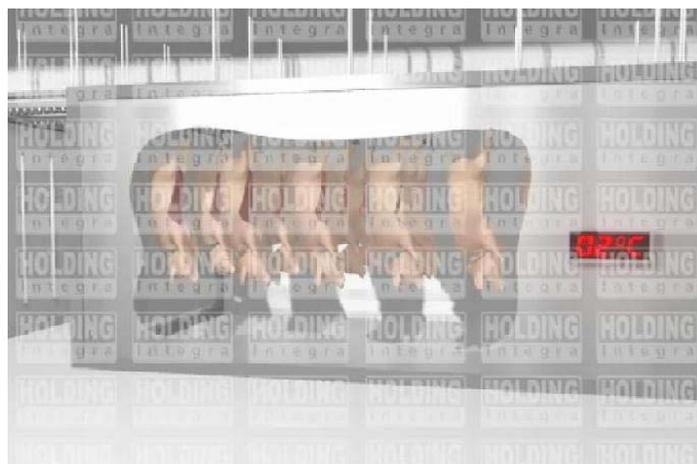


Imagen 54. Jaula de retención de canales sospechosas dentro de la cámara de refrigeración

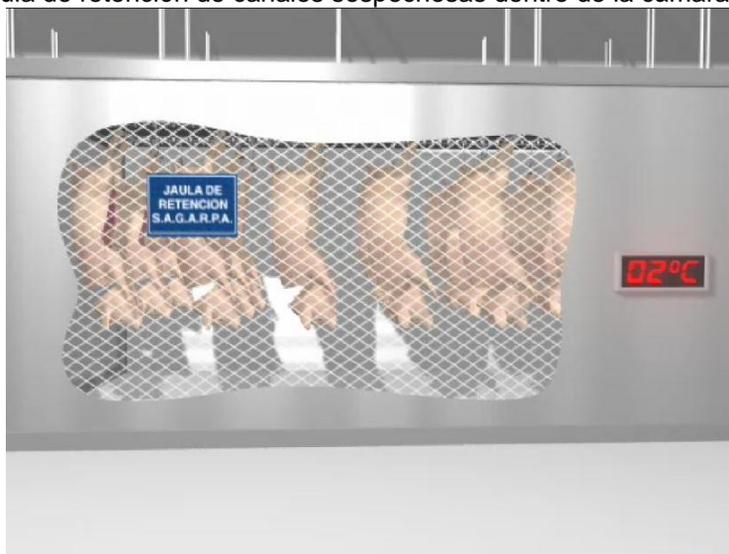


Imagen 55. Camión de transporte de canales



Imagen 56. El Médico Veterinario inspecciona que el camion en donde se trasladan las canales este limpio y aprueba que se transporten



Imagen 57. El Médico Veterinario llena el Certificado de Movilización de canales, actualmente se realiza en computadora mediante el sistema de Movilización.



Imagen 58. Llegada del camión para la distribución de las canales.



Imagen 59. El camión embona con los colchones de adosamiento para evitar que penetre fauna nociva



Imagen 60. El Médico Veterinario del establecimiento siempre esta vigilando el embarque de canales



Imagen 61. El Médico Veterinario entrega el certificado de movilización de las canales para su destino



Imagen 62. El camión sale con el embarque de canales a su destino el cual puede ser la comercialización de canales o como materia prima para productos cárnicos



6.2 *Propuesta de Diagrama de Flujo del Personal que labora en un Establecimiento de Sacrificio de Porcinos e Instalaciones.* Las áreas que también se realizarán animación son aquellas que sigue el personal dentro del establecimiento, que nosotros le

llamaremos Áreas del Flujo del Personal y son:

1. ANTECAMARÁ DE SANITIZACIÓN
2. INSTALACIONES SANITARIAS PARA LOS EMPLEADOS
 - a. BAÑOS
 - b. VESTIDORES
 - c. REGADERAS
 - d. LAVANDERÍA
 - e. OFICINAS DEL MVZ
3. INSTALACIONES INTERIORES
 - a. COMEDOR GENERAL
 - b. LAVABOS DENTRO DEL ÁREA DE PROCESO
 - c. ESTERILIZADORES
 - d. TUBERÍAS
 - e. ILUMINACIÓN CON PROTECCIÓN
 - f. PROTECCION CONTRA ROEDORES E INSECTOS
 - g. TERMOMETROS
 - h. PUERTAS INTERIORES
4. EXTERIORES
 - a. EMBARQUE Y DESEMBARQUE
 - b. CORRALES
 - c. ZONA DE LAVADO DE CAMIONES
 - d. ESTACIONAMIENTO



Diagrama 2. Flujo del Personal Interno a la entrada del establecimiento de sacrificio de porcinos

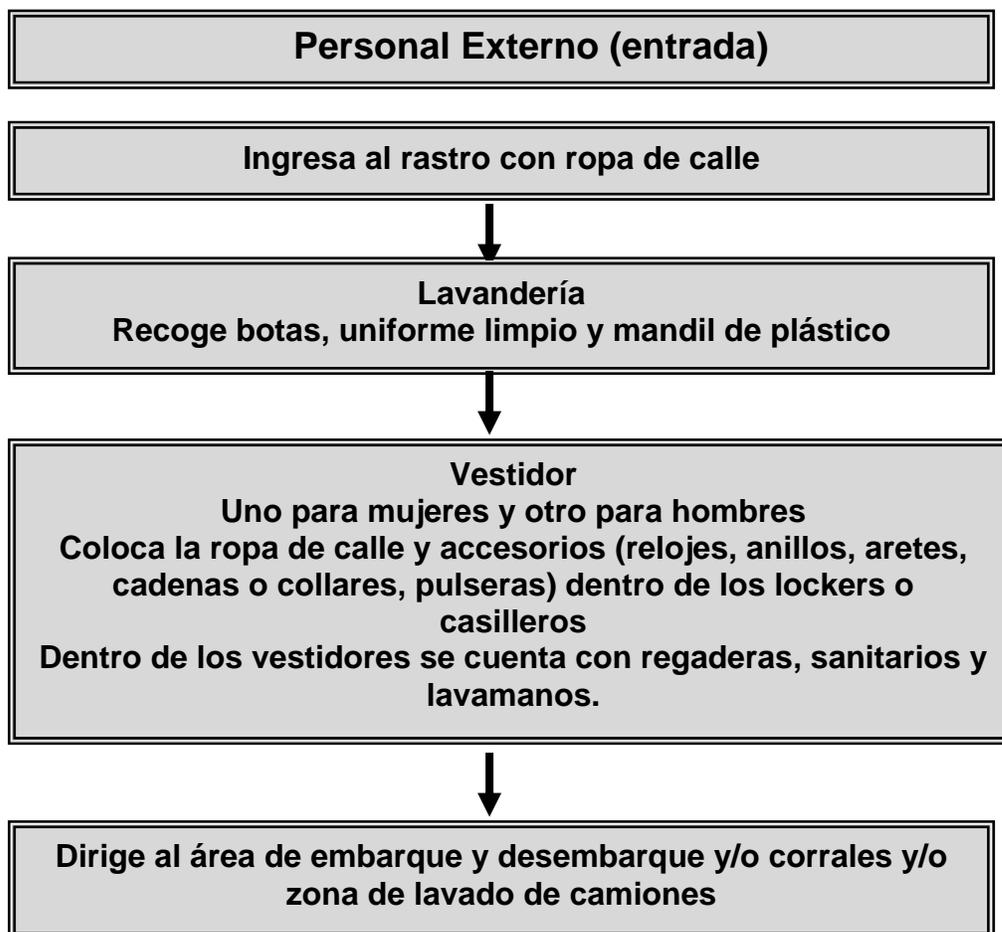


Diagrama 3. Flujo del Personal Externo a la entrada del establecimiento de sacrificio de porcinos

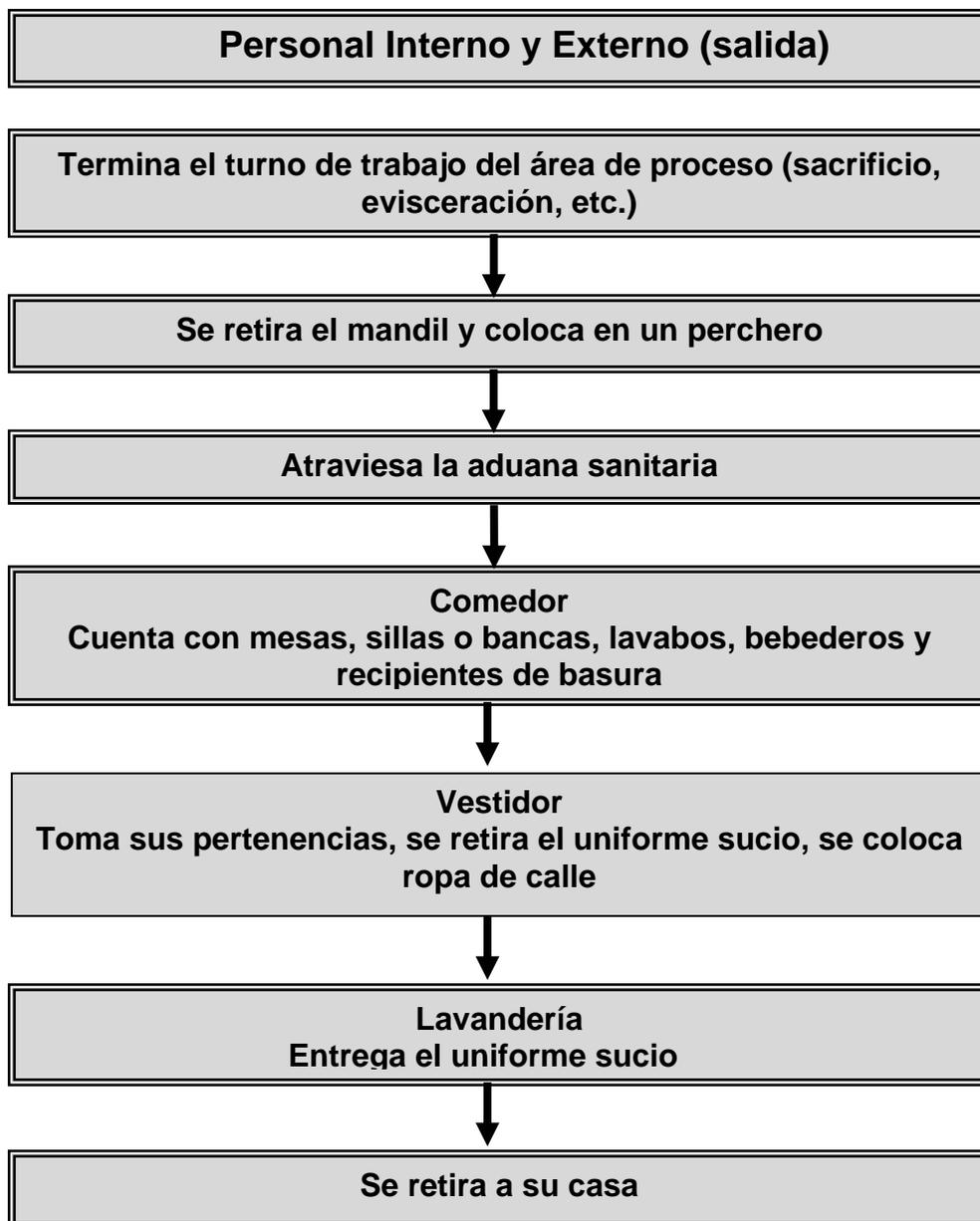


Diagrama 4. Flujo del Personal Interno y Externo a la salida del establecimiento de sacrificio de porcinos

6.3 Propuesta de Módulos del Diplomado en Sacrificio de Porcinos

Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos

ÍNDICE	
Módulo 1. Introducción al sistema TIF Duración: 30 horas	
1.	Conceptos Básicos de Higiene Alimentaria
1.1	Importancia de la alimentación adecuada para la salud y el desarrollo
1.2	Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA's)
1.2.1	Situación y efectos de las ETA's
1.2.2	Principales ETA's por microorganismos
1.2.3	ETA's causadas por peligros físicos y químicos
1.2.4	Situación de las ETA's en México
1.3	Inspección de los alimentos
2.	Sistema Tipo Inspección Federal
2.1	Historia del Sistema Tipo Inspección Federal (TIF)
2.2	Ventajas
2.3	Beneficios al consumidor
3.	Marco Legal Mundial de la Inocuidad
4.	Marco Legal Nacional
4.1	Orden jerárquico nacional
4.2	Normatividad del Sistema TIF
4.3	Las Normas Oficiales Mexicanas
5.	Exportaciones
6.	Responsabilidad del Médico Veterinario en Establecimientos de Sacrificio
6.1	Médicos Veterinarios en México
6.2	Inspectores de USDA-FSIS
6.3	Supervisiones del Médico Veterinario
7.	Glosario
Módulo 2. Proceso de sacrificio de cerdos Duración: 50 horas	
1.	Introducción
1.1	Producción Mundial de carne de cerdo
1.2	Principales productores de carne de cerdo en América Latina
1.2.1	México
1.3	Diagrama de flujo del proceso de sacrificio de cerdos
2.	Producción
2.1	Diseño de instalaciones
3.	Transporte de animales
3.1	Precauciones antes de la carga
3.2	Personal encargado del transporte de cerdos (documentos y obligaciones)
3.3	Efectos del transporte
3.4	Normatividad Mexicana
4.	Recepción/ Descanso en corrales de recepción
5.	Inspección sanitaria
5.1	Base Jurídica
5.2	Objetivos de la inspección sanitaria
5.3	Etapas de la Inspección
5.4	Inspección ante-mortem
5.5	Finalidad de la Inspección Ante-mortem
5.6	Requisitos Generales
5.7	Procedimiento
5.8	Disposiciones de la Inspección Ante-mortem
6.	Baño y escurrido ante-mortem
7.	Insensibilización (aturdido)
7.1	Métodos de insensibilización
7.1.1	Percusión
7.1.2	Insensibilización eléctrica
7.1.3	Bióxido de carbono (CO ₂)
7.2	Especificaciones para la insensibilización
7.2.1	Calificación objetiva de normas de eficacia en los puntos críticos de control
8.	Desangrado
9.	Escaldado
9.1	Riesgos de contaminación
9.2	Tipos de escaldado
9.2.1	Escaldado mediante duchas
9.2.2	Escaldado por condensación
10.	Depilación /Eliminación de cerdas
10.1	Depilado o Rasurado de cerdas
11.	Gambreleado
11.1	Ganchos pendulares
11.2	Perchas de separación
11.3	Carril transportador de canales después del gambreleado
12.	Flageladora seca
13.	Flageladora húmeda

14. **Flameadora o Chamuscado**
15. **Lavado previo a la evisceración**
16. **Corte y Amarre de recto, desprendimiento de cuello**
17. **Apertura de la canal**
18. **Evisceración**
19. **Inspección Post-Mortem**
 - 19.1 Procedimiento General
 - 19.2 Inspección cervical
 - 19.3 Inspección visceral
 - 19.4 Inspección en riel o de la canal
 - 19.5 El sistema linfático en la inspección de carnes
 - 19.6 Topografía del sistema linfático del cerdo
 - 19.7 Inspección regular en cerdo
 - 19.8 Dictamen
20. **Lavado final de la canal**
 - 20.1 Lavado de vísceras
21. **Rendimiento de las Canales**
 - 21.1 Peso y clasificación de las canales
 - 21.2 FOM (Fat-O-Meater)
 - 21.3 Clasificación y designación del producto en México
22. **Refrigeración**
 - 22.1 Importancia de la cadena de frío en la carne fresca
23. **Transporte y Distribución de la carne**
24. **Glosario**

Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura

Duración: 30 horas

1. **Información General**
 - 1.1 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)
2. **Higiene Del Personal**
 - 2.1 Principios de la Higiene del Personal
 - 2.2 Vestimenta y herramientas de trabajo
 - 2.2.1 Cofia y cubrebocas
 - 2.2.2 Botas
 - 2.2.3 Mandiles de plástico
 - 2.2.4 Guantes de plástico
 - 2.2.5 Herramientas de trabajo
 - 2.3 Restricciones del personal.
 - 2.4 Conducta personal
 - 2.5 Supervisión
 - 2.6 Control de enfermedades
 - 2.6.1 Examen médico
 - 2.6.2 Enfermedades contagiosas y heridas
 - 2.6.3 Lavado de manos
 - 2.7 Capacitación y sensibilización del personal
 - 2.8 Costos de una práctica higiénica deficiente
3. **Diseño Sanitario para la Construcción y Mantenimiento**
 - 3.1 Construcción y Diseño del Establecimiento
 - 3.2 Edificio
 - 3.2.1 Consideraciones Generales
 - 3.3 Cimientos y Estructuras
 - 3.4 Pisos
 - 3.5 Pasillos
 - 3.6 Paredes
 - 3.7 Techos
 - 3.8 Ventanas y mallas
 - 3.9 Puertas y cortinas
 - 3.10 Iluminación
 - 3.11 Servicios para empleados
 - 3.12 Pintura y revestimientos
 - 3.13 Sistemas eléctricos
 - 3.14 Equipo
 - 3.14.1 Principios básicos de diseño sanitario de la maquinaria
 - 3.14.2 Materiales de fabricación
 - 3.14.3 Detalles sanitarios a considerar de los equipos de proceso
 - 3.14.4 Extractores de vapores y solventes
 - 3.14.5 Detectores de metales
4. **Equipo, Utensilios e Instalaciones Físicas y Sanitarias**
 - 4.1 Características de las Instalaciones
 - 4.1.1 Ventilación
 - 4.1.2 Tubería
 - 4.1.3 Suministro de agua
 - 4.1.4 Aguas residuales y Drenaje, Trampas de grasa
 - 4.1.5 Recipientes para la basura
 - 4.1.6 Manejo de desperdicios sólidos
5. **Procedimientos de Operación Estándar de Sanidad (POES)**

- 5.1 Desarrollo de POES
 - 5.1.1 Conceptos Generales de los POES
 - 5.1.2 Definición del POES
 - 5.1.3 Forma de abordar el desarrollo de los POES
 - 5.1.4 Objetivo de aplicar POES
 - 5.1.5 Definiciones importantes
 - 5.1.6 Diferencia entre las BPM y POES
 - 5.1.7 Origen de los POES
- 5.2 Pasos a seguir en el desarrollo de los POES
- 5.3 Procedimientos de Operaciones Estándares Sanitarios Específicos
- 5.4 Sanitización Pre-Operacional
 - 5.4.1 Contacto Directo
 - 5.4.2 Contacto Indirecto
 - 5.4.3 Sin contacto
- 5.5 Sanitización Operacional
- 6. Procedimientos de Monitoreo**
 - 6.1 Monitoreo de sanitización pre-operacional
 - 6.1.1 Identificación de la persona responsable de llevar a cabo las tareas de monitoreo
 - 6.1.2 Frecuencia de monitoreo
 - 6.1.3 Registros y Monitoreo de sanitización operacional
- 7. Acciones Correctivas / Preventivas Posteriores**
 - 7.1 Acciones correctivas (acciones inmediatas)
 - 7.2 Acciones preventivas (acciones a largo plazo)
- 8. Ejemplo Formato POES Pre-operacional, Contacto Directo Lavado y sanitizado de cintas transportadoras**
- 9. Control de Fauna Nociva**
- 9.1 **Introducción**
 - 9.1.1 Plaga o Fauna Nociva
 - 9.1.2 Daños ocasionados por las plagas
- 10. Diferencias comparativas entre la fumigación convencional y el manejo integrado de plagas**
- 11. Infraestructura del rastro**
 - 11.1 Exterior y Entorno
 - 11.2 Interior
- 12. Principales plagas en la industria alimentaria**
 - 12.1 Roedores
 - 12.1.1 Rata común (*Rattus Norvegicus*)
 - 12.1.2 Rata Negra (*Rattus Rattus*)
 - 12.1.3 Ratón casero (*Mus Musculus*)
 - 12.1.4 Técnicas y Métodos de control
 - 12.2 Insectos
 - 12.2.1 Moscas
 - 12.2.1.1 Ciclo de vida
 - 12.2.1.2 Hábitat y comportamiento
 - 12.2.1.3 Técnicas y Método de control
 - 12.3 Cucarachas
 - 12.3.1.1 Técnicas y Métodos de control
 - 12.4 Hormigas
 - 12.4.1.1 Técnicas y Métodos de control
 - 12.5 Aves
 - 12.5.1.1 Técnicas y Métodos de control
 - 12.6 Soluciones Generales para el Control de Plagas o Fauna Nociva
- 13. Requisitos Básicos**
 - 13.1 Diagnóstico de las Instalaciones e Identificación de Sectores de Riesgo
 - 13.2 Monitoreo
 - 13.3 Mantenimiento e Higiene (control no químico)
 - 13.4 Aplicación de Productos (control químico)
 - 13.4.1 Plaguicidas
 - 13.4.2 Normatividad Mexicana
 - 13.4.3 Normatividad EUA
 - 13.5 Verificación (control de gestión)
- 14. Personal encargado y requisitos para contratar una empresa en el control de plagas**
- 15. Implementación Del Plan**
- 16. Ejemplo del Manejo Integrado de Insectos Voladores**
- 17. Normatividad relacionada con Buenas Prácticas de Manufactura**
 - 17.1 Normatividad Mexicana
 - 17.2 Normatividad EUA; Unión Europea y Canadá
- 18. Glosario**

Módulo 4. Microbiología de la carne y Residuos Tóxicos Duración: 30 horas

1. Ecología Microbiana

- 1.1 Introducción
- 1.2 Clasificación de los Microorganismos
 - 1.2.1 Bacterias
 - 1.2.2 Mohos y Levaduras
 - 1.2.3 Protozoos

	1.2.4	Virus
1.3	Cinética Microbiana	
	1.3.1	Factores que afectan la rapidez de crecimiento
	1.3.1.1	Efecto de la temperatura
	1.3.1.2	Efecto del pH
2.	Factores que influyen en el crecimiento microbiano	
a.	Alimento	
b.	Temperatura	
c.	Humedad	
d.	Oxígeno	
e.	pH	
f.	Contenido en nutrientes	
g.	Sustancias inhibidoras	
3.	Microorganismos indicadores de inocuidad de alimentos	
3.1	Indicadores de la inocuidad de los alimentos	
3.2	Otros microorganismos indicadores	
4.	Factores que condicionan la respuesta de los microorganismos	
4.1	Factores Intrínsecos	
	4.1.1	pH y ácidos orgánicos débiles
	4.1.2	Actividad de agua
	4.1.3	Potencial de óxido-reducción (Eh)
	4.1.4	Factores de procesamiento
	4.1.4.1	Letalidad por acción de altas temperaturas
	4.1.4.2	Letalidad por irradiación
4.2	Factores Extrínsecos	
	4.2.1	Composición gaseosa del medio
	4.2.2	Temperatura
	4.2.2.1	Cámara Frigorífica
	4.2.2.2	Congelación
4.3	Factores Implícitos	
5.	Los microorganismos como agentes patógenos transmitidos por alimentos que afectan al hombre	
5.1	Procesos patológicos transmisibles por los alimentos: Infecciones e Intoxicaciones	
5.2	Respuestas patológicas a los alimentos	
	5.2.1	Infecciones
	5.2.2	Intoxicaciones
	5.2.3	Toxiinfecciones
5.3	Triada Epidemiológica	
6.	Otros agentes patógenos provenientes de los alimentos que afectan al hombre	
6.1	Agentes virales	
	6.1.1	Transmisión de Virus a través de los Alimentos
	6.1.1.1	Características Especiales
	6.1.1.1.1	Las partículas como formas transmisibles
	6.1.1.1.2	Infección viral
	6.1.2	Epidemiología de los Virus
	6.1.2.1.1	Transmisión entérica (fecal-oral)
	6.1.2.1.2	Los Alimentos como Vehículos para los Virus
	6.1.2.1.3	Los Virus que causan Enfermedades
	6.1.2.1.4	Virus Transmitidos a través de los Alimentos
	6.1.2.1.4.1	Virus de la hepatitis A
	6.1.2.1.4.2	Virus de Estructura Redondeada Causantes de Gastroenteritis
6.2	Agentes Parasitarios	
	6.2.1	Enfermedades Parasitarias de Origen Alimentario
	6.2.1.1	Protozoos
	6.2.1.2	Trematodos
	6.2.1.3	Cestodos
	6.2.1.4	Nematodos
7.	Los microorganismos como agentes de deterioro de alimentos	
7.1	Alimento deteriorado.	
7.2	Agentes causantes de deterioro	
7.3	Alimentos deteriorables.	
	7.3.1	Carne como alimento fácilmente deteriorable
	7.3.1.1	Definición de carne, Composición, Propiedades físicas y químicas
	7.3.1.2	Disponibilidad de oxígeno
8.	Ecología de la Flora Microbiana en carne	
8.1	Origen, evolución y control de la Microflora	
9.	Microorganismos patógenos, alterantes o de deterioro de la carne	
9.1	Microorganismos alterantes o de deterioro	
	9.1.1	Microorganismos alterantes de carne fresca
	9.1.2	Alteraciones sufridas en condiciones de aerobiosis
	9.1.3	Alteraciones producidas por microorganismos anaerobios
	9.1.4	Microorganismos en carne congelada
9.2	Microorganismos patógenos	
	9.2.1	Fuentes de contaminación y efecto del procesamiento
	9.2.2	Características de algunas bacterias patógenas implicadas en enfermedades transmitidas por productos cárnicos

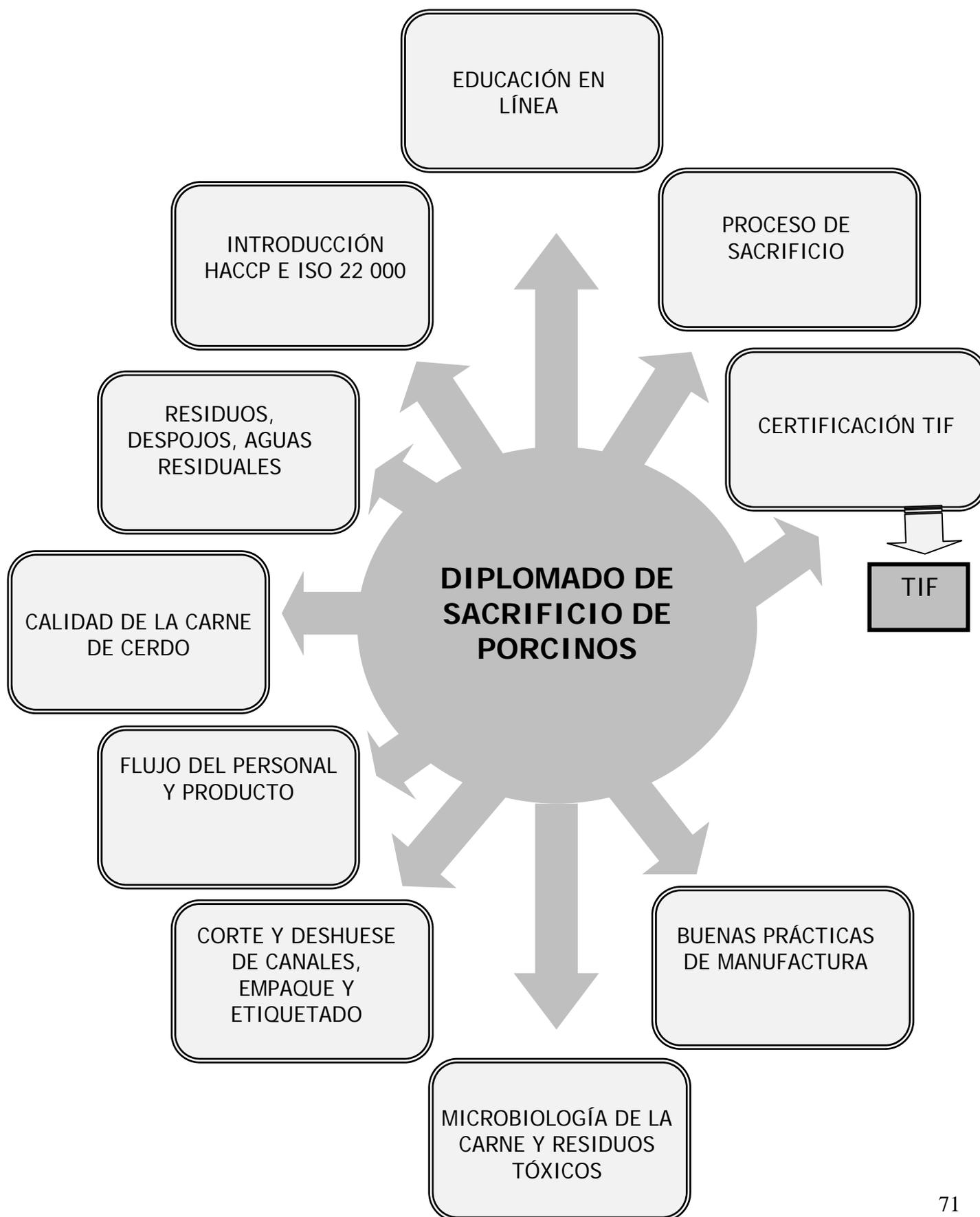
	9.2.2.1	Salmonella
	9.2.2.2	Campylobacter jejuni
	9.2.2.3	Yersinia enterocolitica
	9.2.2.4	Escherichia coli
	9.2.2.5	Clostridium perfringens
	9.2.2.6	Staphylococcus aureus
9.3	Agentes Parasitarios en Carne	
	9.3.1.1	Toxoplasmosis
	9.3.1.2	Taenia solium- cisticercosis
	9.3.1.3	Triquinosis
9.4	Agentes Virales en Carne	
10.	Mohos y levaduras de importancia en la carne	
11.	Fundamentos de la conservación de la carne	
11.1	Generalidades	
11.2	Métodos físicos	
	11.2.1	Efectos del frío sobre los microorganismos
	11.2.1.1	Refrigeración
	11.2.1.2	Congelación
	11.2.2	Gases conservantes
12.	Microbiología del agua	
12.1	El agua como vehículo de transmisión de microorganismos	
12.2	Análisis microbiológico del agua	
	12.2.1	Método del NMP
	12.2.2	Método de Cuenta Viable en Placa
13.	Técnicas de análisis microbiológico de alimentos.	
13.1	Generalidades sobre la toma de muestras y el análisis microbiológico	
13.2	Valores microbiológicos de referencia para los alimentos.	
13.3	Muestreo	
13.4	Métodos de recuento de microorganismos.	
	13.4.1	Recuento de microorganismos viables totales
	13.4.2	Métodos físicos para la detección de microorganismos
	13.4.3	Métodos químicos para la detección de microorganismos
	13.4.4	Métodos inmunológicos
	13.4.5	Examen de superficies
	13.4.6	Recuentos de mohos y levaduras
13.5	Detección de microorganismos indicadores	
14.	Residuos Tóxicos	
	14.1	Conceptos Básicos
	14.2	Residuos presentes en forma natural
	14.2.1	Metales pesados
	14.2.2	Micotoxinas
	14.3	Residuos causados por el hombre
	14.3.1	Plaguicidas
	14.3.2	Dioxinas
	14.3.3	Antibióticos
	14.4	Residuos tóxicos que se consideran dañinos para el humano
	14.4.1	Antibióticos
	14.4.2	Arsénico
	14.4.3	Residuos de antihelmínticos
	14.4.3.1	Benzimidazoles
	14.4.3.2	Avermectinas
	14.4.4	Cadmio
	14.4.5	Antimicrobianos (Cloranfenicol)
	14.4.6	Mercurio
	14.4.7	Plomo
	14.4.8	Anabólico (Diethylstilbestrol)
15.	Métodos de Análisis para el control de residuos	
16.	Criterios del Codex para el establecimiento de Límites Máximos De Residuos (LMR)	
	16.1	Micotoxinas
	16.2	Medicamentos de uso veterinario
	16.3	Plaguicidas
17.	Normatividad relacionada con detección de residuos tóxicos en carne	
18.	Residuos Tóxicos para el humano de acuerdo a al Normatividad estadounidense	
19.	Glosario	
Módulo 5. Corte y Deshuese de canales, Empaque y Etiquetado		
Duración: 20 horas		
1.	Corte y Deshuese de Canales	
	a.	Contaminación de la carne
	b.	Temperatura
	c.	Buenas Prácticas
	d.	Microbiología
	e.	Cortes Comerciales de cerdo
2.	Empaques	
	f.	Consideraciones básicas
	g.	Cualidades sanitarias de los materiales utilizados en la elaboración de empaques
	h.	Materiales más usados y su riesgo sanitario

2.3.1	Metal	
2.3.2	Vidrio	
2.3.3	Papel y Cartón	
2.3.4	Películas y envolturas comestibles	
2.3.5	Plásticos	
2.3.5.1	Tipos de plásticos de interés	
2.3.5.2	Propiedades de los plásticos	
2.3.6	Empaques de alta barrera	
2.3.6.1	Materiales de Empaque de Alta Barrera	
2.3.6.1.1	Materiales externos	
2.3.6.1.2	Materiales internos	
2.3.6.1.3	Materiales de barrera	
2.3.6.1.4	Nylon amorfo	
2.3.6.1.5	Absorbedores de O ₂	
i.	Criterios para la elección de un envase	
j.	Legislación en el área de materiales y empaques para alimentos	
2.5.1	Legislación Americana (FDA)	
2.5.2	Legislación europea (UE)	
2.5.3	Legislación MERCOSUR	
k.	Nuevas tecnologías	
2.6.1	Envasado al vacío y en atmósferas modificadas	
2.6.1.1	Efectos favorables	
2.6.2	Sistemas de envasado "activo" e "inteligente"	
2.6.3	Irradiación a empaques	
3.	Etiquetado	
l.	Trazabilidad	
m.	Legislación sobre Etiquetado	
3.2.1	Legislación Americana y de la Unión Europea	
3.2.2	Legislación Mexicana	
4.	Etiquetado, Empaque Y Embalaje de carne	
4.1	Introducción	
4.2	Función del empaque	
4.3	Cambios Oxidativos	
4.4	Tipos de Empaque	
4.5	Materiales de Empaque	
4.6	Sistema de Empaque	
4.7	Empaque al vacío	
4.7.1	Cortes primarios envasados a vacío	
4.8	Embalaje	
4.9	Requisitos generales con los que debe contar una etiqueta para productos cárnicos	
5.	Glosario	
Módulo 6. Flujo del Personal y Producto		
		Duración: 10 horas
1.	Contaminación Cruzada	
1.1	Zona limpia o sucia	
2.	Flujo del personal	
2.1	Instalaciones para empleados	
2.1.1	Lavandería	
2.1.2	Casilleros	
2.1.3	Vestidores	
2.1.4	Regaderas	
2.1.5	Excusados	
2.1.6	Lavabos	
2.1.7	Comedor	
2.2	Flujo de los Visitantes	
3.	Flujo del Producto	
3.1	Contaminación Cruzada en relación al flujo del producto	
4.	Mecanismos de prevención de contaminación cruzada	
5.	Glosario	
Módulo 7. Calidad de la carne de cerdo		
		Duración: 30 horas
1.	Introducción	
1.1	Calidad de alimentos de origen animal	
1.2	Calidad de la carne	
2.	El músculo estriado	
2.1	Estructura e histología	
2.2	Tipos de músculos	
2.3	Haces musculares	
2.3.1	Estructura del tejido muscular esquelético	
2.4	Composición química	
2.4.1	Agua	
2.4.2	Proteínas	
2.4.3	Grasas	
2.4.3.1	Factores que influyen en la cantidad y composición de la grasa	
2.4.4	Vitaminas	
2.4.5	Minerales	
2.4.6	Otros componentes	

2.5 Características de la calidad del músculo			
2.5.1 Capacidad de retención de agua			
2.5.2 pH			
2.5.3 Rigor mortis			
3. Cambios bioquímicos pre y post-mortem			
3.1 Mecanismos de Abastecimientos de Energía			
3.1.1 Glucólisis			
3.2 Establecimiento de Rigor Mortis y Cambios Post-Mortem			
3.2.1 Etapa Pre-Rigor			
3.2.2 <i>Rigor Mortis</i>			
3.2.3 Resolución de la Rigidez Cadavérica			
4. Enzimología de la maduración			
4.1 Maduración			
4.2 Enzimas Endógenas del Músculo			
5. Cadena Productiva			
5.1 Producción o Manejo en Granja			
5.2 Proceso de Obtención de la Carne			
5.2.1.1 Ayuno previo al sacrificio			
5.2.1.2 Reposo			
5.2.1.3 Transporte			
5.2.1.4 Insensibilización			
5.2.1.5 Desangrado			
5.2.1.6 Escaldado			
5.2.1.7 Evisceración			
5.2.1.8 Refrigeración			
5.2.1.8.1 Cambios físicos			
5.2.1.8.2 Modificaciones químicas y bioquímicas			
5.2.1.8.3 Modificaciones microbiológicas			
6. Factores que afectan la calidad sensorial de la carne			
6.1 pH			
6.1.1 Velocidad en la caída del pH			
6.1.2 pH y microorganismos			
6.2 Color			
6.2.1 Aspectos Químicos y Bioquímicos del color de la carne			
6.2.2 Aspectos Físicos del color de la carne			
6.2.3 Microorganismos			
6.3 Aroma y Sabor			
6.3.1 Precursores del aroma de la carne			
6.3.2 Factores que modifican la formación del aroma de la carne			
6.3.2.1 Efecto del pH			
6.3.2.2 Efecto del manejo Post-mortem			
6.3.2.3 Efecto de la Temperatura			
6.4 Propiedades funcionales y textura			
6.4.1 Propiedades Funcionales			
6.4.1.1 Retención De Agua			
6.4.1.2 Solubilidad			
6.4.1.2.1 Hidratación			
6.4.1.2.2 Gelificación			
6.4.1.2.3 Emulsificación			
6.5 Textura			
6.5.1 Textura en carne para consumo directo			
6.5.1.1 Efecto de las etapas ante-mortem			
6.5.1.2 Efecto de las etapas post-mortem			
6.6 Síndrome de Stress Porcino			
6.6.1 Manifestaciones Clínicas			
6.7 Carne Pálida, suave y exudativa (PSE) y carne, oscura, firme y seca (DFD)			
6.7.1 Carne Pálida, suave y exudativa (Pale, Soft and Exudative (PSE))			
6.7.2 Carne oscura, firme y seca (Dark, Firm and Dry (DFD))			
7. Defectos y alteraciones de la carne			
7.1 Hematomas y Lesiones			
8. Clasificación Comercial de Carne Porcina			
9. Métodos para la evaluación de canales			
10. Glosario			
Módulo 8. Residuos, despojos y Aguas residuales del Proceso de Sacrificio de Porcinos			
Duración: 10 horas			
1. Introducción			
1.1 Consumo de agua potable			
2. Descripción y consumo de agua en las diferentes etapas del proceso			
2.1 Recepción y manejo del ganado (Inspección <i>ante-mortem</i>)			
2.2 Aturdimiento o insensibilización y sacrificio			
2.3 Proceso de rasurado (depilado)			
2.4 Inspección <i>post-mortem</i> y procesamiento de vísceras			
2.5 Lavado de la canal			
2.6 Limpieza de las instalaciones			
2.7 Descarga de aguas residuales			

<ul style="list-style-type: none"> 3. Consumo de agua dentro de los rastros <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Procedencia del agua 3.2 Vertido de aguas residuales 4. Desechos sólidos <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Plantas de rendimiento 4.2 Aspectos regulatorios 5. Destino de los decomisos y de la sangre <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Normatividad 6. Métodos para el control de la contaminación <ul style="list-style-type: none"> 6.1 Control de la contaminación atmosférica 6.2 Control de la contaminación por residuos sólidos 6.3 Control de la contaminación de efluentes líquidos 7. Medidas de prevención de la contaminación 8. Glosario 	
Módulo 9. Breve introducción al HACCP e ISO 22000 Duración: 10 horas	
<ul style="list-style-type: none"> 1. Introducción a los Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos <ul style="list-style-type: none"> 1.1 El concepto HACCP 1.2 Origen del HACCP 1.3 Origen de HACCP en la Industria Cárnica 1.4 ¿Porqué implementar HACCP? 1.5 ¿Qué debe hacerse antes de desarrollar un Plan HACCP? 1.6 Desarrollo del Plan HACCP <ul style="list-style-type: none"> 1.6.1 Definiciones 1.7 Etapas para la elaboración del plan HACCP <ul style="list-style-type: none"> 1.7.1 Formación del equipo HACCP 1.7.2 Descripción del Producto y su Distribución 1.7.3 Descripción el Uso y los Consumidores del producto 1.7.4 Desarrollo del Diagrama de Flujo que describe el Proceso 1.7.5 Verificación del diagrama de flujo 2. Los 7 Principios de HACCP 3. Aplicación de HACCP en la Industria Cárnica <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Sistemas de Inspección de Carnes Basados en el Riesgo 3.2 Identificación del Peligro Microbiológico 3.3 CFR 4. Modelo HACCP general para el sacrificio de Porcinos por USDA 5. Beneficios de la Implementación de HACCP 6. ISO 22000 <ul style="list-style-type: none"> 6.1 Contenido de la Norma ISO 22000 7. Glosario 	
EJERCICIOS	

6.4 Propuesta de Contenido de Módulos del Diplomado en Sacrificio de Porcinos



Módulo 1. Introducción al Sistema TIF

- 1. Conceptos Básicos de Higiene Alimentaria**
 - 1.1 Importancia de la alimentación adecuada para la salud y el desarrollo
 - 1.4 Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA´s)
 - 1.2.1 Situación y efectos de las ETA´s
 - 1.2.2 Principales ETA´s por microorganismos
 - 1.2.3 ETA´s causadas por peligros físicos y químicos
 - 1.2.4 Situación de las ETA´s en México
 - 1.5 Inspección de los alimentos
- 2. Sistema Tipo Inspección Federal**
 - 2.1 Historia del Sistema Tipo Inspección Federal (TIF)
 - 2.2 Ventajas
 - 2.3 Beneficios al consumidor
- 3. Marco Legal Mundial de la Inocuidad**
- 4. Marco Legal Nacional**
 - 4.1 Orden jerárquico nacional
 - 4.2 Normatividad del Sistema TIF
 - 4.3 Las Normas Oficiales Mexicanas
- 5. Exportaciones**
- 6. Responsabilidad del Médico Veterinario en Establecimientos de Sacrificio**
 - 6.4 Médicos Veterinarios en México
 - 6.5 Inspectores de USDA-FSIS
 - 6.6 Supervisiones del Médico Veterinario
- 7. Glosario**

1. Conceptos Básicos de Higiene Alimentaria

1.1 Importancia de la alimentación adecuada para la salud y el desarrollo

La población humana crece rápidamente lo que exige un incremento constante en la producción de alimentos. La disponibilidad de alimentos presenta una desigual distribución entre países ricos y pobres. Mientras en los primeros se presentan problemas de salud por los excesos, en los segundos el hambre y desnutrición son padecidas por grandes segmentos de la población. Además de la cantidad de alimentos, la proporción de nutrientes en relación con las necesidades es de gran importancia. La dieta debe estar correctamente equilibrada desde el punto de vista nutricional., pues su función es la de aportar todos los elementos de materia y energía necesarios para la vida. Por otra parte el consumidor también debe tener el derecho a que le brinden productos que no le provoquen ningún daño, de esta manera ha surgido el concepto de seguridad e inocuidad alimentaria.¹⁴

Según la Food and Agriculture Organization (FAO): "Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias". La seguridad alimentaria implica el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Una oferta y disponibilidad de alimentos adecuados
- La estabilidad de la oferta sin fluctuaciones ni escasez en función de la estación del año
- El acceso a los alimentos o la capacidad para adquirirlos
- La buena calidad e inocuidad de los alimentos.

En los países de la Unión Europea y de Occidente en general, las tres primeras premisas se alcanzan de forma generalizada, salvo excepciones, por lo que es el último punto, el que se refiere a la inocuidad de los alimentos, el que cobra relevancia y protagonismo y al que van dirigidas todas las políticas de control sanitario. Entonces, se puede decir que tanto en México como en Europa y en demás países, el término "Seguridad Alimentaria" hace referencia únicamente a los problemas de inocuidad de los alimentos. Es decir, las políticas gubernamentales, las medidas de control, los procesos que se siguen, pretenden alcanzar el que todo alimento que llega al consumidor, sea un alimento inocuo, libre de contaminaciones que supongan una amenaza para la salud.

Un alimento inocuo garantiza que no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido, de acuerdo con los requisitos higiénico-sanitarios, que se verán más adelante en el desarrollo del Diplomado. Según lo establece el Codex Alimentarius [http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp] (el código que reglamenta la calidad e inocuidad de los alimentos) un alimento se considera contaminado cuando contiene: agentes vivos (virus o parásitos riesgosos para la salud); sustancias químicas tóxicas u orgánicas extrañas a su composición normal y componentes naturales tóxicos en concentración mayor a las permitidas.

1.2 Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA's):

Las ETA's son síndromes originados por la ingestión de alimentos o agua, que contienen agentes etiológicos en cantidades tales que afectan la salud del consumidor a nivel individual o grupos de población, es decir, no son inocuos. En el primer caso se habla de un caso, mientras que en el segundo se considera como brote, el que se define de la siguiente manera¹⁷:

"Episodio en el cual dos o más personas presentan una enfermedad similar después de ingerir alimentos, incluida el agua del mismo origen y donde la evidencia epidemiológica o el análisis de laboratorio implica a los alimentos y/o agua como vehículos de la misma".

Las ETA's pueden ser causadas por peligros microbiológicos, físicos o químicos. Las Enfermedades de Transmisión Alimentaria son y han sido asociadas al consumo de peligros microbiológicos como bacterias patógenas, biotoxinas, virus, parásitos; peligros físicos como vidrio, madera y metal; y diversos peligros químicos, entre los contaminantes químicos de los alimentos se cuentan con contaminantes ambientales, como el mercurio y el plomo, aditivos alimentarios, plaguicidas y medicamentos veterinarios. Los tres peligros en los alimentos representan una grave amenaza para la salud de millones de personas en el mundo.^{26,27}

En países industrializados, donde las ETA's son monitoreadas a través de sistemas de vigilancia, se han registrado en el 30% de la población incidencia de enfermedades provocadas por microorganismos transmitidos principalmente por los alimentos, como *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp, Clostridium y el virus de Hepatitis A cada año^{26,27}.

Su naturaleza y grado de riesgo es objeto de una cantidad cada vez mayor de información, sin embargo faltan datos reales acerca de la frecuencia de su presentación y los alimentos que sirven de vehículo para

el agente ¹⁸. Hasta ahora se han identificado no menos de 250 enfermedades transmitidas por alimentos ²⁰. Existe la preocupación sobre el incremento en el número de afectados por las ETA, entre los factores que intervienen en la cada vez mayor frecuencia de casos y brotes, se encuentran los siguientes ^{19, 20}:

- Cambios en los hábitos de alimentación.
- El aumento del intervalo entre el procesamiento de los alimentos y su consumo.
- Patógenos emergentes.
- Resistencia de algunos agentes a los antibióticos.
- Introducción de patógenos en países o regiones donde no existía.
- Aumento en la edad promedio de la población.

Por lo anterior, puede asumirse que el intercambio comercial y el desarrollo de nuevos productos incrementan el riesgo de presentación de ETA's.

1.2.1 Situación y efectos de las ETA's.

Se ha calculado que cada año mueren 1.8 millones de personas como consecuencia de enfermedades diarreicas, cuya causa puede atribuirse en la mayoría de los casos a la ingesta de agua o alimentos contaminados. Más de 200 enfermedades conocidas se transmiten a través de los alimentos. ¹⁶ El costo de los 11500 casos diarios estimados de intoxicación por alimentos en Australia ²⁷ fue calculado en \$2.6 mil millones de dólares australianos por año (Organización Mundial de la Salud). En EUA se estima que cada año se presentan 76 millones de casos, aunque la mayoría son casos que no tienen mayor complicación, se estima que 325 000 pacientes requieren de hospitalización y 5000 mueren ²⁰. Se ha establecido que los grupos de población más susceptibles incluyen a las mujeres embarazadas, los niños y los ancianos. Desde el punto de vista del impacto económico, las ETA's causadas solo por los principales patógenos en EUA en 1997 costaron por concepto de atención médica y pérdida de productividad \$35 000 millones de dólares. En un estudio hecho en Inglaterra y Gales en 1996, se calculó que las ETA's de origen microbiano tuvieron un costo en atención médica y valor de vidas perdidas de entre 300 y 700 millones de libras ¹⁸.

1.2.2 Principales ETA's por microorganismos

Salmonelosis: es la enfermedad causada por ETA's en la mayoría de los países. La enfermedad que ocasiona la *Salmonella* (Salmonelosis) presenta los siguientes síntomas: fiebre, dolor de cabeza, náuseas, vómito, diarrea y calambres abdominales. Ejemplos de alimentos que involucran brotes de salmonelosis son huevos, aves y otras carnes, leche bronca y chocolate. ¹⁹

Campylobacterdosis: Es la enfermedad bacteriana más comúnmente identificada causante de la enfermedad diarreica en el mundo. *Campylobacter* es un microorganismo patógeno que ocasiona fiebre, náusea, diarrea y dolores abdominales. Estas bacterias viven en los intestinos de aves saludables y la mayor parte de la carne de pollo cruda contiene *Campylobacter*. El pollo insuficientemente cocinado u otro alimento que ha sido contaminado por los jugos que gotean de pollo crudo es la fuente más frecuente de esta infección. ¹⁹

Enfermedades enterohemorrágicas causadas por *E. coli* O157:H7: Esta enfermedad se caracteriza por el consumo de alimentos o agua que ha sido contaminada con cantidades microscópicas de heces. Los síntomas que ocasiona es una diarrea aguda y sanguinolenta, dolores abdominales, sin mucha fiebre. En 3% a 5% de los casos, puede ocurrir una complicación llamada síndrome urémico hemolítico (HUS) varias semanas después de los síntomas iniciales. Esta complicación aguda incluye anemia temporal, abundante sangrado y falla renal. ¹⁹

Cólera: es el mayor problema de salud en países en desarrollo, como México, causando grandes pérdidas económicas. La enfermedad es causada por la bacteria *Vibrio cholerae*. Además del agua, alimentos contaminados son vehículos de infección. Diferentes alimentos, incluyendo arroz, vegetales, alimentos del mar han representado brotes de cólera. Los síntomas, incluyendo dolor abdominal, vómito y diarrea, pueden llevar a una severa deshidratación y la posibilidad de muerte. ¹⁹

1.2.3 ETA's causadas por peligros físicos y químicos

En los alimentos pueden existir contaminantes que se definen como aquellas sustancias que no se adicionan intencionalmente a los mismos. Estas sustancias pueden estar presentes en el alimento como resultado de las diferentes etapas de su producción, transporte o almacenamiento. También pueden ser el resultado de una contaminación medio ambiental (dioxinas y metales pesados como cadmio, mercurio y plomo) las cuales se explicaran brevemente. ²⁸

Contaminantes orgánicos persistentes (POPs, siglas en inglés): son compuestos que se encuentran acumulados en el medio ambiente y el humano. Dentro de este grupo se encuentran las Dioxinas y los PCB's (Policlorados Bifenilos). Las dioxinas y los PCB's pertenecen a un grupo de compuestos químicamente relacionados. Los PCB han sido asociados con tumores hepáticos y propuestos como promotores de cáncer.^{19, 28} Las dioxinas y los PCBs se hallan presentes en niveles bajos en todo el mundo y prácticamente en todos los alimentos, pero especialmente en productos lácteos, carne, pescado y mariscos. Para mayor información consultar el Módulo 4. Microbiología de la carne y Residuos Tóxicos.

Metales: como cadmio, mercurio y plomo causan daños neurológicos en niños y ancianos. Se han informado consecuencias serias cuando se ingieren alimentos contaminados con metales tóxicos como plomo, cadmio o mercurio. Para sustancias químicas como el plomo, la exposición humana se da realmente a través múltiples medios, incluyendo aire, agua, suelo y alimentos y la exposición a mercurio, ocurre a través de vías muy limitadas. Debido a que la exposición al mercurio, en la forma de metilmercurio, se da principalmente a través del pescado.^{19, 29}

1.2.4 Situación de las ETA's en México

En nuestro país, el reporte de ETA's ha tenido dos variantes, en la primera que abarca hasta el año 2002, se reportaban los brotes de ETA's, a partir de ese año se llevó a cabo una modificación en la clasificación de enfermedades, por lo que los anuarios del Sector Salud presentan datos sobre "infecciones intestinales por otros microorganismos y las mal definidas", "Paratifoidea y otras salmonelosis", "intoxicación alimentaria bacteriana" y "salmonelosis". A continuación se presentan datos que permiten tener una idea de la frecuencia de este grupo de enfermedades en México.¹⁷

Tabla 1. Reporte de casos de ETA en México entre 1980-1996^{21,22}

Año	No. de brotes	No. de afectados	No. fallecidos	Algunos alimentos involucrados y número de brotes	Agentes reportados y número de brotes
1980-1989	314	12 344	384	No reportado	No reportado
1994	44	4986	17	Carne (14) Pollo (10) Cereales (10) Agua (8)	<i>E. coli</i> (9) <i>Salmonella</i> (5) <i>S. aureus</i> (3)
1995	52	2686	46	No reportado	<i>Salmonella</i> (11)
1996	146	3664	23	Carnes (12)	<i>E. coli</i> (7) <i>S. aureus</i> (3) Virus (6) Químicos (6) Toxinas (5) No reportado

En 2000 el Sistema Regional de Información para la Vigilancia de las ETA's, informó que en México se habían enfermado 54 personas por el consumo de carne y 469 por el consumo de carne de ave, sin fallecimientos.¹⁷ Con la nueva clasificación de enfermedades, para el año 2005 se presentaron 4 765 567 casos de infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas y 40 599 por intoxicación alimentaria bacteriana.²⁴

En un trabajo enfocado a la detección de *Salmonella* en servicios de salud, Gutiérrez y col. obtuvieron 24 394 aislamientos, de los que 15843 (64.9%) fueron de origen humano y 8551 (35.1%) de origen animal, el 57.6% procedían de alimentos, el 4.5% de agua y el 37.9% de muestras ambientales.²⁵ En el caso de los aislamientos procedentes de alimentos el 51% fueron de alimentos preparados, el 23% de productos cárnicos y el 22% de carne.

Es importante considerar que los datos nacionales y extranjeros, presentados no representan la totalidad de los casos, según la OMS el número de casos es de 300 a 350 mayor que el reportado (OMS), entre las causas de este subregistro se encuentran:

- Muchas ETA's que ocasionan signología digestiva se confunden con otras enfermedades.
- Muchas ETA's se autolimitan rápidamente.
- Los periodos de incubación son muy variables y en ocasiones el paciente no puede asociar la enfermedad con la causa.
- En menos del 50% de los casos se identifica al agente.
- En algunos países solo el Sector Salud está, obligado a reportar los casos.

- En muchos países existe una gran tendencia a la automedicación, por lo que muchos casos no pasan por médicos.

La poca higiene de los alimentos asociada con el insuficiente control oficial, el manejo antihigiénico y el clima tropical, común en países como México, favorece la proliferación de microorganismos tanto de descomposición como patógenos, propiciando la aparición de enfermedades por consumo de alimentos contaminados. México es un país que ostenta un bajo nivel de escolaridad general por lo que la educación sanitaria presenta niveles ínfimos. De igual manera, otros factores regionales complican la problemática: carencia de sistemas de saneamiento básico, aporte de agua potable, carencia de tratamiento de aguas residuales, deficiente manejo de desechos, entre otros muchos. El costo social de esta situación asociada al inadecuado aporte de alimentos en calidad y cantidad suficientes que impiden el desarrollo del país.¹⁴ A diferencia de EUA en donde existe información y material sobre ETA's en diferentes Idiomas, incluyendo el español, disponibles en la página de la FSIS

[http://www.fsis.usda.gov/en_espanol/Otros_Recursos/index.asp] en donde se busca que tanto consumidores como profesionistas o empresas que se dedican a la producción de alimentos estén concientes de las medidas que habrá que tomarse para evitar y prevenir las Enfermedades de Transmisión por Alimentos.

En conclusión, las ETA's son un serio problema de Salud Pública del que conocemos una parte pequeña y cuyas consecuencias incluyen además del problema de salud de las personas afectadas, también reducciones en la productividad. En el caso de las industrias la afectación puede incluir la pérdida del posicionamiento de la marca con la subsecuente pérdida económica, por lo que éstas deben tomar medidas para reducir hasta donde sea posible la contaminación de sus productos.

1.3 Inspección de los alimentos

Los alimentos de mayor valor biológico para el hombre son los de origen animal: leche, carne, huevo, pescado, miel, etc. y los derivados de éstos, pero además de ser los de mayor importancia nutricional son, al mismo tiempo, los de mayor riesgo potencial en la producción de enfermedades por ser el sustrato ideal para la proliferación de agentes patógenos. El dictamen sobre la aptitud para el consumo humano de este grupo de alimentos es competencia del medico veterinario o carreras a fin con la inocuidad alimentaria, porque el conocimiento de los alimentos implica el conocimiento de los animales proveedores, así como de los procesos de obtención y las modificaciones de las características originales de los productos inducidas por procedimientos tecnológicos. Así pues, se requiere aplicar de manera especializada conceptos de las disciplinas medico-veterinarias como farmacología, microbiología, anatomía, bioquímica, fisiología, patología, industrias animales, etc., observando la transparencia de acciones a lo largo de toda la cadena de producción. La inspección sanitaria de alimentos tiene por objetivo prevenir al consumidor riesgos y fraudes y debe efectuarse en todos los niveles de la cadena alimenticia.¹ La inspección de animales de abasto y carnes es una de las actividades principales de control sanitario. Los principios fueron elaborados por la FAO en 1974 con el nombre de "Estándares de Servicios Veterinarios", posteriormente grupos conjuntos FAO/OMS trabajaron en la Comisión del Codex Alimentarius [http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp], que es el cuerpo internacional especializado en normas alimentarias para protección al consumidor, dando la pauta para regulaciones en la materia de varios países.¹⁴

El área prioritaria que justifica los servicios oficiales de salud pública veterinaria es el de la protección de alimentos ligada a zoonosis. Entre las razones principales para que los países instrumenten actividades de higiene y vigilancia alimentaria se encuentran: incremento de ETA's, sobre todo en países en desarrollo, elevadas pérdidas por deficiente manejo y conservación, competencia desleal de comerciantes fraudulentos. Es creciente la preocupación mundial sobre la inocuidad de alimentos, generada por una amplia variedad de incidentes en los que estuvieron involucrados agentes patógenos que contaminaron a gran escala los alimentos causando serios efectos en la salud humana. Las formas tradicionales de control sanitario de alimentos deben ser reforzadas o sustituidas por sistemas modernos más eficientes. La inspección visual de carnes, aunque importante en países como el nuestro, donde prevalecen patologías detectables en inspección rutinaria, no protege contra numerosos riesgos asociados con la carne y las vísceras.^{1,14}

2. Sistema Tipo Inspección Federal

Hoy en día México cuenta con diferentes centros de sacrificio para ganado: plantas Tipo Inspección Federal (TIF), rastros municipales, rastros particulares y mataderos clandestinos. Un problema que

actualmente afecta a nuestra salud es el sacrificio de ganado realizado en rastros municipales que suelen tener deficiencias en equipos, instalaciones y capacitación de su personal para el cuidado de la higiene del alimento en sus procedimientos.¹⁵

Por otra parte, las plantas TIF cumplen con los estándares de calidad internacional en sus procesos ya que cuentan con excelente infraestructura, materias primas, tecnología y equipos de trabajo muy eficientes, los cuales están capacitados para llevar a cabo un adecuado manejo de la carne y evitar contaminación de la misma. Adicionalmente a esto cuentan con el desarrollo de Buenas Prácticas de Manufactura, POES y otras actividades encaminadas a evitar la contaminación del producto, por ejemplo, contar con instalaciones y medidas de higiene como lavabos, uso de mandiles, overoles, batas, botas, cubrebocas y cofias o cascos, mismos que están bajo un estricto control de normas higiénico-sanitarias. Las plantas TIF llevan un control adecuado y un programa de manejo de lavado de la planta con materiales químicos que están separados completamente del producto, y efectúan un control mensual bacteriológico y fisicoquímico al agua potable utilizada en la planta; además de control de fauna nociva y la desinfección periódica de la planta.¹⁵

Como ya se menciono el sistema de inspección Tipo Inspección Federal (TIF), es un sistema encaminado a reducir peligros en los alimentos para ofrecer productos inocuos que ostentan la certificación TIF. Para obtener la certificación TIF es necesario cumplir con un conjunto de normas de control de inocuidad y calidad, que ejerce el Gobierno Federal a través de la Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Estas normas oficiales buscan certificar, entre otros, la construcción de las instalaciones, su conservación e higiene; los procedimientos de inspección de los productos comestibles, así como de la maquinaria, equipo e implementos que se utilizan en cada uno de los procesos que se realizan para obtener carne, productos cárnicos y alimentos que se procesan en los establecimientos TIF.

Las normas oficiales mexicanas a las cuales los establecimientos TIF se tienen que apegar son la NOM-008-ZOO-1994^{9,11} y NOM-009-ZOO-1994¹⁰, las cuales marcan la pauta para construir y equipar los establecimientos y procesar la carne. Y la NOM-033-ZOO-1995¹² la cual establece el sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

En resumen, las características que deben tener unas instalaciones certificadas TIF son las siguientes. En este módulo se realiza una pequeña introducción pero conforme se avance en el Diplomado se irán ahondando en cada punto.

1.- Proceso:

- Las instalaciones y equipo deben ser de materiales que no provoquen contaminación a los productos durante su proceso, por ejemplo, los equipos donde tiene contacto directo el producto, deben ser de acero inoxidable y de diseños que permitan su limpieza y desinfección.
- Diseño sanitario que permita un flujo tanto del personal como del producto, adecuado y sin retrocesos para evitar contaminación del producto final. Así como instalaciones que faciliten las Buenas Prácticas de Manufactura como lo son paredes, techos, puertas y pisos de superficies redondeadas y lisas garantizando que no acumulen agua en el piso o contaminantes. Además de no existir comunicación directa con el exterior para evitar contaminaciones.
- Dentro del diseño sanitario se sugiere que exista suficiente iluminación, sobre todo en los puntos de inspección de productos. (Ver Módulo 2. Proceso de sacrificio de cerdos).

2.- Sacrificio:

- Para el sacrificio de las diferentes especies, se requiere del equipo apropiado para que éste se lleve a cabo con un trato humanitario a los animales.
- Instalaciones donde facilite la inspección a las canales y sus partes.
- Instalaciones que faciliten las Buenas Prácticas de Manufactura.
- Instalaciones con flujos adecuados sin retrocesos para evitar contaminación.

(Ver Módulo 2. Proceso de sacrificio de cerdos).

3.- Almacenamiento:

- Las cámaras de almacenamiento, deben contar con pisos, techos y muros de fácil limpieza y desinfección, por la misma razón que la descrita en el Proceso.
- Se sugiere que los sistemas de desagüe deben estar conectados directamente al drenaje, con la finalidad de evitar contaminaciones.
- Las temperaturas de refrigeración deben permanecer entre 0°C y 4°C., mientras que las temperaturas de las cámaras de congelación deben ser de -18°C.
- Los productos deben permanecer en tarimas y separados de las paredes mínimo 30 cm.

▪ Los productos deben acomodarse de tal forma que permita una buena circulación de aire para mantener la conservación de las canales o productos finales. (Ver Módulo 2. Proceso de sacrificio de cerdos).

4.- Manejo:

El manejo del producto debe realizarse cuidando no romper la cadena fría, no se debe golpear el producto para evitar ruptura de los empaques, en el caso de productos finales y que van directo al consumidor, y así evitar contaminaciones. Las canastillas donde se coloca el producto deben lavarse y desinfectarse antes de colocar los productos a transportar aunque éstos vengan protegidos con su empaque. (Ver Módulo 2. Proceso de sacrificio de cerdos).

5.- Empaque:

El área donde se realizan el empaque debe contar con una temperatura controlada no mayor a los 10°C, debe contar con equipos especializados de empaque, la mayoría de los procesadores utilizan empaque al alto vacío con bolsa termo encogible, otros utilizan empaque de atmósfera controlada y muy pocos utilizan radiaciones.

Se debe garantizar que los empaques son inocuos para el producto y que los equipos utilizados para empacar los productos sean de materiales de fácil limpieza y desinfección. (Ver Módulo. 5 Corte y Deshuese de canales, Empaque y Etiquetado).

6.- Transporte:

El transporte debe contar con equipos de refrigeración o congelación que garanticen que no se pierda la cadena fría. Los materiales del interior deben ser lisos, se deben lavar y desinfectar antes de meter los productos a transportar. Se debe realizar una inspección a los productos que se van a transportar, para poder elaborar un Certificado Zoosanitario de Movilización, el cual para poder elaborarse, se debe dar cumplimiento en el producto elaborados de las Normas de Construcción y equipamiento (NOM-008-ZOO-1994), Proceso Sanitario de la Carne (NOM-009-ZOO-1994), Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres (NOM-033-ZOO-1995) y dependiendo de la especie se deben atender las Normas específicas para movilizar los productos y subproductos de origen animal. (Ver Módulo 2. Proceso de Sacrificio de cerdos).

2.1 Historia del Sistema Tipo Inspección Federal (TIF)

El Sistema TIF se establece formalmente en 1947, a raíz de la aparición de la Fiebre Aftosa en México. Sin embargo, la industria empacadora de carnes en México data de fines de 1900. El Sistema tiene como finalidad garantizar la calidad higiénico, sanitaria e inocuidad de los productos cárnicos que se manejan en los establecimientos TIF. El objetivo principal de la inocuidad agroalimentaria o alimentaria, es la de reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos. Las exportaciones a EUA de carne congelada procedente de plantas TIF, se inicia a principios de los 50's. En Enero de 1979, México pierde la elegibilidad para exportar carne a EUA y esto es por no cumplir con un Programa de Control de Residuos Tóxicos en los productos cárnicos que se exportan a ese país; se toman todas las medidas correctivas necesarias para establecer este programa de monitoreo, sin embargo, nuevamente en 1984 se pierde la elegibilidad de México como país exportador y después de varios años de trabajo se vuelve a obtener esa acreditación o este reconocimiento del Sistema TIF por parte de EUA, lo cual es publicado en el Diario Oficial de EUA en 1988, siendo México un país elegible de exportar a EUA. Si México no cumple con las regulaciones que establecen los países compradores, y en este caso EUA que es nuestro principal comprador de productos cárnicos, podemos en un momento dado estar susceptibles a perder esa elegibilidad para exportar a ese país.³

El marco legal que actualmente se ejerce sobre las plantas TIF, es la Norma 008-ZOO-1994, que establece las especificaciones para la construcción y equipamiento de las plantas o de los establecimientos que se dedican al sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de los productos cárnicos, así como la Norma 009-ZOO-1996, que establece los procesos sanitarios de la carne; la Norma 033-ZOO, relativa al sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres, así como el Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne y la Ley Federal de Salud Animal.^{2,3}

A todo esto, la pregunta más importante es: **¿y cuáles son los beneficios de ser TIF?** Los posibles beneficios que ofrece la "Certificación TIF", cuya tarea es multiplicar los establecimientos bajo el esquema del "Sistema de Inspección Federal" y así disminuir los riesgos que afectan a la salud pública y deterioran las preferencias del consumidor por los productos nacionales, por lo que se mencionan algunos beneficios concernientes a la "Inocuidad de los Alimentos" y al papel que juega la "Certificación TIF".^{4,5}

Esta significa que la elección de estrategias que eviten el deterioro de la “Sanidad Animal” y de las peores experiencias y errores al no tener una política de inocuidad de los alimentos, sustentada en una industria cárnica moderna y eficiente que aleje los peligros de la salud por medio de garantizar sanidad e higiene como una respuesta a la legítima demanda del bienestar social. Si el estado moderno no se convierte en el responsable de la funcionalidad del “Sistema de Inspección Federal”, continuaremos con una ganadería poco dinámica, un consumidor prisionero de malos alimentos y un empresario indiferente ante la mejora continua de su inversión, no se alcanzara la eficiencia que deseamos como país.

2.2 Ventajas

La ventaja de los rastros TIF sobre los rastros municipales son las siguientes:

- ✓ El animal es mejor aprovechado favoreciendo con ello un mayor rendimiento y abaratamiento de la carne en beneficio de la economía familiar.⁵
- ✓ Las operaciones de los rastros municipales se llevan a cabo mediante procedimientos muy simples, por lo que el equipamiento que requieren para su funcionamiento es muy elemental y no garantiza la inocuidad de sus productos.⁵
- ✓ La infraestructura y equipamiento son antiguas y obsoletas, opera mediante procedimientos de sacrificio muy simples o rudimentarios, sacrifican en su mayoría bovinos y porcinos, no cuentan con cámaras frigoríficas o en caso de existir, son de poca capacidad de enfriamiento.⁵
- ✓ Sus operaciones están condicionadas al presupuesto anual asignado por el propio municipio. La verificación sanitaria de las canales y sus partes está dada por la Secretaría de Salud.⁵

Obtener una certificación TIF trae consigo una serie de beneficios a la industria cárnica, ya que permite:

- ✓ Movilización dentro del país de una manera más fácil ya que cuenta con la garantía de la calidad sanitaria con la que fue elaborado el producto.
- ✓ Posibilidad de comercio internacional, ya que los establecimientos TIF son los únicos elegibles para exportar.
- ✓ Mejora de en el área de procesos con el fin de evitar contaminación cruzada, por ejemplo, evitar usar los mismos cuchillos sin lavar en el área de eviscerado y deshuese.
- ✓ Implementación de HACCP, el cual presenta ventajas como reducción en los conteos microbianos en los productos, incremento en la vida de anaquel, incremento en las ventas del producto, entre otras.
- ✓ Mayor control en áreas de proceso, cuidando la Salud Pública y producir productos de alta calidad que no dañen al consumidor y satisfaga sus necesidades.
- ✓ Garantizar la calidad del proceso y del producto a través de la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura, que incluyen entre otras, la forma de sacrificio, la inspección antes y post-mortem, la conservación de productos cárnicos y la aplicación de programas tendientes a fomentar la higiene y seguridad del personal que ahí labora
- ✓ Personal capacitado para realizar el sacrificio ya que el personal adscrito a la inspección dentro del Sistema TIF, es capacitado y evaluado constantemente, para poder ofrecer un servicio de calidad a la industria cárnica y de éste modo el poder monitorear y verificar que los establecimientos dedicados a la industrialización de la carne estén siempre en concordancia con las regulaciones bajo la supervisión de SAGARPA.
- ✓ Apoyo económico a las personas físicas o morales que sean productores ganaderos o engordadores, que sacrifiquen ganado bovino o porcino respectivamente en el rastro TIF por parte de SAGARPA.
- ✓ Supervisión de un Médico Veterinario Oficial o Aprobado por SAGARPA en el establecimiento.

2.3 Beneficios al consumidor

El beneficio para el consumidor final al comprar carne proveniente de un rastro TIF es que esta adquiriendo productos de elevada calidad sanitaria, los cuales fueron elaborados por las normas más estrictas de inocuidad.⁵

Y para la ganadería, ¿cuál es el beneficio de contar con un rastro TIF? La ganadería puede llegar a beneficiarse ya que las Normas que avalan al sistema TIF, permite que la movilización de sus productos y subproductos se llevan a zonas de diferentes status zoonosanitario dentro del país y por ser normas de equivalencia internacional se pueden efectuar exportaciones, al haber nuevos horizontes comerciales, se requiere de la materia prima, lo cual detona en el primer nivel de la etapa productiva.⁵

En conclusión, el cumplimiento de esta normatividad, así como estrictos controles de calidad e higiene, brindan la confianza requerida para importar productos cárnicos hechos en México al adquirir la

certificación TIF, así como alta presencia en el mercado de productos cárnicos ya que actualmente el sello TIF es aceptado a nivel internacional como garantía de inocuidad en productos cárnicos animal. El reto dentro del sector, es obtener el sello TIF, a fin de que un mayor número de productores mexicanos logren productos de calidad y puedan incursionar en el mercado internacional.

En México existen aproximadamente 342 plantas TIF que cumplen con las más estrictas normas internacionales de sanidad e higiene, de los cuales proviene la Carne Mexicana TIF, de los cuales 37 de ellas se dedican al sacrificio de porcinos TIF (SENASICA, Noviembre, 2005)³⁶. A pesar de los esfuerzos de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), México no cuenta con un sistema de inspección sanitaria confiable en los rastros municipales. De acuerdo a estadísticas del INEGI hasta diciembre del 2003 existían 932 rastros municipales, de los cuales se sabe que se sacrificaron 4,707,199 cabezas de porcino en Rastros Municipales en comparación con las 4,687,840 cabezas sacrificadas en rastros TIF (INEGI, 2003)^{37,38}.

3. Marco Legal Mundial de la Inocuidad

Las leyes, los reglamentos y las normas deben de mantenerse siempre vigentes por lo que las comisiones especiales sesionan permanentemente para atender y adecuar los preceptos al avance de la ciencia y la realidad con el fin de tener un instrumento útil, vivo y practicable. En los países desarrollados, la manera usual de mantenerse actualizados es contando con suscripciones a los códigos y leyes correspondientes para recibir las constantes modificaciones, sustituir las hojas pertinentes y así tener un documento actualizado en todo momento.

Internacional

- Codex Alimentarius (FAO/OMS)

http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp

- CFR (Code of Federal Regulations-USA)

<http://www.gpoaccess.gov/cfr/about.html>

- Directrices de la Unión Europea

http://europa.eu/geninfo/query/search_es.html

4. Marco Legal Nacional

El marco jurídico mexicano tradicionalmente se había mantenido obsoleto, pero especialmente en la última década, por necesidad de la globalización de la economía y para corresponder con Tratados Comerciales Internacionales (TLCAN), ha sido objeto de una renovación y actualización significativas. Hemos adoptado casi literalmente los reglamentos y las normas de otros países, particularmente en lo que se refiere a los valores críticos de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y límites máximos de residuos tóxicos en alimentos, sin tener previamente estudios validos que permitan conocer los valores reales, su dispersión, promedio y rango. Es loable aspirar al cumplimiento de preceptos internacionales que en muchos casos se deben cumplir si se quiere participar en el comercio internacional. Para los productos de consumo nacional existe cierto margen de tolerancia. En este sentido, el análisis costo-beneficio, riesgo-beneficio es determinante y válido en cualquier país.¹⁴ En el marco de la legislación aplicable a la industria existe una gran cantidad de disposiciones regulatorias que inciden directa e indirectamente en los diferentes sectores de esta importante actividad industrial. El control de productos de importancia exige adicionalmente considerar regulaciones internacionales correspondientes.¹⁴

Cabe mencionar que las Normas Oficiales Mexicanas NOM tienen una revisión al menos cada cinco años en los cuales se determina su vigencia; algunas ya no aplican, otras permanecen, o bien, se les adicionan, modifican o eliminan algunas partes y es así como se genera una nueva edición por lo que se sugiere que se revise continuamente el link de la Secretaría de Economía o el Diario Oficial de la Federación.

4.1 Orden jerárquico nacional





Ejemplos de disposiciones regulatorias en diferentes ámbitos de competencia.

Nacional

- Ley General de Salud y sus reglamentos
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/legis/lgs/index-indice.htm>
 - Ley Federal de Sanidad Animal
<http://www.sagarpa.gob.mx/mnormativo/pdf/leyes/L004.pdf>
 - Ley Federal sobre Metrología y Normalización
<http://www.economia.gob.mx/?P=993>
 - Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente
<http://www.conanp.gob.mx/anp/legal/LGEEPA.pdf>
 - Ley y Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne
http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/ley/Ley_regla_carne.pdf
 - NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/194ssa104.html>
 - Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes Y Servicios. Prácticas de Higiene y Sanidad para el Proceso de Alimentos, Bebidas No Alcohólicas Y Alcohólicas.
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/120ssa14.html>
- Estatad (consultar cada Estado de la Republica Mexicana)
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Título Quinto de los Estados de la Federación y del Distrito Federal, Artículo 115
<http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/fed/9/116.htm?s>
 - Ley de Desarrollo Pecuario y su reglamento
 - Ley Estatal de Salud y sus reglamentos
 - Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
 - Ley de Protección a los Animales

4.2 Normatividad del Sistema TIF

Para comenzar a entender cuál es el marco legal del sistema TIF tenemos que tomar en cuenta lo siguiente:

El objetivo principal de un rastro es proporcionar instalaciones adecuadas para que los particulares realicen el sacrificio de animales mediante los procedimientos más convenientes para el consumo de la población, es decir, el manejo o construcción de un rastro desempeña un papel clave en el desarrollo social y económico del país y cualquier ciudadano tiene el derecho de construirlo o administrar uno.

Las operaciones y funcionamiento de los rastros como servicio público se encuentran respaldadas jurídicamente por disposiciones legales que tienen vigencia en los niveles federal, estatal y municipal.

Actualmente existe Reglamentación para proteger la salud pública y la salud animal. Esta Reglamentación es la encargada de indicar, regular y avalar los procesos necesarios para llevar a cabo el sacrificio de porcinos, además de asegurar la calidad de los productos cárnicos.

- La Ley Federal de Sanidad Animal ⁷
<http://www.sagarpa.gob.mx/mnormativo/pdf/leyes/L004.pdf>

Los puntos más importantes de esta ley son:

1. En el Artículo 20 se menciona que las plantas de sacrificio deberán tener a su servicio durante las horas de labores por lo menos a un médico veterinario aprobado.
2. En el Artículo 18 se menciona que la Secretaría expedirá Normas Oficiales que establezcan las características y especificaciones zoonosanitarias que deben reunir y conforme a las cuales deberán operar los siguientes Establecimientos:
3. Determina que solo existen dos figuras jurídicas en rastros:
 - 3.1.1.1 Registrados ante SAGARPA
 - 3.1.2 Con certificación T.I.F.

- El Reglamento para la Industrialización Sanitaria de la carne ⁸

http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/ley/Ley_regla_carne.pdf

En este reglamento se encuentran los requisitos para las instalaciones e inspección, las condiciones esenciales para el establecimiento, inspección de ganado de pie y post-mortem, del destino de las canales, parte y órganos enfermos, del aprovechamiento, de los preservativos y conservadores permitidos, del manejo, tratamiento y destino de los animales muertos, canales, sus partes y productos, del uso de sellos, marcas, rótulos o etiquetas en la identificación de la carne y sus productos, de la reinspección en los establecimientos, transporte y conducción, de la importación, de la exportación y las sanciones.

4.3 Las Normas Oficiales Mexicanas

<p>Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994 http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/008zoo.pdf</p>
<p>“Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes”.</p>
<p>¿Cuál es el objetivo de esta norma? La norma tiene por objeto establecer las características que deberán cumplir los establecimientos en cuanto a ubicación, construcción y equipo. Esta Norma es aplicable a todos los establecimientos que se dedican al sacrificio de animales de abasto, frigoríficos, empacadoras y plantas industrializadoras de productos y subproductos cárnicos.</p>
<p>¿Quién vigila que esta norma se cumpla? La vigilancia de esta Norma corresponde a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, así como a los gobiernos de los estados.</p>
<p>¿Quiénes son los que aplican esta norma? La aplicación de las disposiciones previstas en esta norma compete a la Dirección General de Salud Animal, al gobierno de los estados, municipios y delegaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.</p>
<p>¿Qué temas trata esta norma? <u>1. Documentación y planos con que deberá contar un establecimiento (Punto 4)</u> <u>2. Localización de los establecimientos (Punto 5)</u> <u>3. Abastecimiento de agua, drenaje y sistema de disposición de desechos y agua residuales (Punto 6)</u> ⇒ Abastecimiento de agua potable. (Punto 6.1) ⇒ Suministro de agua no potable (Punto 6.2) ⇒ Interruptores de vacío. (Punto 6.3) ⇒ Drenaje de la planta (Punto 6.4) ⇒ Requisitos especiales para los drenajes. (Punto 6.5) ⇒ Líneas de drenaje de los sanitarios. (Punto 6.6) ⇒ Dimensiones y construcción de las líneas de drenaje. (Punto 6.7) ⇒ Trampas y respiraderos de las líneas de drenaje. (Punto 6.8) ⇒ Líneas troncales. (Punto 6.9) ⇒ Disposición de los desechos de la planta. (Punto 6.10) ⇒ Sistema de desechos de la planta. (Punto 6.11) ⇒ Cisternas para la recuperación de grasas. (Punto 6.12) ⇒ Disposición de los contenidos estomacales, cerdas, sangre y material similar de desecho. (Punto 6.13) <u>4. Diseño y construcción de un establecimiento (Punto 7)</u> ⇒ Pisos (Punto 7.1) ⇒ Ángulos de encuentro (Punto 7.2) ⇒ Muros interiores. (Punto 7.3) ⇒ Bordes o soleras de las ventanas. (Punto 7.4) ⇒ Control de insectos y roedores. (Punto 7.5) ⇒ Escaleras (Punto 7.6)</p>

- ⇒ Accesos, estacionamiento, áreas de carga y descarga, así como el área de lavado y desinfección de camiones (Punto 7.7)
- ⇒ Cuarto de lavado de equipo. (Punto 7.8)
- 5. Iluminación, ventilación y refrigeración.** (Punto 8)
- ⇒ Iluminación (Punto 8.1)
- ⇒ Área de inspección ante-mortem. (Punto 8.1.1)
- ⇒ Corral de animales sospechosos. (Punto 8.1.2)
- ⇒ Área de inspección post-mortem. (Punto 8.1.3)
- ⇒ Dispositivos protectores (Punto 8.1.4)
- ⇒ Ventilación. (Punto 8.2)
- ⇒ Cámaras de refrigeración y otras áreas frías. (Punto 8.3)
- 6. Equipo e instalaciones de las áreas de elaboración de productos.** (Punto 9)
- ⇒ Materiales aceptables. (Punto 9.1)
- ⇒ Baleros. (Punto 9.2)
- ⇒ Uniones soldadas. (Punto 9.3)
- ⇒ Equipo de desagüe propio. (Punto 9.4)
- ⇒ Conductos. (Punto 9.5)
- ⇒ Separación del equipo de muros y pisos. (Punto 9.6)
- ⇒ Equipo para el control del agua de desecho. (Punto 9.7)
- ⇒ Escapes de aire o chimeneas de cubiertas o tapas. (Punto 9.8)
- ⇒ Altura de las mesas de trabajo. (Punto 9.9)
- ⇒ Mesas o planchas para corte y deshuese. (Punto 9.10)
- ⇒ Cuarto para el lavado del equipo. (Punto 9.11)
- 7. Facilidades para el lavado de manos, esterilizadores, bebederos, Mangueras y áreas de sanitización.** (Punto 10)
- ⇒ Lavabos (Punto 10.1)
- ⇒ Esterilizadores. (Punto 10.2)
- ⇒ Bebederos. (Punto 10.3)
- ⇒ Conexiones para las mangueras. (Punto 10.4)
- ⇒ Áreas de sanitización en puntos de entrada a sacrificio y deshuese. (Punto 10.5)
- 8. Procesado de productos comestibles** (Punto 11)
- ⇒ Dimensiones (Punto 11.1)
- ⇒ Flujo de las operaciones. (Punto 11.2)
- ⇒ Áreas de corte y deshuese. (Punto 11.3)
- ⇒ Producto congelado. (Punto 11.4)
- ⇒ Cuarto de incubación para productos enlatados esterilizados. (Punto 11.5)
- ⇒ Almacén de materiales de empaque. (Punto 11.6)
- 9. Equipo e instalaciones para establecimientos de sacrificio** (Punto 12)
- ⇒ Corrales y corraletas de recepción e inspección ante-mortem para el ganado. (Punto 12.1)
- ⇒ Instalaciones para la inspección *ante-mortem*. (Punto 12.2)
- ⇒ Baño de aspersión antes del sacrificio. (Punto 12.3)
- ⇒ Área de sacrificio. (Punto 12.4)
- ⇒ Capacidad de sacrificio. (Punto 12.5)
- ⇒ Instalaciones para el manejo de vísceras. (Punto 12.6)
- ⇒ Carros para inspección de vísceras. (Punto 12.7)
- ⇒ Instalaciones para el aseo y esterilización de los carros para vísceras. (Punto 12.8)
- ⇒ Mesas de inspección con cubierta móvil. (Punto 12.9)
- ⇒ Instalaciones para los evisceradores. (Punto 12.10)
- ⇒ Instalaciones para el manejo de productos no comestibles y decomisados. (Punto 12.11)
- ⇒ Instalaciones para la elaboración y manejo de alimentos para animales. (Punto 12.12)
- ⇒ Cámaras de refrigeración de canales. (Punto 12.13)
- ⇒ Altura de los rieles de refrigerador. (Punto 12.14)
- ⇒ Jaulas de retención. (Punto 12.15)
- ⇒ Área de inspección *post-mortem*. (Punto 12.16)
- 10. Instalaciones sanitarias para los empleados** (Punto 13)
- ⇒ Vestidores. (Punto 13.1)
- ⇒ Casilleros o guardarropa. (Punto 13.2)
- ⇒ Regaderas. (Punto 13.3)
- ⇒ Excusados (Punto 13.4)
- ⇒ Lavabos (Punto 13.5)

<p>⇒ Ventilación de los servicios sanitarios. (Punto 13.6)</p> <p>⇒ Comedores (Punto 13.7)</p> <p>⇒ Antecámaras de sanitización en las áreas de producción. (Punto 13.8)</p> <p>⇒ Área de productos no comestibles. (Punto 13.9)</p> <p>⇒ Lavandería. (Punto 13.10)</p> <p>11. Oficina para el medico veterinario oficial o aprobado. (Punto 14)</p> <p>12. Código de colores para tuberías. (Punto 15)</p> <p>13. Instalaciones requeridas para el sacrificio de bovinos (Punto 16)</p> <p>14. Instalaciones requeridas para el sacrificio de ovinos, caprinos y Becerros (Punto 17)</p> <p>15. Instalaciones requeridas para el sacrificio de porcinos. (Punto 18)</p> <p>⇒ Tanque de escaldado. (Punto 18.1)</p> <p>⇒ Drenaje del piso. (Punto 18.2)</p> <p>⇒ Instalaciones para rasurar y lavar las canales. (Punto 18.3)</p> <p>⇒ Equipo de inspección para más de 20 cerdos por hora. (Punto 18.4)</p> <p>16. Instalaciones requeridas para el sacrificio de equinos (Punto 19)</p> <p>17. Instalaciones requeridas para el sacrificio de aves (Punto 20)</p> <p>18. Sanciones (Punto 21)</p> <p>¿Cuáles son las sanciones si no cumplo con lo que establece? Si no se cumplen, se sanciona conforme a lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Animal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.</p>
--

<p>Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, “Proceso Sanitario de la Carne”. http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/009zoo.pdf</p>
<p>¿Cuál es el objetivo de esta norma? La norma tiene por objeto establecer los procedimientos que deben cumplir los establecimientos destinados al sacrificio de animales y los que industrialicen, procesen, empaquen, refrigeren productos o subproductos cárnicos para consumo humano, con el propósito de obtener productos de óptima calidad higiénico-sanitaria.</p>
<p>¿Quiénes tienen que cumplir esta norma? La norma es aplicable a todos los establecimientos que se dedican al sacrificio de animales para abasto, así como frigoríficos, empacadoras y plantas industrializadoras de productos y subproductos cárnicos.</p>
<p>¿Quién vigila que esta norma se cumpla? La vigilancia de esta Norma corresponde a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, así como a los gobiernos de los estados.</p>
<p>¿Quiénes son los que aplican esta norma? La aplicación de las disposiciones previstas en esta Norma compete a la Dirección General de Salud Animal, así como a las delegaciones de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.</p>
<p>¿Qué temas trata esta norma?</p> <p>1. INSPECCION ANTE-MORTEM (Punto 4)</p> <p>2. PRESENCIA DE ANIMALES ENFERMOS EN CORRALES (Punto 5)</p> <p>3. ANIMALES MUERTOS Y CAIDOS (Punto 6)</p> <p>4. EXAMEN POST-MORTEM (Punto 7)</p> <p>5. TECNICA DE INSPECCION (Punto 8)</p> <p>6. DESTINO DE LAS CANALES INSPECCIONADAS (Punto 9)</p> <p>7. MARCADO DE LAS CANALES INSPECCIONADAS (Punto 10)</p> <p>8. DESTINO DE LAS CANALES, PARTES Y ORGANOS CON LESIONES (Punto 11)</p> <p>9. INSPECCION Y MANIPULACION DE LA CARNE DE EQUINO Y SUS PRODUCTOS (Punto 12)</p> <p>10. REINSPECCION EN LOS ESTABLECIMIENTOS (Punto 13)</p> <p>11. TRANSPORTE Y CONDUCCION (Punto 14)</p> <p>12. INSPECCION A LA ENTRADA DEL ESTABLECIMIENTO (Punto 15)</p> <p>13. ETIQUETADO (Punto 16)</p> <p>14. PERSONAL (Punto 17)</p> <p>15. SANCIONES (Punto 18)</p>
<p>¿Cuáles son las sanciones si no cumplo con lo que establece? Sino se cumplen, se sanciona conforme a lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Animal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.</p>

MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron precedentes.

<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/008mzoo.pdf>

¿Cuál es el objetivo de esta norma?

La norma tiene por objeto establecer las características que deberán cumplir los establecimientos en cuanto a ubicación, construcción y equipo, es obligatoria en todo el territorio nacional y se aplica a todos los establecimientos que se dedican al sacrificio de animales de abasto, frigoríficos, empacadoras y plantas industrializadoras de productos y subproductos cárnicos.

¿Quién vigila que esta norma se cumpla?

La vigilancia de esta norma corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, al gobierno de los estados y municipios.

¿Quiénes son los que aplican esta norma?

La aplicación de las disposiciones previstas en esta norma compete a la Dirección General de Salud Animal, al gobierno de los estados, municipios y delegaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

¿Qué temas trata esta norma?

1. Características de construcción y diseño para los rastros registrados. (Punto 4)

Estas características aplican para los establecimientos que son denominados Rastros Registrados y deben cumplir con:

- ✓ Área de desembarque (Punto 4.1)
- ✓ Área para el lavado y desinfección de vehículos. (Punto 4.2)
- ✓ Corral de recepción para Bovinos (Punto 4.3)
- ✓ Corral de animales enfermos y/o sospechosos (Punto 4.4)
- ✓ Baño ante-mortem (Punto 4.5)
- ✓ Antecámara de secado o escurrimiento (Punto 4.6)
- ✓ Área de sacrificio (Punto 4.7)
- ✓ Cámara de refrigeración (Punto 4.8)
- ✓ Oficina para el médico veterinario oficial o aprobado (Punto 4.9)
- ✓ Área de carga del producto terminado (Punto 4.10)
- ✓ Planta de rendimiento (Punto 4.11)
- ✓ Consideraciones específicas para el sacrificio de aves. (Punto 4.12)

2. Diseño y construcción de una planta TIF (Punto 5)

- ✓ Documentación y planos con que deberá contar un establecimiento TIF. (Punto 5.1).
- ✓ Localización de los establecimientos (Punto 5.2)
- ✓ Abastecimiento de agua, drenaje y sistema de disposición de desechos y aguas residuales. (Punto 5.3)
- ✓ Diseño y construcción. (Punto 5.4)
- ✓ Equipo e instalaciones de las áreas de elaboración de productos. (Punto 5.6).
- ✓ Facilidades para el lavado de manos, esterilizadores, bebederos, mangueras y áreas de sanitización. (Punto 5.7).
- ✓ Procesado de productos comestibles. (Punto 5.8).
- ✓ Equipo e instalaciones para establecimientos de sacrificio. (Punto 5.9).
- ✓ Instalaciones sanitarias para los empleados. (Punto 5.10).
- ✓ Oficina para el médico veterinario oficial o aprobado. (Punto 5.11).
- ✓ Código de colores para tuberías. (Punto 5.12).
- ✓ Instalaciones requeridas para el sacrificio de bovinos (Punto 5.13).
- ✓ Instalaciones requeridas para el sacrificio de ovinos, caprinos y becerros (Punto 5.14).
- ✓ Instalaciones requeridas para el sacrificio de porcinos. (Punto 5.15).
- ✓ Instalaciones requeridas para el sacrificio de equinos. (Punto 5.16).
- ✓ Instalaciones requeridas para el sacrificio de aves. (Punto 5.17).

¿Qué pasa si cumpla con todo lo anterior?

Si los establecimientos cumplen con todo lo descrito en cuanto a las características de construcción y diseño para los rastros registrados, serán certificados por la Secretaría y utilizarán la denominación "Rastro Registrado No.....". Y les es designado un número en forma consecutiva de los establecimientos anteriormente certificados.

Si los establecimientos dedicados al sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos cumplen con lo descrito en cuanto a diseño y construcción de una planta TIF, serán certificados por la Secretaría y utilizarán la denominación "TIF No.....". Y les es designado un número en forma consecutiva de los establecimientos anteriormente certificados.

¿Cuáles son las sanciones si no cumple con lo que establece?

Sino se cumplen, se sanciona conforme a lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Animal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Norma Oficial Mexicana NOM-033-Z00-1995, Sacrificio Humanitario de los animales domésticos y silvestres. http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/051zoo.pdf
¿Cuál es el objetivo de esta norma? La norma tiene por objeto establecer los métodos de insensibilización y sacrificio de los animales, con el propósito de disminuir su sufrimiento, evitando al máximo la tensión y el miedo durante este evento.
¿Quién vigila que esta norma se cumpla? La vigilancia de esta norma corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, así como a los gobiernos de los estados en el ámbito.
¿Quiénes son los que aplican esta norma? La aplicación de las disposiciones previstas en esta Norma compete a la Dirección General de Salud Animal, así como a las Delegaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
¿Qué temas trata esta norma? 1. TRATO HUMANITARIO EN EL SACRIFICIO DE LOS ANIMALES DE ABASTO. (Punto 5) 2. TRATO HUMANITARIO PARA EL SACRIFICIO DE LOS ANIMALES DE COMPAÑÍA. (Punto 6) 3. SACRIFICIO DE EMERGENCIA EN TODAS LAS ESPECIES. (Punto 7) 4. SACRIFICIO HUMANITARIO DE FAUNA SILVESTRE. (Punto 8) 5. SANCIONES (Punto 9)
¿Cuáles son las sanciones si no cumpla con lo que establece? Sino se cumplen, se sanciona conforme a lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Animal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

¿Qué es lo que sigue una vez que se haya recibido la certificación?

Cuando el establecimiento haya recibido la certificación como establecimiento Tipo Inspección Federal, adquiere la responsabilidad de dar cumplimiento estricto a la Ley Federal de Sanidad Animal, al Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne, así como a las Normas Oficiales Mexicanas que apliquen en materia de inocuidad.

Es responsabilidad del establecimiento producir, almacenar, y comercializar según sea su giro, alimentos inocuos, apoyados en sistemas de reducción de riesgos o peligros de acuerdo a las normas oficiales mexicanas.

Además cada establecimiento debe contar con personal técnico capacitado en Sistemas de Reducción de Riesgos (Buenas Prácticas de Manufactura, Procedimiento Operacional Estándar de limpiezas y desinfección y Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos).

La responsabilidad de este personal debe incluir el verificar que el establecimiento cumpla con su programa de limpieza y desinfección Pre-operacional y Operacional, que aseguren que éste fue desarrollado en forma apropiada y efectiva.

5. Exportaciones

Para poder exportar productos alimenticios mexicanos a EUA, éstos deben cumplir al menos los mismos requisitos que los productos fabricados en EUA. El organismo estadounidense diseñado para controlar y hacer que se respeten estos requisitos es la Administración de Alimentos y Drogas - *Food and Drug Administration* (en adelante, la FDA), cuya función principal es la de hacer cumplir la Ley sobre Alimentos, Drogas y Cosméticos (**FDA Act**) y otras leyes decretadas por el Congreso de EUA con el fin de proteger la salud, la seguridad y los intereses económicos del consumidor. Estas leyes se aplican tanto a los productos nacionales como a los importados. A excepción de la mayoría de las carnes y los productos avícolas, de los que se encarga el Departamento Estadounidense de Agricultura (USDA, en sus siglas en inglés), todo alimento importado en EUA está sujeto a la inspección de la FDA. A través de sus oficinas por todo el país, la FDA participa directamente o indirectamente en la vigilancia de las importaciones, colaborando con cada una de las, aproximadamente, 500 oficinas aduaneras por las que entran productos, incluyendo los aeropuertos más importantes de EUA.

Aunque en la práctica es imposible inspeccionar físicamente cada uno de los 1,5 millones de cargamentos que se reciben anualmente en EUA, la FDA examina los historiales de cada importación realizada en el país. Basándose en este primer examen, un producto podrá ser despachado inmediatamente para su distribución, ser examinado físicamente o tomado como muestra para su análisis en un laboratorio. A modo de referencia debemos destacar que el 10% de las importaciones revisadas se reenvían para su posterior inspección.

Inspectores acreditados se encargan de examinar los cargamentos en busca de señales de adulteración en el producto (tales como la adición de sustancias que reducen calidad y naturaleza del mismo) o de falsificación y fraude en el etiquetado.

Si se descubre o se sospecha alguna contrariedad, la mercancía es retenida y se recoge una muestra para su análisis. Aproximadamente un 3% de las importaciones son analizadas físicamente de esa manera. Cuando un producto aparece adulterado o su etiquetado se considera fraudulento bajo la FDC Act, el importador tiene la oportunidad de restaurar el producto o reetiquetarlo de acuerdo con las leyes.

Aquellas exportaciones que violan la normativa de la FDA y que no pueden ser modificadas, deberán ser reexportadas o destruidas por el importador estadounidense. Esto también es aplicable a todos los productos que son fabricados, procesados o envasados bajo condiciones antihigiénicas y a los productos prohibidos en el país de origen.

En los últimos años se han acrecentado las exportaciones de productos alimenticios de México hacia EUA; en la gran mayoría de los casos, el comercio se ha realizado sin que hubiese problemas importantes en los puertos de entrada a EUA. Sin embargo, recientemente ha imperado cambios importantes que han puesto al descubierto ciertas problemáticas a raíz del creciente comercio; entre estos se encuentran los siguientes:

- El crecimiento demográfico de la población de origen mexicana y centroamericana en EUA, paralelo a su demanda por consumir alimentos originarios de su país.
- El consecuente tráfico, formal e informal, de productos salvadoreños hacia EUA;
- Las tendencias del consumidor estadounidense en preocuparse por temas de salud y seguridad;
- El auge en el terrorismo internacional y la Ley contra el Bioterrorismo en los Estados Unidos que impone nuevos requisitos.

De acuerdo a las estadísticas de SAGARPA, México exportó en el 2005 38, 314.6 miles de toneladas de carne de porcino.³²

6. Responsabilidad del Médico Veterinario en Establecimientos de Sacrificio

La importancia en los establecimientos de sacrificio de la actividad del médico veterinario es considerable debido al impacto tanto en la salud animal y la salud pública como en la economía.¹⁴ En México las autoridades y la sociedad en general no valoran en su justa dimensión la relevancia de esta práctica profesional, en contraste la situación existente en los países industrializados; frecuentemente se carece de elementales e indispensables apoyos para el trabajo cotidiano y, lo que es más grave, se ignora el papel de la autoridad que representa, en especial en rastros municipales. No obstante lo anterior, se le exige un rendimiento profesional muy elevado; sin apoyo laboratorial específico debe establecer diagnósticos y dictaminar todos y cada uno de los animales sacrificados en la jornada laboral, que pueden llegar a ser varios cientos al día, entre otras actividades. La responsabilidad del médico veterinario en el establecimiento de sacrificio consta de dos tareas esenciales:

- a) la inspección sanitaria de animales de abasto
- b) el control de la higiene en el proceso de obtención de la carne.

Con frecuencia se privilegia la primera y se descuida la segunda, que es sumamente importante puesto que, por una parte, solo una pequeña parte del lote de animales está enfermo, mientras que por la otra, el 100% de los animales va a ser procesado y pudiera resultar contaminado a causa de un faenado deficiente.

6.1 Médicos Veterinarios en México

En México, la Ley Federal de Sanidad Animal define a la autoridad sanitaria de la siguiente manera:

1. Médico veterinario oficial: profesional asalariado por la Secretaría (SAGARPA) y son los responsables de la inspección sanitaria, lo cual incluye la inspección a lo largo de todo el proceso, así como de su movilización y condiciones higiénico sanitarias del establecimiento TIF⁶.

2. Médico veterinario aprobado: Profesional autorizado por SAGARPA que presta sus servicios, entre otros, en establecimientos destinados al sacrificio y/o procesos de animales, frigoríficos, etc. Son reconocidos por la SAGARPA para realizar actividades en materia zoonosanitaria en un establecimiento TIF.

A diferencia de los MVZ Oficiales, los Aprobados se dividen en dos:

- Signatario: es el MVZ que expide los certificados zoonosanitarios y que forma parte integral de los organismos coordinadores de la movilización animal autorizados.

▪ Coadyuvante: es el MVZ responsable de la inspección sanitaria, lo cual incluye la inspección a lo largo de todo el proceso y condiciones higiénico-sanitarias del establecimiento.

6.2 Inspectores de USDA-FSIS

En EUA, El Servicio de Seguridad e Inspección de Alimentos de la USDA es responsable de asegurar que todos los productos porcinos de EUA para exportación sean tan seguros y estén en buen estado como los vendidos en el mercado de EUA. Los inspectores y empleados del FSIS trabajan en las plantas e instalaciones de almacenamiento refrigeradas de EUA a fin de certificar que los productos porcinos de EUA, así como las plantas individuales de sacrificio y proceso, cumplan con todos los reglamentos de la USDA y cualquier requerimiento adicional especificado por otros gobiernos. Los productos destinados a ciertos mercados de exportación a menudo pasan por una inspección más rigurosa que lo requerido por las leyes de EUA.³⁰

El FSIS tiene, a diario, más de 7,600 inspectores y médicos veterinarios en plantas procesadoras de carnes, aves, y productos de huevo y en los puertos de entrada, para prevenir, detectar y afrontar problemas en asuntos de inocuidad alimentaria. El FSIS tiene, también, más de 100 empleados, a través de EUA, que se encargan de controlar carne, aves, y productos de huevo en los establecimientos importadores, a incluir, muelles, áreas de carga, y almacenes refrigerados o comunes. Estos empleados también supervisan, el movimiento de los productos a través de los canales de distribución.³¹

Un inspector USDA-FSIS en el sitio observa al cerdo antes, durante y después del sacrificio, así como durante el proceso de un canal para convertirlo en productos porcinos más pequeños de valor agregado. El FSIS prueba la carne y los productos cárnicos para detectar residuos y peligros microbiológicos, y se asegura de que los aditivos alimenticios se usen correctamente y se reporten con exactitud en las etiquetas de los alimentos.

Se pueden encontrar dos categorías de inspectores de carne en una planta de procesamiento:

- Inspector veterinario (Veterinarian). Todos los procedimientos de inspección para sacrificio y muchos de los procedimientos de inspección de proceso ocurren bajo la supervisión de un inspector veterinario altamente capacitado, quien tiene experiencia en las áreas de anatomía, fisiología, microbiología y patología de animales. Es la responsabilidad del inspector veterinario supervisor tomar la decisión final de si una canal o parte de la canal se debe eliminar.^{33,34}
- Inspectores en el área de sacrificio (Slaughter Line Inspectors). Están capacitados para observar con cuidado los procedimientos de sacrificio e identificar y detener canales o partes de canales que parezcan anormales.^{33,34}

6.3 Supervisiones del Médico Veterinario

A manera de resumen se presenta un cuadro comparativo entre las actividades de los MVZ en México y los inspectores en EUA.

Cuadro1. Cuadro comparativo de las responsabilidades del Médico Veterinario en México y el Inspector de la FSIS en EUA

Médico Veterinario (México)	Inspector FSIS
<p>✓ Inspección de Instalaciones Físicas de manera previa y durante las operaciones del Establecimiento⁶:</p> <p>El Médico Veterinario debe notificar de inmediato al administrador de cualquier falla en la maquinaria y equipo de sacrificio. También propondrá al administrador las mejoras que más convengan para el mejor funcionamiento del rastro.</p>	<p>✓ Construcción de Plantas e Higiene de la Operación:</p> <p>Antes de comenzar la producción del día en una planta de proceso, el inspector realiza un examen del establecimiento y el local. El inspector examina las condiciones sanitarias y determina si las instalaciones siguen cumpliendo con los reglamentos especificados para el edificio y el equipo.</p>
<p>✓ Inspección ante-mortem y post-mortem:</p> <p>El Médico Veterinario es el que debe efectuar la inspección ante mortem de los animales en estática y dinámica, así como la inspección post mortem. La inspección post mortem se llevará a cabo en cabeza, vísceras y canal. A fin de determinar que la</p>	<p>✓ Inspección ante-mortem:</p> <p>Todo el ganado en pie que se presenta para sacrificio en los rastros de inspección federal debe examinarse en el local del establecimiento por un veterinario o inspector especializado bajo la supervisión de un veterinario, en el día, y antes del sacrificio. Se observa al animal en movimiento y</p>

<p>carne del animal sacrificado se encuentra en óptimas condiciones para ser consumida.⁶</p> <p>Durante el reconocimiento del ganado en pie, si el médico veterinario oficial o aprobado sospecha de alguna enfermedad infecto-contagiosa, para cuyo diagnóstico sea imprescindible la colaboración del laboratorio aprobado, se procederá a la toma y envío de muestras debiendo retener y marcar al animal como "SOSPECHOSO". Si la respuesta del laboratorio, si el resultado confirma el diagnóstico, los animales serán sacrificados al final y por separado de otros animales, debiendo llegar al área de sacrificio con la identificación de "SOSPECHOSO".</p> <p>Deberá informarse al médico veterinario oficial o aprobado la existencia de todo animal muerto o caído en los corrales y él dispondrá el sacrificio inmediato de los animales caídos, quedando prohibido introducir a la sala de sacrificio animales muertos. La disposición de éstos será de acuerdo al criterio del médico veterinario oficial o aprobado, pudiendo ser: a planta de rendimiento para su aprovechamiento como harina de carne y/o desnaturalización e incineración.</p> <p>✓ Vigila el manejo y destino de productos retenidos y rechazados.⁶</p> <p>El Médico Veterinario elaborará un Informe de los sacrificios y decomisos efectuados durante el mes enviando copia a la <u>SAGARPA</u>.</p> <p>✓ Si un producto sospechoso se encuentra en mal estado, o bien que por cualquier otra circunstancia sean impropios para el consumo humano, se identifiquen con la etiqueta "Retenido SAGARPA, México"; si en la reinspección se confirma el diagnóstico, se procederá a su decomiso. En el caso de que los productos sean aprobados, será retirada la etiqueta de "Retenido SAGARPA, México" y se identificarán con el sello "Inspeccionado y Aprobado SAGARPA, México".</p> <p>✓ Seguimiento al cumplimiento de programas especiales:</p> <p>El cumplimiento de programas especiales tiene importancia ya que en este caso pide estrictamente la remoción de las partes especificadas y separarlo bajo el nombre de 'materiales de <u>riesgo</u> especificados'.</p>	<p>en descanso, a fin de identificar si existen algunas condiciones que hagan surgir dudas en cuanto a su salud general.</p> <p>Si se sospecha que algún animal está enfermo, o que muestra condiciones que resultaran en su eliminación, se detiene (identificado como "U.S. Suspect" [sospechosos en E.U.A.]) y se sacrifica como un grupo para la inspección post-mortem. Si durante la inspección de los animales vivos, un animal muestra síntomas obvios de enfermedad, se le elimina en ese momento (identificado como "U.S. Condemned" [condenado por E.U.A.]) y no se le permite entrar en la cadena alimenticia humana.</p> <p>✓ Inspección post-mortem:</p> <p>Al igual que con la inspección ante-mortem, esto se realiza por, o bajo la supervisión de, un inspector veterinario. Se examinan los órganos, nódulos linfáticos y todo el canal para encontrar evidencia de condiciones anormales. De manera similar que con la inspección ante-mortem, cada animal sacrificado en una planta inspeccionada se examina durante la inspección post-mortem.</p> <p>Si un animal, su canal, o cualquiera de sus partes se eliminan, se someten a un tratamiento de desnaturalización a altas temperaturas (bajo la supervisión del inspector del FSIS) y no entran a la cadena alimenticia humana.</p>
--	--

<p>✓ Reinspección de productos y subproductos cármicos y no cármicos:⁶</p> <p>Incluyendo los procedentes de un establecimiento TIF o de importación serán reinspeccionados cuantas veces sea necesario, hasta el momento de salir del establecimiento, a fin de asegurar su buen estado para el consumo humano.</p> <p>El Médico Veterinario es el encargado de decomisar las canales, carnes y vísceras de los animales sacrificados dentro de las instalaciones del rastro, que constituyan un <u>riesgo</u> para el consumo humano.</p> <p>✓ Control de Temperaturas en las diferentes áreas:⁶:</p> <p>El control de temperaturas en un establecimiento TIF tiene como finalidad evitar que la humedad y otros factores ambientales convierten al producto cármico en vulnerable a la supervivencia y proliferación de patógenos y microorganismos causantes de descomposición.</p> <p>✓ Control de reinspección de carne deshuesada:⁶</p> <p>Es importante realizar una reinspección de la carne deshuesada porque la sala de corte o deshuesado deberá tener un sistema de regulación de la temperatura. El corte, deshuesado y envasado deberán realizarse sin demora, cumpliendo los requisitos para el control higiénico del proceso.</p>	<p>✓ Inspección de Productos:</p> <p>La jurisdicción de los inspectores de carne del FSIS abarca los departamentos de corte y otros procesos de la planta de procesamiento de carne. Es responsabilidad de los inspectores asegurar que todos los pasos del proceso (corte, curado, ahumado, molido, etc.) se realicen bajo condiciones sanitarias para asegurar que los métodos de proceso sean adecuados y para proteger al consumidor en contra del uso de sustancias dañinas en la elaboración de productos.</p>
<p>✓ Sello TIF:</p> <p>Los establecimientos que obtengan la certificación de calidad Tipo Inspección Federal, deberán contener las siglas T.I.F. antes de su número de clasificación.</p>	<p>✓ Aplicación de la Leyenda de Inspección de la USDA:</p> <p>A cada planta inspeccionada por USDA-FSIS se le otorga un número de establecimiento específico que se incluye en la leyenda de inspección oficial de la planta.</p>
<p>✓ Revisión de resultados de análisis fisicoquímico del agua y microbiológico de agua y hielo:⁶</p> <p>El Médico Veterinario es el encargado de interpretar los resultados obtenidos del laboratorio ya que el agua utilizada en los establecimientos es un posible vector y el tener un control de esto impide que no sean vehículos importantes de transmisión de <u>peligros</u>.</p> <p>✓ Monitoreo de la concentración de cloro en agua:⁶</p> <p>El Médico Veterinario debe prestar atención ya que el agua que se emplee en el establecimiento deberá ser potable, excepto en los casos en que se pueda utilizar agua de diferente calidad sin que</p>	<p>✓ Residuos y Análisis Microbiológicos de Laboratorio:</p> <p>Los procedimientos adicionales de inspección incluyen el uso de ensayos de laboratorio para detectar peligros biológicos y químicos, y asegurar que las fórmulas de productos (por ejemplo, la salchicha y el jamón) cumplan con los reglamentos del FSIS. Las muestras para el análisis de laboratorio se toman de manera rutinaria al azar, usando un plan de muestreo estadístico que permita un alto grado de seguridad de que los productos muestreados cumplen con los requisitos reglamentarios. Además de probar para buscar aditivos y residuos químicos no aprobados en los productos cármicos, el FSIS también supervisa las pruebas para detectar bacterias (incluyendo E. Coli y Salmonella genéricas).</p>

<p>ello cause <u>contaminación</u> de la carne.</p> <p>✓ Toma de muestras para análisis de laboratorio.⁶ La toma de muestras debe ser realizada por el Médico Veterinario y llevadas a laboratorios debidamente acreditados o reconocidos de algún otro modo para verificar el control del proceso y llevar a cabo otras actividades relativas a la higiene del producto cármico. Los análisis de laboratorio tienen como finalidad la verificación del control del proceso; la vigilancia del cumplimiento de los objetivos de rendimiento, la vigilancia de los residuos; el diagnóstico de las enfermedades que afecten a cada animal; y la vigilancia de las <u>zoonosis</u>.</p>	
<p>✓ Constatar la correcta implementación y revisión de registros generados de los <u>POES</u>, pre-operativos y operativos:</p> <p>El Médico Veterinario debe revisar si los procedimientos pre-operativos y operativos que se emplean en el establecimiento reducen la mayor cantidad posible la <u>contaminación</u> directa e indirecta. Es muy importante verificar si el sistema de <u>POES</u> asegura la limpieza y saneamiento de las instalaciones y los equipos antes de dar comienzo a las operaciones, así como el mantenimiento de una higiene adecuada durante las operaciones.</p> <p>✓ Observar que el Establecimiento TIF mantenga vigentes los certificados de salud de los empleados y solicitar copia:</p> <p>Los Médicos Veterinarios deben verificar que sólo el personal con capacitación, perfecto estado de salud, conocimientos, aptitudes y capacidad deberán llevar a cabo las actividades relativas a la higiene de los productos cármicos.</p> <p>✓ Revisión del Programa de control de plagas:⁶</p> <p>El Médico Veterinario esta encargado de la revisión del Programa de control de plagas ya que es una parte esencial del mantenimiento y el saneamiento.</p>	<p>✓ De acuerdo a lo establecido en la sesión 416.6, cuando un inspector del FSIS encuentra que algún equipo, utensilio, sala de trabajo u otra estructura de la planta o el personal no se encuentran en condiciones higiénicas o de aseo, tiene la atribución de colocar una tarjeta con la leyenda "Rechazado –U. S."</p> <p>El FSIS ha definido un procedimiento de inspección para los temas contemplados en la sección 416, denominado <i>Estándares de Desempeño Higiénico</i> (Sanitation Performance Standard, SPS), el cual se define como el conjunto de resultados que debe alcanzar la planta desde el punto de vista de limpieza e higiene. Estos resultados son exigidos por la reglamentación, pero los métodos para alcanzarlos son definidos por el establecimiento.</p> <p>Un importante requisito reglamentario está definido en la sección 416.11, y exige a los establecimientos desarrollar <i>Procedimientos Operacionales Estandarizados de Sanitización</i> (Sanitation Standard Operation Procedures, SSOP). Éstos deben describir documentadamente todas las actividades de limpieza que el establecimiento efectúe diariamente antes (aseo preoperacional) y durante las operaciones (aseo operacional) diarias de faena o procesamiento, para mantener las condiciones de higiene que eviten o prevengan la contaminación o adulteración del producto.³⁵</p> <p>Los SSOPs deben estar definidos en un manual que debe contemplar su implementación, las acciones correctivas cuando se producen desviaciones del proceso y los sistemas de registro de las actividades de limpieza. El manual SSOP debe estar firmado y actualizado por un funcionario que cuente con autoridad y respaldado por la gerencia de la planta.³⁵</p> <p>El FSIS <i>verifica</i> que los procedimientos sean adecuados y efectivos (416.17) y cumplan lo definido en la reglamentación. El proceso de verificación incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de los SSOPs.³⁵ - Revisión de los registros diarios de implementación de los SSOPs y las acciones correctivas que se hayan tomado o que se determine que deben tomarse. - Observación directa de cómo se ejecutan los SSOPs incluyendo las acciones correctivas.

	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa para estimar o evaluar las condiciones higiénicas del establecimiento. - El FSIS fiscaliza el cumplimiento de ambos grupos de requisitos reglamentarios (SPS y SSOP).
<p>✓ Etiquetado: Las etiquetas, marcas, leyendas y cualquier inscripción zoonosanitaria que los establecimientos pretendan fijar a la carne y sus productos para efectos de esta Norma, debe contener la siguiente información¹¹:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre del producto. ▪ Número TIF del establecimiento. ▪ La leyenda de "Inspeccionado y Aprobado por SAGARPA México". ▪ Ingredientes de origen animal que contiene el producto. ▪ Razón social y dirección del productor o empacador, incluyendo el código postal. ▪ Identificación del lote. ▪ Condiciones de manejo. ▪ En el caso de que el producto sea elaborado por otra empresa, deberá decir: "Elaborado por..."; "Para...". 	<p>✓ Normas de Etiquetado y Producto:</p> <p>Los inspectores del FSIS son responsables de asegurar que los productos cárnicos que salen de las instalaciones de procesamiento de carne se etiqueten con exactitud, incluyendo el etiquetado de ingredientes y de valores nutricionales, cuando corresponda.</p>
<p>Dentro de las funciones del MVZ, también deben de revisar los requisitos para exportar a EUA y otros países de manera aleatoria dentro de Establecimiento TIF de la siguiente manera:</p> <p>✓ Reevaluar y analizar trimestralmente los formatos básicos PBIS (Perfil de planta, Reducción de patógenos, <u>POES</u> Y <u>HACCP</u>) y programas de prerrequisitos que comprenden el sistema de seguridad alimentaria en alimentos.⁶</p> <p>✓ Revisión documental mensual del llenado de formatos del sistema PBIS, programación de actividades, Básicos de <u>POES</u> y <u>HACCP</u> e Incumplimientos; asegurando que se cumpla con los plazos convenidos y las acciones correctivas y preventivas indicadas en los registros.⁶</p>	<p>✓ Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP):</p> <p>El concepto HACCP ha sido utilizado con éxito en la industria de los productos enlatados (productos procesados térmicamente con bajo contenido de ácidos en contenedores sellados de manera hermética) durante más de 20 años y ahora el FSIS se desplaza hacia confiar en HACCP en otras áreas del procesamiento como una forma de reglamentar la seguridad.</p> <p>Un plan HACCP es implantado por el personal de la planta y los inspectores del FSIS vigilan su eficacia. La inspección tradicional se enfoca primordialmente a los animales enfermos y en observar los problemas con el producto final, que es muy ineficaz para identificar los peligros microbiológicos en el producto final antes de que el producto se entregue para su venta al público.</p>

✓ Movilización de productos de acuerdo a la normatividad y Control de certificados zoonosanitarios de exportación e importación, flejes, sellos y documentos oficiales.

Como se menciona al principio del documento los MVZ Oficiales pueden llevar a cabo la movilización del establecimiento TIF y de la misma manera, los MVZ Aprobados Signatarios expiden los certificados zoonosanitarios y que forma parte integral de los organismos coordinadores de la movilización animal autorizados.

✓ Seguimiento al cumplimiento de programas especiales (ejemplo EEB)¹.

¹ Encefalopatía Espongiforme Bovina

El cumplimiento de programas especiales como EEB¹ tiene importancia ya que en este caso pide estrictamente la remoción de las partes especificadas y separarlo bajo el nombre de “materiales de riesgo especificados”. Cabe mencionar que la EEB no aplica en cerdos.

Para cumplir satisfactoriamente con sus funciones, el médico veterinario en establecimientos de sacrificio debe tener conocimiento actualizado de las leyes, los reglamentos, las normas y demás disposiciones jurídicas en materia de ganadería, salud, ecología y comercio, entre otras. Para lograr esto existen Manuales que pueden ayudar al MVZ Coadyuvante y Signatario que labora en rastros de sacrificio para desarrollar sus obligaciones y responsabilidades en la página Web de SENASICA:

http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/portal/inocuidad_agroalimentaria/sistema_tipo_inspeccion_federal/index.html

Que incluyen los siguientes:

- Manual de inspección del MVZ
- Manual de Inspección para supervisores de establecimientos TIF
- Procesamiento en establecimientos de embutidos, madurados, curados, comidas preparadas, frigoríficos, mantequeras, chicharroneras, calibradora de intestinos, pasteurizadoras, enlatadoras, deshidratadoras y huevo
- Procedimiento de supervisión de establecimientos TIF dedicados al sacrificio, corte y deshuese de porcinos
- Procedimiento de supervisión de establecimientos TIF dedicados al sacrificio, corte, deshuese y pasta de aves
- Procedimiento de supervisión de establecimientos TIF dedicados al sacrificio de becerros, ovinos y caprinos
- Procedimiento de supervisión de establecimientos TIF dedicados al sacrificio, corte y deshuese de bovinos

7. Glosario

Contaminación: es la presencia de peligros o agentes ajenos al alimento en concentraciones que rebasen los límites máximos fijados para cada contaminante y alimento en particular.¹⁴

Epidemiología: La epidemiología estudia el proceso salud-enfermedad en poblaciones (humanas y animales), sus aspectos locales y temporales que incluye consideraciones económicas, ecológicas y demográficas, con el fin de prevenir, controlar o erradicar padecimientos

ETA's: Enfermedades de Transmisión Alimentaria. Las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) son aquellas enfermedades de carácter infeccioso o tóxico, causadas por agentes que penetran al organismo usando como vehículo un alimento. Las ETA en general se producen por el consumo de alimentos contaminados. Los alimentos se pueden contaminar con microorganismos patógenos (bacterias, parásitos o virus) o por las toxinas producidas por éstos, por agentes químicos o por agentes físicos.

FAO: De sus siglas en inglés “Food and Agriculture Organization”. En español significa Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.

HACCP: De sus sigla en inglés "Hazard Analysis and Critical Control Points". En español significa Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.

OMS: Organización Mundial de la Salud

Peligro: Es todo elemento Físico, Químico o Microbiológico que pueda ser causar un daño al consumidor.

POES: Procedimientos Operativos Estandarizados De Saneamiento

Prevalencia: La prevalencia de una enfermedad es el número de casos que presentan la enfermedad, dividido por el número de individuos que componen el grupo o la población en un determinado momento. Es un parámetro útil porque mide la frecuencia de la enfermedad, y es de gran ayuda para los médicos al calcular la probabilidad de alcanzar ciertos diagnósticos. La utilizan normalmente los epidemiólogos, las personas encargadas de la política sanitaria, las agencias de seguros y en diferentes ámbitos de la salud pública.

Riesgo: Es la probabilidad que un peligro ocurra.

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Zoonosis: Las zoonosis son enfermedades infecciosas transmisibles entre el hombre y los animales, como brucelosis, tuberculosis, rabia, salmonelosis, listeriosis, taeniasis-cisticercosis y triquinosis, de entre más de 200 conocidas. Muchas zoonosis son ETA's.

Módulo 2. Proceso de sacrificio de porcinos

- 1. Introducción**
 - 1.4 Producción Mundial de carne de cerdo
 - 1.5 Principales productores de carne de cerdo en América Latina
 - 1.5.1 México
 - 1.6 Diagrama de flujo del proceso de sacrificio de cerdos
- 2. Producción**
 - 2.1 Diseño de instalaciones
- 3. Transporte de animales**
 - 3.1 Precauciones antes de la carga
 - 3.2 Personal encargado del transporte de cerdos (documentos y obligaciones)
 - 3.3 Efectos del transporte
 - 3.4 Normatividad Mexicana
- 4. Recepción/ Descanso en corrales de recepción**
- 5. Inspección sanitaria**
 - 5.1 Base Jurídica
 - 5.2 Objetivos de la inspección sanitaria
 - 5.3 Etapas de la Inspección
 - 5.4 Inspección ante-mortem
 - 5.5 Finalidad de la Inspección Ante-mortem
 - 5.6 Requisitos Generales
 - 5.7 Procedimiento
 - 5.8 Disposiciones de la Inspección Ante-mortem
- 6. Baño y escurrido ante-mortem**
- 7. Insensibilización (aturdido)**
 - 7.1 Métodos de insensibilización
 - 7.1.1 Percusión
 - 7.1.2 Insensibilización eléctrica
 - 7.1.3 Bióxido de carbono (CO₂)
 - 7.2 Especificaciones para la insensibilización
 - 7.2.1 Calificación objetiva de normas de eficacia en los puntos críticos de control
- 8. Desangrado**
- 9. Escaldado**
 - 9.1 Riesgos de contaminación
 - 9.2 Tipos de escaldado
 - 9.2.1 Escaldado mediante duchas
 - 9.2.2 Escaldado por condensación
- 10. Depilación /Eliminación de cerdas**
 - 10.1 Depilado o Rasurado de cerdas
- 11. Gambreleado**
 - 11.1 Ganchos pendulares
 - 11.2 Perchas de separación
 - 11.3 Carril transportador de canales después del gambreleado
- 12. Flageladora seca**
- 13. Flageladora húmeda**
- 14. Flameadora o Chamuscado**
- 15. Lavado previo a la evisceración**
- 16. Corte y Amarre de recto, desprendimiento de cuello**
- 17. Apertura de la canal**
- 18. Evisceración**
- 19. Inspección Post-Mortem**
 - 19.1 Procedimiento General
 - 19.2 Inspección cervical
 - 19.3 Inspección visceral
 - 19.4 Inspección en riel o de la canal

- 19.5 El sistema linfático en la inspección de carnes
- 19.6 Topografía del sistema linfático del cerdo
- 19.7 Inspección regular en cerdo
- 19.8 Dictamen
- 20. Lavado final de la canal**
 - 20.1 Lavado de vísceras
- 21. Rendimiento de las Canales**
 - 21.1 Peso y clasificación de las canales
 - 21.2 FOM (Fat-O-Meater)
 - 21.3 Clasificación y designación del producto en México
- 22. Refrigeración**
 - 22.1 Importancia de la cadena de frío en la carne fresca
- 23. Transporte y Distribución de la carne**
- 24. Glosario**

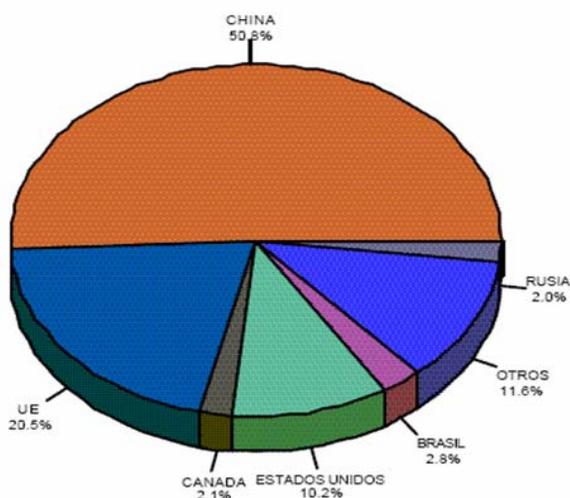
1. Introducción

La domesticación de la mayoría de la especies que conviven con el hombre se llevó acabo, entre otros motivo, para disponer de carne en cualquier momento, es así que la obtención de la carne mediante sacrificio de animales se viene practicando desde tiempos inmemorables. En México, de acuerdo con lo señalado en la NOM-009-ZOO-1994, son considerados animales de abasto: bovinos, porcinos, equinos, ovinos, caprinos, aves o cualquier otra especie destinada al consumo humano.⁵

1.1 Producción Mundial de carne de cerdo

En los últimos 25 años se ha disparado la producción pecuaria junto al consumo de carne y de lácteos. Entre 1980 y 2004, la producción de carne en países en desarrollo se triplicó, y el consumo per cápita se duplicó. Si bien los consumidores de los países desarrollados siguen consumiendo tres veces más carne por persona, los países en desarrollo representaron más del 80% del incremento de la producción en los últimos 25 años, y ahora producen y consumen más de la mitad de la carne del mundo. Hasta el 2003, los criadores de cerdo de todas las partes del mundo, producían 88.429 millones de toneladas de carne, con un plantel de aproximadamente 1 billón de animales. La mayor producción, fue en Asia que posee hoy 50.8 % del plantel mundial de cerdos. En segundo lugar, esta la Unión Europea, con 20.5% de la producción. Sigue el continente americano, con 10.2% en EUA y dentro de Otros con el 11.6% se encuentra México. (Imagen 1).^{107,108}

Imagen 1. Producción Mundial de Carne de Cerdo 2003



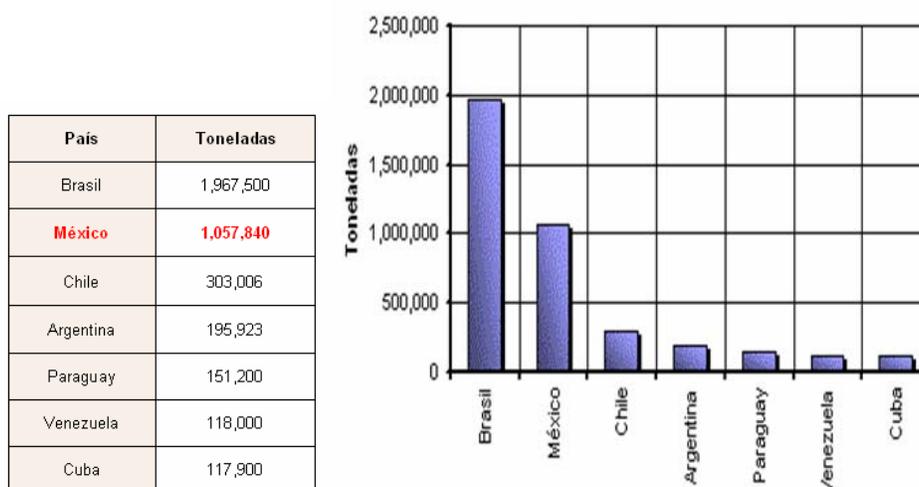
Fuente: USDA, 2003

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA-FAS proyectó un aumento en la producción mundial de cerdo de 3 millones de toneladas más para el año 2006 comparado con 2005, esto es un incremento de 33-35 millones de cerdos al mercado de un año al otro. En los últimos 7 años desde el 2001, la producción global de cerdos se ha ido de 83 millones 881 mil toneladas, a 97 millones 207 mil, proyectada para 2006, un aumento anual promedio de 30 millones de cerdos por año. Obviamente la producción mundial de cerdo y el consumo están creciendo. El cerdo se mantiene cómo la primera elección entre todas las carnes en el mundo con más de 45% de participación en el consumo de carne mundial. Producir un producto que está en permanente aumento en la demanda mundial es algo muy positivo para todos los involucrados en la industria porcina y de obtención de carne de cerdo.^{106, 108}

1.2 Principales productores de carne de cerdo en América Latina

El Continente Americano es el primer productor mundial de carne bovina y de carne de pollo, el segundo productor mundial de leche y el tercero en producción de carne de cerdo. La región de América Latina y el Caribe es la mayor exportadora de alimentos del planeta. Ello involucra una gran responsabilidad y desafío para el sector pecuario, para hacer frente al masivo incremento global de la demanda de alimentos de origen animal, producto del crecimiento de la población, la urbanización y el aumento del ingreso en los países en desarrollo, dentro del contexto de la denominada Revolución Ganadera.^{107, 108}

Imagen 2. Principales productores de carne de cerdo en América Latina, Toneladas. (2001)



Fuente: FAOSTAT

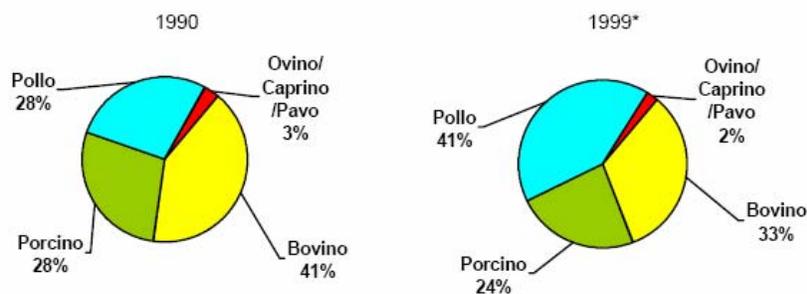
1.2.1 México

Las actividades pecuarias mantienen una gran importancia en el contexto socioeconómico del país y al igual que el resto del sector primario, han servido de base al desarrollo de la industria nacional, ya que proporcionan alimentos y materias primas, divisas, empleo, distribuyen ingresos en el sector rural y utilizan recursos naturales que no tienen cualidades adecuadas para la agricultura u otra actividad productiva. La ganadería, y en específico la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural, pues se realiza sin excepción en todas las regiones ecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas.^{101, 108}

La producción de carnes en México se sustenta en diferentes ramas de la ganadería, dentro de las cuales sobresale la bovina, la porcina y la avicultura, que en conjunto aportan el 98% de la producción doméstica de cárnicos. El resto de las actividades destinadas a la producción de carne, como son la producción ovina, caprina, la de conejos y la de pavos, entre otros, mantienen una posición marginal, situación principalmente influenciada por los hábitos de consumo de la población, así como por los precios de éstas.^{101, 108}

A principios de la década de los 90's, la composición de la producción de carnes en México se daba en un 41% por la de bovino, 28% por porcino y 28% por pollo. Para 1999 la conformación se transforma radicalmente para constituirse en un 41% por pollo, 33% por carne de bovino y 24% por carne de porcino, manteniéndose a lo largo de esos 10 años una participación marginal del resto de las carnes en el orden del 2 y el 3%.^{101, 108}

Imagen 3. Producción total de carnes en México



Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria, SAGAR. 1999*, Preliminar

Durante los años 70's, la carne de bovino fue la de mayor producción en México, siendo desplazados en la primera mitad de la década del 80's por la carne de porcino, la cual al perder ventajas comparativas, disminuyó sensiblemente su participación, cediendo nuevamente la participación mayoritaria a la de bovino. Para los diez años en análisis, atendiendo a un fenómeno mundial en donde la carne de pollo es la de mayor crecimiento, en nuestro país este hecho se replica, y a partir de 1997 esta carne se ubica como la más producida.

Si bien es cierto que hasta hace pocos años los patrones culturales de consumo de productos cárnicos ubicaban a la carne de bovino como el eje ordenador de la demanda y de los precios del resto de las carnes, en la actualidad éste se ha desplazado hacia el pollo. Pero según las últimas estimaciones de la FAO, la producción mundial de la carne de cerdo aumentó en 2004 en un 2.4 %, a poco más de 100 millones de toneladas, sostenida por el alza de sus precios y el retroceso de los precios de los piensos en la última parte del año. Las preocupaciones por la inocuidad de los alimentos en el caso de la carne de ave y de la carne vacuna alentaron un crecimiento del 4% de la producción en los países en desarrollo, particularmente en Asia, donde los precios subieron por la escasez de otros tipos de carne. Estos aumentos compensaron con creces la mengua de la producción en algunos países desarrollados. La escasez de cerdos en Europa, combinado con los altos costos de los piensos y la escasa rentabilidad a comienzos del año, determinaron una disminución general de la producción de la región en 2004. Aunque los países en desarrollo representaron más del 60% de la producción mundial de carne de cerdo en 2004, un 53% más que hace un decenio, se estima que el consumo anual por habitante se mantendrá en un nivel bajo de 12.3 kg comparado con una media de 30 kg de los países desarrollados.^{100, 108}

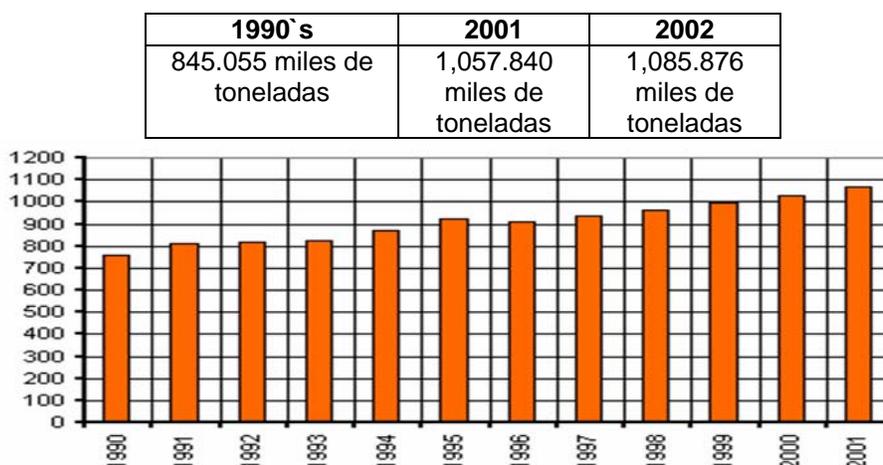
La limitación de los suministros exportables de otros tipos de carne favoreció el comercio mundial de la carne de cerdo en 2004. La demanda fue fuerte en Asia, donde las importaciones para el año se estimaron en 4.5 millones de toneladas, un 5 % más que el año anterior. En el Japón y la República de Corea, donde las importaciones de carne de vacuno suelen cubrir el 15 % del consumo total de carne, las prohibiciones de la carne vacuna norteamericana relacionadas con la EEB (Encefalopatía Espongiforme Bovina) redundaron en fuertes aumentos de las importaciones de carne de cerdo, de 10 y 32 % respectivamente, pese a una reactivación de la salvaguardia japonesa aplicada a la carne de cerdo en agosto de 2004. Con respecto a las exportaciones, los envíos de EUA se vieron sostenidos por un tipo de cambio favorable y se estima que hayan aumentado cerca de un 20% en 2004. En la Unión Europea, una mayor aplicación de los reintegros a la exportación durante el año, combinada con una fuerte demanda de los países miembros, determinó un aumento de las exportaciones. Los acuerdos comerciales bilaterales con el Japón también ofrecieron mayores oportunidades de comercialización a los exportadores, como México y Chile. La fuerte demanda japonesa fue también particularmente favorable a las exportaciones chinas de productos sometidos a tratamiento térmico.¹⁰⁰

La carne de cerdo, es en la que se observa una mayor presión de los hábitos del consumidor, ya que independientemente de considerarse como la de mayor sabor y base de muchos platillos típicos mexicanos, la mala imagen que se la ha dado por el desconocimiento de su contenido graso, la han alejado del gusto del consumidor, principalmente urbano.

Imagen 4. Producción total de carne de porcino en México (1999)



Imagen 5. Producción de carne en canal en México (miles de toneladas)



Fuente: SAGARPA, FAOSTAT, FAO Y FIRA boletín informativo

Siendo 10 entidades principalmente productoras de carne de cerdo, las cuales son: Jalisco, Sonora, Guanajuato, Yucatán, Puebla, Veracruz, Michoacán, Edo. De México, Oaxaca y Guerrero. Cabe señalar que en todos estos estados se registran niveles de producción superiores a las 170,000 toneladas.¹⁰⁸

No.	Estado	Volumen	No.	Estado	Volumen
1	Jalisco	193,362	17	Quintana Roo	10,014
2	Sonora	174,712	18	Tabasco	8,341
3	Guanajuato	102,162	19	Tlaxcala	8,132
4	Yucatán	83,052	20	San Luis Potosí	6,965
5	Puebla	80,991	21	Zacatecas	6,476
6	Veracruz	73,723	22	Coahuila	5,760
7	Michoacán	53,355	23	Nayarit	4,694
8	Edo. De México	32,384	24	Campeche	4,642
9	Oaxaca	27,744	25	Chihuahua	4,430
10	Guerrero	26,180	26	Distrito Federal	4,220
11	Hidalgo	18,725	27	Aguascalientes	4,061
12	Chiapas	18,294	28	Durango	3,847
13	Nuevo León	17,610	29	Baja California	3,703
14	Sinaloa	16,694	30	Morelos	2,462
15	Tamaulipas	15,021	31	Colima	1,173
16	Querétaro	13,911	32	Baja California Sur	1,115

1.3 Diagrama de flujo del proceso de sacrificio de cerdos

El procesamiento de cerdos incluye los siguientes pasos reportados en el Diagrama de Flujo 1.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SACRIFICIO DE PORCINOS

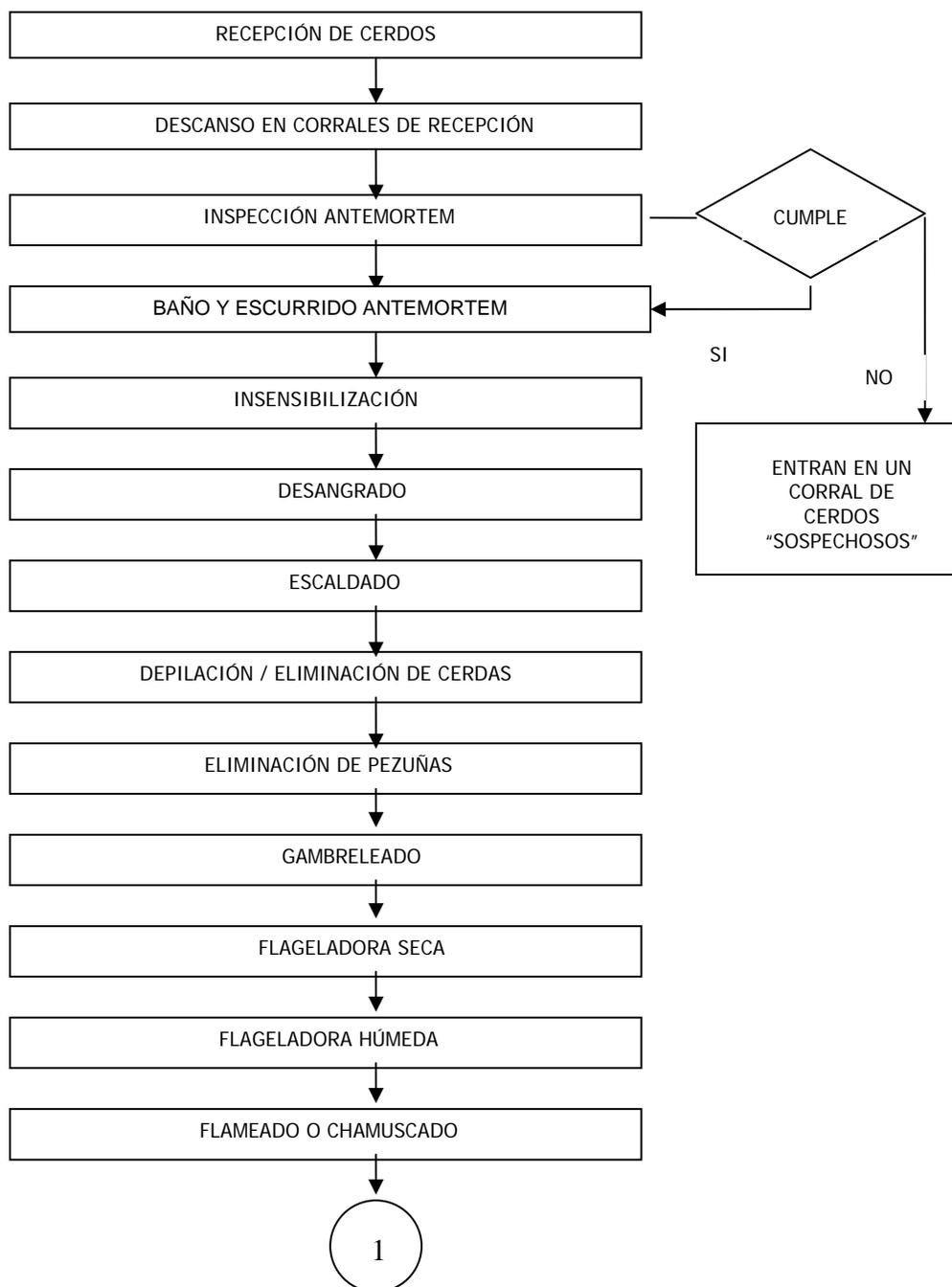
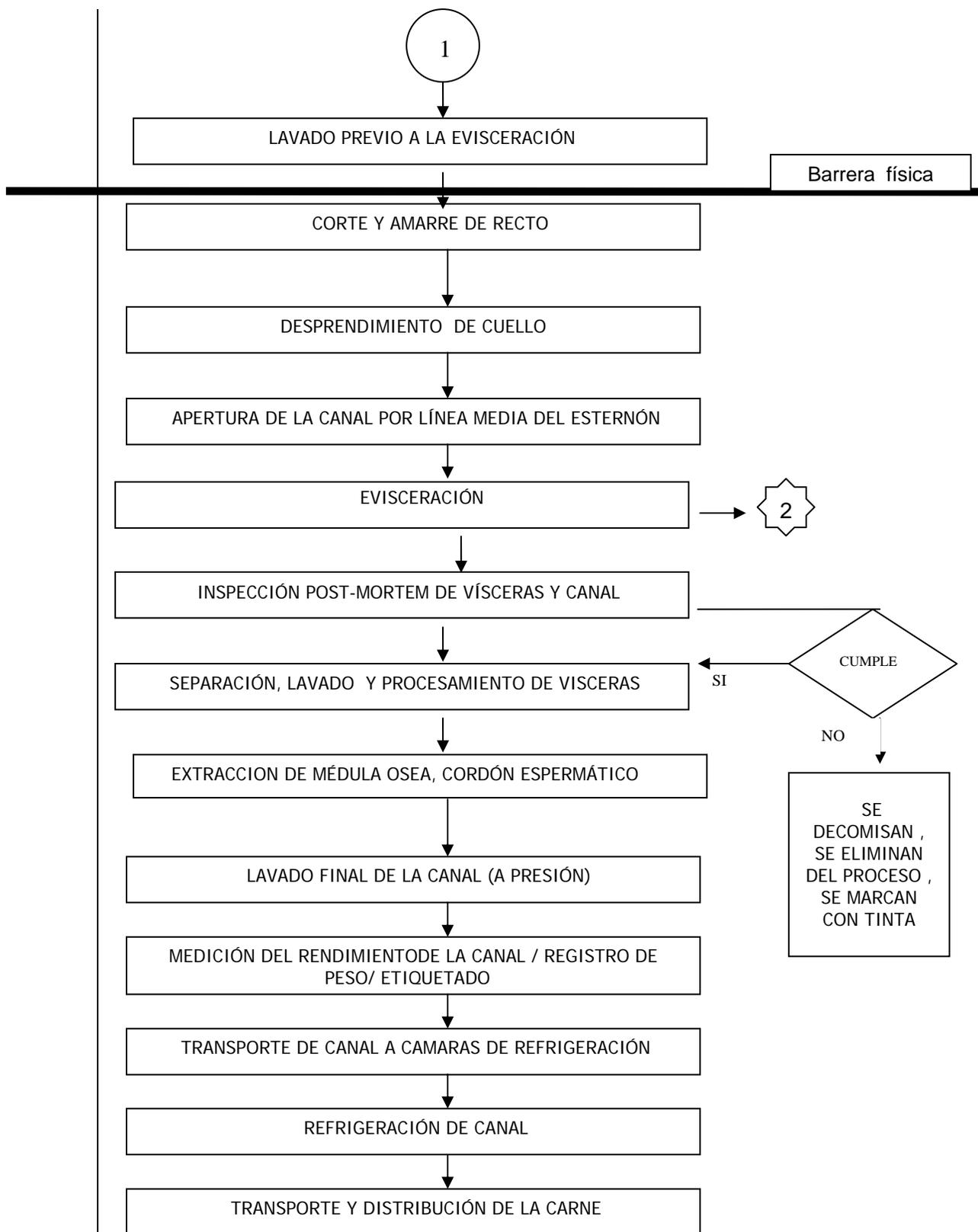


Diagrama 1. Diagrama de flujo de Proceso de Sacrificio de Porcinos



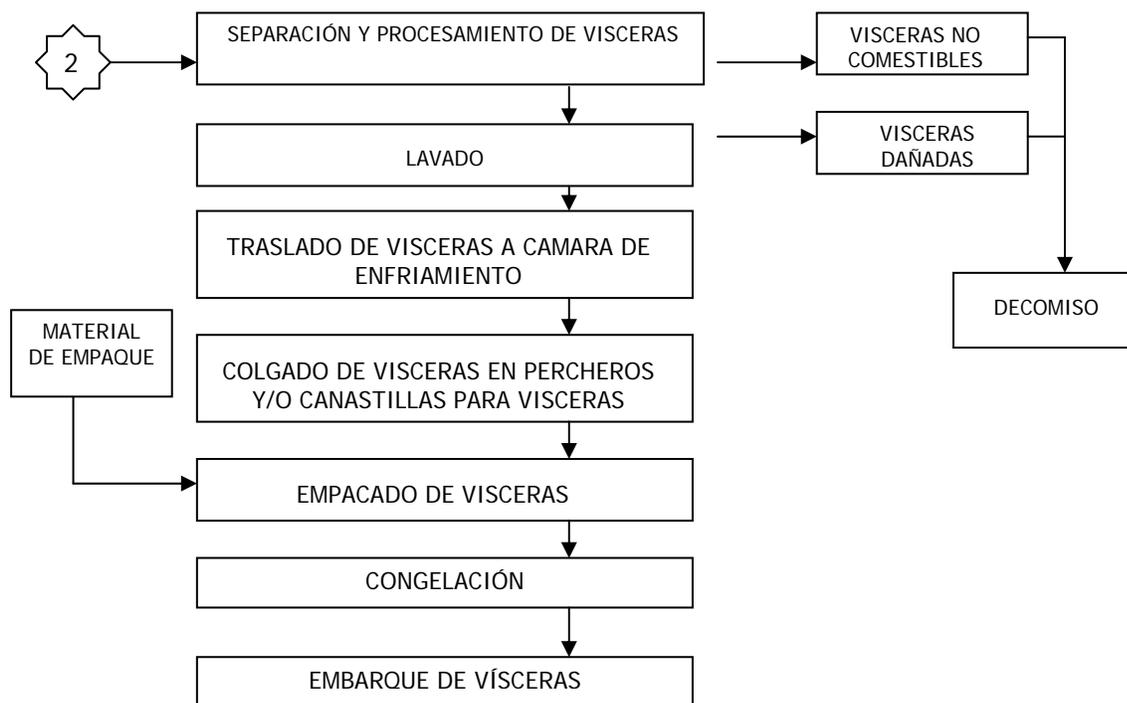
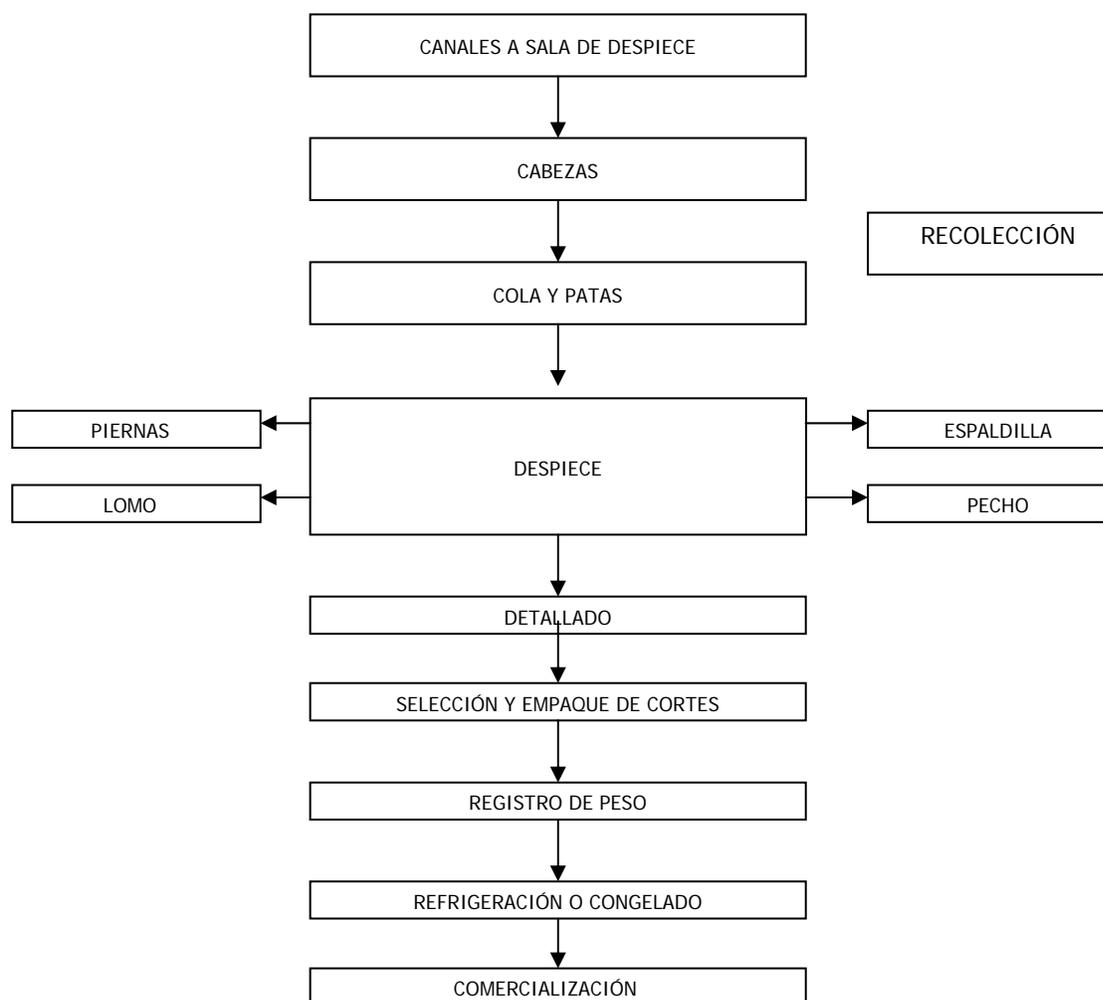


DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESHUESE DE PORCINOS



2. Producción

Aunque la producción de animales de abasto no corresponde a las etapas del procesamiento para la obtención de la carne (es por sí misma una etapa de la cadena productiva), es necesario abordar el tema por la repercusión que tiene en la calidad e inocuidad de la carne y otros productos de valor agregado. (Ver Módulo 7. Calidad de la Carne). La integración de cada uno de los eslabones de la cadena productiva puede poner carne competitiva en calidad y precio en la mesa del consumidor, derivando en que las utilidades del valor agregado al producto se revuelvan en toda la cadena y no sólo en su fracción terminal.^{102,103}

Cuando en las explotaciones pecuarias se tienen los controles adecuados de higiene de las instalaciones y de salud de los animales de abasto, se proveerá de buena materia prima al siguiente eslabón de la cadena productiva, es decir, al proceso de obtención de la carne (incluidos subproductos). Dicha actividad recae en el Médico Veterinario responsable de la explotación, mismo que, en otros países, certifica el estado sanitario de los animales que envía al sacrificio, situación que facilita la valoración efectuada por el MVZ inspector del rastro. En la detección de patologías animales sujetas a control oficial está establecido regulatoriamente (en otros países), el seguimiento e investigación de los hatos de origen, con lo que se incrementa la efectividad en el control de los problemas, bajando significativamente su frecuencia.^{102,71}

Un aspecto fundamental en el manejo de los animales de abasto, tanto en la granja como en el rastro, es evitar que estos se exciten, ya que un animal en calma se puede mover más fácilmente, mientras que son necesarios aproximadamente 30 minutos para que un animal excitado se calme y su corazón retorne al pulso normal. Los arreadores eléctricos no deben ser usados, en su lugar es recomendable el uso de correas, plásticos, banderines o paneles.⁷¹ Hablar de producción es también hablar del bienestar animal. Mientras que en México existe el Reglamento de Salud Animal, en Europa la preocupación por el bienestar animal es creciente. La información que se facilite a los consumidores sobre los sistemas de producción y un etiquetado adecuado de las condiciones de producción de los productos de origen animal pueden constituir dos elementos esenciales de la cadena de producción en los próximos años. Es en este contexto que la Comisión Europea financia desde el año 2004 un proyecto europeo integrado, conocido con el acrónimo de "Welfare Quality®". Uno de los objetivos principales del proyecto es obtener un sistema de valoración del bienestar de los animales de abasto que sea aplicable en granjas y establecimientos de sacrificio, y que pueda convertirse en un sistema estandarizado para toda Europa. Además, el sistema de valoración, debe proporcionar información sobre el bienestar de los animales de una forma sencilla y entendible por el público y, a su vez, identificar de forma inequívoca los productos procedentes de estos estándares de bienestar animal. El sistema de valoración utilizará las medidas basadas en los propios animales sobre aquellas basadas en el ambiente o el manejo de estos. La inclusión de parámetros en el protocolo final de valoración del bienestar del porcino en el establecimiento de sacrificio depende de factores tales como su validez como indicador del bienestar animal, la facilidad con la que pueda ser valorado por distintos observadores en distintos entornos y condiciones con un error mínimo, que precise de poco tiempo para ser valorada y que combinada con otras medidas dé un resultado final óptimo. A modo de ejemplo, se presentan algunos de los parámetros que serán incluidos en el sistema de valoración del bienestar del porcino en establecimiento de sacrificio, tales como la valoración del miedo, resbalones, caídas, cojeras, presencia de heridas o índice de mortalidad y eficiencia del aturdimiento previo al sacrificio. Para más información se puede consultar la dirección www.welfarequality.net.¹⁰⁴

2.1 Diseño de instalaciones

Las instalaciones constituyen uno de los papeles más importantes en el programa de inversiones para la explotación porcina. Las instalaciones y equipos pueden facilitar en gran medida el manejo del rebaño si han sido proyectadas funcional y racionalmente. Por lo anterior, cuando se crían animales de abasto, existe una gran posibilidad de que sufran heridas o estrés debido a las malas condiciones o manejo que se les brinde lo cual puede producir pérdidas a lo largo de la cadena productiva. Instalaciones adecuadamente diseñadas y construidas contribuyen significativamente a un manejo adecuado de los animales.¹⁰⁵

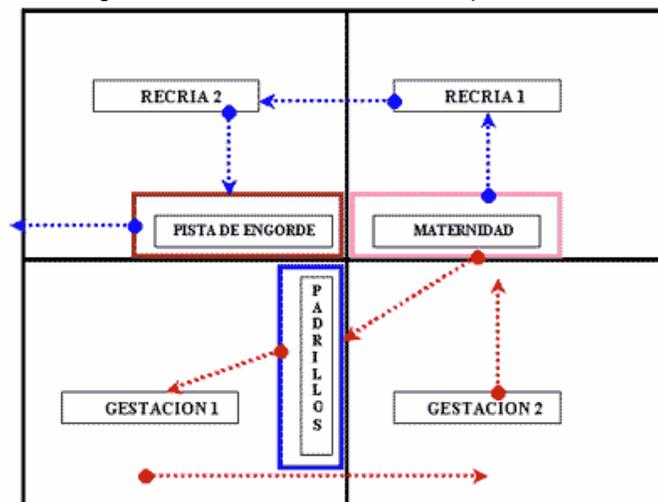
Las instalaciones son higiénicas cuando están bien ventiladas y atienden a los factores climáticos (viento, temperatura, humedad). Además deben permitir una correcta exposición al sol o protección según las circunstancias. En zonas donde el clima es templado-cálido, las instalaciones deben estar abiertas pues en la mayoría de los casos el problema consiste en superar el calor. El frío constituye un obstáculo solamente durante la primera semana de vida del lechón. Dentro de las probabilidades, el lugar destinado a los cerdos, debe ser alto, soleado, seco, aireado, con buen declive para permitir el rápido drenaje del agua, suelo permeable y fértil. Los lugares húmedos, oscuros, fríos, bajos e impermeables son inadecuados e incómodos para la explotación. Como la transpiración del cerdo es nula, el animal busca los lugares húmedos, charcos, bañados, etc. Sin embargo si hay refugios bien ventilados y piquetes empastados con sombra, el cerdo puede prescindir de charcos, bañados y piletas, verdaderos focos de parasitosis y otras enfermedades. La humedad ambiental es el mayor enemigo del cerdo. Una humedad elevada con baja temperatura predispone al animal a las enfermedades de los aparatos respiratorio y digestivo. Si la humedad y la temperatura son elevadas provocan inapetencias y crean condiciones óptimas para los parásitos externos e internos. Las instalaciones destinadas a cerdos deben asentarse en zonas de buenos caminos, que permitan el acceso permanente al criadero. Se deben realizar las instalaciones en áreas distantes del tránsito de vehículos y vacunos. Esta última precaución es importante para controlar la brucelosis y la aftosa, enfermedades que ocasionan pérdidas cuantiosas en la explotación actual del cerdo.¹⁰⁵

Independientemente del sistema de crianza utilizado, el criadero debe poseer una distribución racional que provea una comunicación funcional de sus partes y permita el fácil manejo de los animales y el

acceso de vehículos sin dificultad. En la explotación de los cerdos existen básicamente dos ciclos que deben tenerse en cuenta:

- a) Lechón: El ciclo del lechón comienza en la maternidad y con el parto, continúa en la recria y finaliza en la pista de engorde con la terminación del mismo.
- b) Cerda madre: La cerda madre va a la maternidad, luego del destete es cubierta por el padrillo, permanece en lotes de gestación y vuelve a la maternidad.¹⁰⁵

Imagen 6. Distribución del criadero para cerdos¹⁰⁵



▪ MATERNIDAD

La maternidad es una instalación destinada a la cerda que va a parir, y debe ofrecer comodidades para la madre, seguridad a los lechones y facilidad en el manejo. Es una instalación indispensable en cualquier sistema de crianza.

▪ PADRILLERAS

Son el alojamiento de los padrillos, deben reunir un mínimo de características indispensables para la comodidad de los cerdos y la facilidad del manejo. El cerco perimetral debe estar construido de tal manera que impida la salida del cerdo. La puerta debe ser ancha para permitir la entrada de un tractor que facilite los trabajos de nivelación del piso y labores del suelo.

▪ PISTA DE ENGORDE

La explotación porcina se basa esencialmente en la capacidad de los cerdos para transformar alimentos bastos y de bajo valor comercial en carne, alimento noble y de gran valor. Por lo tanto la alimentación así como los equipos empleados en ella, son aspectos que deben considerarse cuidadosamente. Los comederos y Bebederos deben satisfacer las exigencias de higiene y facilitar la limpieza.

En general, los corrales en las granjas y rastros deben tener espacio suficiente para que los animales se echen y para que no existan congestionamientos que propicien peleas, o mala distribución del alimento, estructuras lisas que no causen heridas en los animales y que permitan su fácil limpieza, pisos antiderrapantes, así como suficiente ventilación o protección para que mantener temperaturas adecuadas. Todas estas características coadyuvarán a mantener en las mejores condiciones a los animales permitiendo que su nivel de estrés sea mínimo. La presencia de mangas de contención facilitará que los animales caminen directamente al transporte, al igual que en el desembarque. Se recomienda sean angostas en el sentido de que el animal no pueda darse la vuelta; en la medida de lo posible deben ser curvadas para facilitar el movimiento instintivo del animal. Las rampas, tanto en granja como en el rastro funcionan mejor cuando son escalonadas (o tienen barras cruzadas en el piso) para que el animal pueda pisar con seguridad. Respecto al tiempo de carga aconseja realizar todo el proceso en menos de 1 hora, de modo que mediante la reducción de distancias entre corrales y camiones, o el uso de cargadores hidráulicos, se agilice el manejo y se reduzca el estrés en los animales.^{7, 57,105} Para mayor información sobre Diseño de Instalaciones consultar Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura en el

punto Requerimientos de Construcción y para saber como afecta a la calidad de la carne, revisar el Módulo 7. Calidad de la carne.

3. Transporte de animales

El transporte de animales al rastro, estrictamente hablando, tampoco corresponde al proceso de obtención de la carne, sin embargo, es una etapa de gran importancia ya que puede comprometer la calidad e incluso la inocuidad de la carne, si no se acatan los lineamientos técnicos establecidos (espacio mínimo, ventilación, tiempo, temperatura, dieta, etc.).⁵⁷

3.1 Precauciones antes de la carga

1. La premezcla de porcinos hace que se familiaricen y viajen sin pelearse, a diferencia de los animales que son extraños.
2. La mayoría de los animales suelen ser alimentados e hidratados antes del transporte (dependiendo de la distancia al rastro), lo cual favorece la excreción, contamina la piel del animal y favorece las infecciones. No es recomendable alimentar a los cerdos antes del transporte porque el alimento se fermenta y el gas causa presión en el corazón y cavidad torácica, causando fallas en el corazón e incluso la muerte.
3. Evitar la mezcla de animales de diferentes especies.
4. Los animales enfermos, heridos, emaciados o en avanzado estado de gestación no deben ser transportados. Animales inhabilitados o muy pesados no deben viajar grandes distancias.
5. Los vehículos deben estar equipados con una rampa portátil que permita un desembarque de emergencia en caso necesario.⁶¹

El transporte de animales desde el sitio de crianza hasta el rastro es considerado como uno de los factores de estrés más importantes en la industria cárnica, tanto por el propio desplazamiento del animal, como por el resto de las actividades a que son sometidos. El tratamiento de los animales previo al transporte, el ruido, las vibraciones (frecuencia, dirección y aceleración), la falta de experiencias previas, el reagrupamiento social, el hacinamiento, los factores climáticos (temperatura, humedad y gases), la carga y descarga, el tiempo de transporte y la privación de agua y alimentos, son factores estresantes a considerar. Claramente se puede comprender que la respuesta de los animales al transporte no es simple y resulta muy difícil identificar la contribución relativa de cada uno de estos factores.^{63,64,65}

Dentro de los vehículos comúnmente empleados para transportar a los animales, se incluyen los camiones (foto 1). Dentro de los requisitos que éstos deben poseer están:

1. Ventilación adecuada, suficiente ventilación a unos 0.6-0.8 metros por sobre la superficie de carga⁶¹
2. Piso antideslizante
3. Ningún vehículo debe estar totalmente cerrado
4. Superficies de las paredes lisas, la superficie de carga y las paredes de las jaulas deben estar ensambladas sin dejar grietas o superficies cortantes⁶²
5. Drenaje
6. Protegido contra rayos del sol
7. Ser de fácil limpieza y desinfección⁶²

Los vehículos destinados para el transporte de todo tipo de animales, deberá someterse a limpieza y desinfección antes y después de cada traslado. Además la falta de ventilación en el transporte puede causar estrés y sofocación, especialmente en temporada de calor; la acumulación de los gases en el vehículo provoca intoxicaciones. Los cerdos son particularmente susceptibles a condiciones extremas de calor, baja circulación de aire, alta humedad y estrés respiratorio. Un buen flujo de aire al nivel de piso es necesario para facilitar la remoción de amoníaco procedente de la orina.⁵⁷

Los pisos antideslizantes son indispensables para reducir el riesgo de que los animales sufran lesiones; se puede colocar una trama de madera o metal que sea removible.⁵⁷

Es recomendable que las protecciones laterales del vehículo sean altas para prevenir que los animales salten. Se requiere de un espacio mínimo por animal para evitar que la sobrecarga provoque heridas e incluso la muerte del animal, haciendo ajustes cuando se requiera por la raza o tamaño corporal. Cuando el área de carga es más grande que el número de animales, se deben colocar barrotes para evitar que los animales se golpeen.⁵⁷

Foto 1. Transporte de animales: camión jaula para porcinos.

De acuerdo a investigaciones recientes⁵, se encontró que los mayores rangos de estrés físico y emocional se presentaron en los procesos de carga de los animales tras hacerlos subir por rampas

inclinadas. Las rampas utilizadas para facilitar la subida de los animales al vehículo deben tener una inclinación no mayor de 20° cuando están destinadas a porcinos; la superficie del piso debe disponer de un diseño antideslizante a manera de listones transversales (foto 2).^{62, 65}

Foto 2. Diseño del piso antideslizante de las rampas de carga y descarga de animales

Se ha demostrado que durante los procesos de carga se produce un incremento del ritmo cardiaco y temperatura corporal, conforme aumenta el ángulo o gradiente de inclinación de las rampas utilizadas. Dado que el uso de rampas para la carga de grupos reducidos de animales y la inevitable manipulación a que son sometidos por el hombre provoca grados de estrés, se propone emplear cargadores hidráulicos.^{12,61}

Es por ello, que se tenga especial interés en mejorar las condiciones de carga de los animales utilizando cargadores hidráulicos o, en su defecto, suaves rampas con ángulos máximos de inclinación de 15°-20°^{7, 61}, para evitar en la medida de lo posible, que los animales lleguen al rastro excesivamente estresados y fatigados tras el viaje¹⁰. Para facilitar la carga, las rampas deben permitir el paso de 2 ó 3 cerdos a la vez, estar construidas con material antideslizante y, en caso necesario, equipadas con protecciones laterales, debiendo permanecer el camión bien iluminado durante la carga de los animales.^{15, 61}

Si los animales son transportados posteriormente al consumo de alimento, la contaminación fecal es más intensa, se pueden difundir las heces sobre todo en vehículos con dos o más niveles y contaminar la piel de los animales, contribuyendo a elevar el riesgo de contaminación del producto en el rastro (ej. Contaminación de utensilios de trabajo, contaminación agua de escaldado). La limpieza de los transportes es indispensable ya que disminuye la contaminación cruzada entre el ganado y la posible contaminación llevada a los rastros.⁵⁷ Lo anterior justifica las razones más importantes para la retirada del alimento de los cerdos en las granjas se debido a la reducción de problemas asociados con el manejo de intestinos repletos en el rastro³³. Por contra, si los animales se encuentran recién alimentados, suelen ser frecuentes las muertes en el transcurso de dicho transporte, más aún si se produce durante épocas de calor o si los animales son susceptibles al estrés⁷, ya que se ha comprobado que el estómago lleno puede reducir el diámetro de la vena cava, empeorando el retorno venoso y dificultando el avance circulatorio⁴, agravándose el proceso al favorecerse la aspiración del propio vomito del animal.⁵ Se entiende por retirada de alimento antes del sacrificio es el periodo de tiempo en que se les niega el alimentos a los cerdos antes de su sacrificio. Para calcular el número de horas con las que se debe realizar la retirada del alimento, debe de considerarse:⁶¹

Tiempo sin alimento en la granja + Tiempo de carga+Tiempo de descarga+Tiempo de retención de los animales antes de entrar al rastro = Tiempo de retirada de alimento.

Por ejemplo, si el alimento se da a las 7:00 pm y se va a sacrificar a las 10:00 am del siguiente día, el tiempo de retirada de alimento antes del sacrificio es de 15 horas. Numerosos estudios han demostrado que el tiempo de retira optimo es de 12 a 19 horas.⁶⁷

Se ha comprobado que el transporte de animales en vehículos con densidades de carga por encima de los valores recomendados, o lo que es lo mismo, cargar un elevado número de animales por unidad de superficie, afectan de forma negativa sobre la salud y el bienestar animal, al verse favorecido un mayor grado de estrés físico en los animales²⁰ que se traduce de forma clara en tasas de mortalidad más elevadas^{6, 20,22} y en un empeoramiento generalizado de la calidad final de la carne.⁶³ La sobrecarga de los camiones es la mayor causa de incremento del estrés y de las pérdidas por muertes. Warriss^{20,21} informó que la sobrecarga de camiones resulta en una clara evidencia de estrés físico, cuando cerdos de 100 kilogramos se cargan con una relación de 322 kg/m². Con esta relación de carga podría no haber espacio suficiente para que todos los cerdos se acuesten.^{20,21} Las densidades de carga apropiadas pueden variar dependiendo de la duración del viaje y la temperatura. Es necesario diferenciar entre viajes largos y cortos. En viajes más largos o durante temperaturas muy calurosas los cerdos necesitarán más espacio, para poder acostarse sin que tengan que yacer unos sobre otros.⁶¹

Cuando los animales se movilizan en grupos no homogéneos se deben subdividir en lotes, ya sea según sexo, edad, peso o tamaño, condición física, temperamento, y si se alojan en el mismo vehículo se usarán divisiones en su interior. En las etapas tempranas del transporte se observa un desarrollo activo e importante de las interacciones sociales. Los animales jóvenes son más susceptibles al estrés durante el transporte que los adultos.⁶¹ Deben inspeccionarse los animales periódicamente a lo largo del recorrido, para detectar aquellos que estén echados o caídos, tratando de evitar que sean pisoteados o sufran mayores lesiones, como hematomas o fracturas. Es recomendable que durante los tiempos de espera, los vehículos con los animales estén estacionados bajo la sombra, sin embargo para disminuir los tiempos de espera en los rastros⁶¹:

☑ El arribo de los animales deberá programarse cada vez que sea posible.

☑ Los rastros deberán contar con suficientes corrales de desembarco.

Nunca se deben movilizar animales junto con sustancias en el mismo vehículo, y especialmente cuando éstas sean tóxicas o peligrosas.

Para realizar una correcta movilización de los cerdos hacia el rastro se debe tomar en cuenta que la tendencia natural de los cerdos es seguir a los "líderes" hacia las áreas extrañas por lo que se sugiere que en lugar forzarlos a moverse todos juntos se coloque al líder al frente para que la piara los siga. Además de asegurarse que haya suficiente luz sobre y delante de los cerdos y que esté bien distribuida para evitar sombras que los distraigan.

El vehículo debe ser conducido lentamente, sin tirones, altos repentinos o vibraciones. La vibración, caracterizada por la dirección (horizontal o vertical), así como por la aceleración y la frecuencia, es un factor importante para definir cuan estresante es el transporte, ya que posee un gran impacto emocional. Al inicio del transporte las frecuencias bajas de vibración (2 Hz) inducen miedo en los animales por un gran desplazamiento y la poca predicción del movimiento. Si el transporte continúa por más de dos horas, frecuencias altas (8 Hz) generan malestar en los cerdos debido a la resonancia de sus órganos internos (vibraciones en las vísceras y músculos). Las frecuencias altas conjuntamente con aceleraciones bajas inducen desplazamientos bajos y buena predicción que no comprometen el bienestar de los animales transportados. Por ende, es imprescindible evitar los movimientos bruscos y las aceleraciones, debiendo ajustarse las suspensiones de los camiones y entrenar a los conductores para generar bajo estrés en los animales durante el transporte.^{13, 26, 61}

La mayoría de los cerdos que se movilizan toleran bastante bien las temperaturas frías, en cambio el calor resulta un inconveniente, y si es extremo, se recomienda darles un baño de aspersion durante viajes largos. El transporte es recomendable se efectúe por la mañana o por la tarde, para que no haya sol. En la medida de lo posible, los viajes deben ser cortos y directos, sin detenerse. Los cerdos deben tener acceso frecuente al agua de bebida a lo largo del viaje, particularmente en condiciones de calor y humedad.⁵⁷ ya que la temperatura ambiente elevada (superiores a 28°C)²⁴ predispone a los animales a sufrir hipertermia durante su transporte^{60, 61}, ya que la frecuencia cardiaca y el ritmo respiratorio se aceleran significativamente.

Las altas temperaturas ambientales incrementan el riesgo de estrés de calor y mortalidad durante el transporte ya el cerdo suda únicamente por la jeta, el prepucio y los espacios interdigitales, por esta incapacidad para sudar adecuadamente, los cerdos se agitan fácilmente, por lo que cualquier esfuerzo físico los predispone a sufrir estrés calórico y el riesgo de morir por "golpe de calor" es alto. Aunado a esto, un ambiente seco también afecta negativamente a la mucosa nasal de los cerdos y aumenta el riesgo de infecciones transmitidas por el aire. Se ha comprobado²⁰ que a los 30 minutos de iniciado el movimiento, la temperatura interna del vehículo de transporte no difería con la externa más allá de 2-3°C, y que la humedad o densidad de vapor es equivalente a las condiciones ambientales existentes. No obstante, el problema se agrava cuando se producen paradas o esperas prolongadas antes del sacrificio, donde los animales pueden sufrir el rigor del "golpe de calor", resultando en manifiestas pérdidas de peso y en un empeoramiento generalizado de la calidad de la carne^{16, 63}, ya que si se sacrifican los animales con una alta frecuencia cardiaca en condiciones de elevada temperatura y humedad ambiente, se favorece la tendencia del músculo hacia el defecto PSE²³.

Aunado a esto, es importante evitar el hacinamiento de los animales en los vehículos porque suele ser un factor determinante para la hipertermia de los animales, así como para el incremento del número de lesiones.⁶² Para los cerdos se recomiendan cargas de 235 kg/ m².⁶⁶ La hipertermia durante el transporte de los cerdos en también una consecuencia de la falta de ventilación de los vehículos, la cual puede ser especialmente deficiente en regiones de climas fríos extremos cuando se cierran los transportes para evitar enfriamiento de los animales.⁶⁰

La temperatura más adecuada para el transporte de porcino se halla comprendida entre 10°C y 15°C, ya que por encima de 15°C se eleva la mortalidad al aumentar la susceptibilidad al estrés térmico y no poder disipar el calor de una forma efectiva.

En numerosos estudios describen incrementos en la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y respiratoria y la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. La activación de este eje genera un incremento de la glucemia (con un máximo entre la primera y segunda horas de viaje), cortisolemia (durante la carga de los animales e inmediatamente de comenzado el viaje). Las enzimas musculares (como la creatin quinasa) se incrementan en la sangre a consecuencia de una fatiga muscular, observándose su máximo nivel a la segunda hora de viaje.^{13, 26, 61, 65, 67} La liberación de

glucocorticosteroides y adrenalina, entre otros transmisores biológicos, favorecen el desarrollo de infecciones además de influenciar de manera directa en el metabolismo de carbohidratos y en la eficiencia circulatoria, afectando la maduración de la carne y su calidad.⁶³ (Ver Módulo 7. Calidad de la Carne)

Uno de los factores propios de los cerdos que afectan su Manejo y Transporte es que tanto la genética como la experiencia previa afectarán el fácil manejo de los cerdos. Los lechones que nunca han caminado sobre concreto pueden detenerse y experimentar problemas de movilidad. La experiencia⁶¹ en granjas ha indicado que mover los animales será más fácil, si se les brinda la oportunidad de explorar la nueva superficie del suelo antes de llevarlos sobre el mismo. Investigadores británicos han informado que los cerdos de ciertas granjas son más difíciles de mover. Schaefer⁶⁹ informaron que se movilizará más fácilmente a aquellos cerdos a los que se ha hecho caminar en el pasadizo antes de su embarque. Mover a los cerdos fuera de los corrales de engorde un mes previo a su matanza, también mejorará su predisposición a moverse.^{61,69}

Los cerdos de ciertas líneas genéticas que producen cerdos sin tanta grasa pueden ser más excitables y difíciles de mover.^{61,6} Los cerdos con muy poca grasa son más temerosos y exploran menos un área abierta que los cerdos de una línea más pesada. Los cerdos de líneas delgadas también se peleaban más después de mezclarse.⁶⁹ Comparados con los cerdos de líneas más gordas, se requería más tiempo para mover a lo largo de un pasadizo a los cerdos de líneas delgadas. Trabajos del autor con productores han mostrado que la excitabilidad puede reducirse y que los cerdos serán más fáciles de manejar si los productores caminan en los corrales todos los días.⁶² Esto es especialmente importante con los cerdos de líneas genéticas excitables. Grandin⁶² encontró que gente caminando en los corrales, o permitiendo que los cerdos se movilen por los pasadizos, produce cerdos que están más dispuestos a caminar a través de una rampa. El autor recomienda que cada día, el productor debería caminar a través de los corrales de crianza y engorde, para enseñar a los animales a que se paren y se le acerquen tranquilamente. Los cerdos diferencian entre una persona en los pasillos y otra en sus corrales.⁶¹

La presencia del gen de estrés incrementará las pérdidas por muerte durante el transporte.⁶⁶ encontraron que el 9.2% de los cerdos que eran homocigote - positivos por el gen de estrés murieron durante el transporte. Los porcentajes de pérdidas por muerte llegaron al 0.27% en portadores del gen de estrés heterocigote y 0.05% en los cerdos que estaban libres del gen de estrés. Afortunadamente, mucho productores ahora seleccionan cerdos libres del gen de estrés para mejorar la calidad de la carne. Una encuesta sobre los cerdos que arribaban muertos a la planta de matanza, indicó que las muertes decrecieron del 0.27% al 0.1% cuando se removió el gen del estrés.^{61,66}

No obstante, la fuente más importante de estrés fisiológico y psicológico en los animales, de lesiones y de pérdidas económicas, resulta de las prácticas incorrectas durante la carga y descarga de los animales.⁶² Comúnmente, los animales son transportados en trailers o camionetas, en condiciones estresantes, en algunos casos por falta de espacio, en otros por ser trayectos largos sin descanso, lo que contribuye de manera significativa a un pobre bienestar animal. Los camiones deben ser conducidos por operarios entrenados en técnicas de manejo de animales de abasto.^{61,62,68}

3.2 Personal encargado del transporte de cerdos (documentos y obligaciones)

Para un adecuado bienestar de los cerdos durante su transporte, deben ser manejados por personal adiestrado⁶¹. El transportista encargado del traslado de la granja al rastro debe ser personal con experiencia para manejar el vehículo y saber que la carga que transporta se trata de animales vivos, por lo que siempre debe conducir con precaución y evitando arrancar y detenerse bruscamente, además es recomendable que ir acompañado de un asistente cuando se tratan de recorridos largos que implican muchas horas.²⁸ Los responsables del manejo para la movilización de los cerdos, deben mantenerlos tranquilos en todo momento, actuando sin brusquedad, evitando hacer ruido excesivo o dar gritos o golpes, para que los animales no sufran tensión ni se lastimen, agredan o peleen. La carga de los animales en los camiones para su traslado hasta el rastro supone una de las fases más estresantes y de mayor esfuerzo para los animales, los cuales tienen que pasar de un lugar amplio y cómodo a otro de espacio reducido y que le es totalmente desconocido, además que los animales ofrecen resistencia a subir las rampas de acceso a los camiones, sobre todo si éstos están poco iluminados.¹²

El transportista de porcinos debe llevar consigo documentación vigente como lo es su licencia de manejo vigente (correspondiente al tipo de vehículo que conduce), datos y dirección completos del destinatario del embarque, documentos o certificados correspondientes a los requisitos de la normatividad oficial vigente, un registro para el control de los tiempos de recorrido durante la movilización y el Certificado

Zoosanitario correspondiente expedido por el Médico Veterinario oficial o aprobado. Este certificado asegura que los camiones o unidades que transporten el producto terminado salieron debidamente flejados de la planta de origen. Se deben llevar registros de los animales que ingresaron al establecimiento, en los que se indique: fecha, procedencia, total de animales, quién realizó la inspección, número de lote. Cuando por cualquier circunstancia un embarque, lote o animal no hubiera sido inspeccionado al llegar al establecimiento, será alojado en los corrales por separado, para su posterior revisión.²⁸

3.3 Efectos del transporte

Las consecuencias del transporte sobre la calidad de la carne incluyen pérdidas en el peso vivo y de la canal, magulladuras, hematomas y carne PSE. Se ha estimado que las magulladuras generadas en la carne provocan pérdidas superiores a los 100 millones de dólares en la industria cárnica de EUA^{61, 65,69}. (Ver Módulo 7. Calidad de la carne de cerdo).

Un mal transporte puede tener efectos muy graves y dañinos para el bienestar del cerdo, y repercutir en una pérdida significativa de calidad y producción.

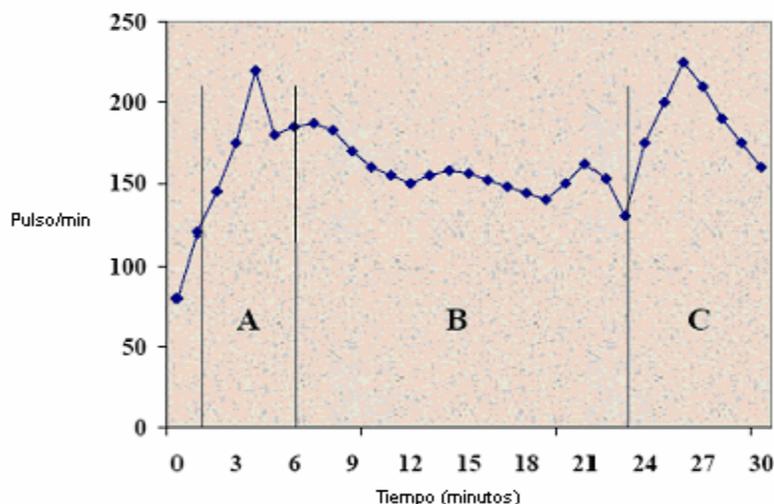
Tabla 1. Consecuencias del transporte inadecuado al rastro de porcinos⁶⁰

Estrés	Resulta en PSE (Carne pálida, blanda y exudativa) en carne de cerdo. La condición PSE en los cerdos es causada por un estrés severo, inmediatamente antes de su sacrificio (por ejemplo, al descargar a los animales, al manejarlos, al encerrarlos en los corrales o al inmovilizarlos y aturdirlos). En esas circunstancias, los animales están sujetos a una fuerte ansiedad y miedo por el manejo que le proporciona el hombre, por las peleas en los corrales o por las malas técnicas de aturdimiento. Todo ello resulta en una serie de procesos bioquímicos en el músculo, en especial, la rápida descomposición del glucógeno. La carne entonces se vuelve muy pálida y adquiere una acidez muy pronunciada (valores de pH de 5.4 – 5.6 inmediatamente después del sacrificio), y con poco sabor. ⁶⁰
Hematomas o comúnmente llamados moretones	Posiblemente la pérdida de producción más significativa en la industria porcina ya que los hematomas son la pérdida de sangre de vasos sanguíneos lesionados hacia los tejidos musculares adyacentes que pueden producirse por un golpe físico de un palo o una piedra, por otro animal, por algún saliente metálico, o por una caída. Se pueden presentar en cualquier momento durante el manejo, el transporte, el encierro en los corrales o el aturdimiento. Los hematomas pueden variar desde los leves (aproximadamente 10 centímetros de diámetro) y superficiales, hasta los grandes y severos que involucran toda una extremidad, partes de la canal, o hasta la canal entera. ⁶⁰
Pisotones	Se presentan cuando los animales se caen debido a pisos resbaladizos, o por hacinamiento
Asfixia	Generalmente es la consecuencia del hacinamiento
Fallo cardiaco	Se presenta en cerdos que han comido demasiado antes de ser cargados y transportados
Estrés por calor	Los cerdos son muy susceptibles a altas temperaturas y a la humedad
Insolación	La exposición al sol afecta gravemente a los cerdos.
Deshidratación	Los animales obligados a caminar largas distancias sin suficiente agua tendrán pérdida de peso y hasta pueden morir.
Lesiones	Patás lastimadas
Peleas	Se presentan en su mayor parte cuando se detiene un vehículo cargado de cerdos

Los procesos incorrectos de descarga, como son las demoras derivadas del tamaño y número de pisos de los camiones, nivel de ocupación de los mismos, forma de realizar la descarga y sobre todo, del número de camiones en espera para realizar dicho proceso, puede concluir en un deterioro final de la calidad de la carne, sobre todo, si la temperatura ambiente durante dicho proceso, es excesivamente

elevada⁴⁰. En este punto, el cerdo presenta estrés y fatiga pudiéndose detectar oscilaciones importantes del ritmo cardiaco entre los procesos de carga (250 pulsos/min), el transporte, con descensos de hasta 150, 100 y 50 pulsos/min al aumentar el tiempo del mismo, y la descarga de los animales, donde se vuelve a disparar el ritmo cardiaco, incluso por encima de los 250 pulsos/min (Imagen 4)²⁵. El ritmo cardiaco normal del cerdo, como se puede observar en la Imagen 4 es de aproximadamente 70 pulsos/min en un animal de 15 000 gramos.⁶¹

Imagen 7. Evolución del ritmo cardiaco en las fases de carga (A), transporte (B) y descarga (C) de los animales, durante transportes reducidos (n=9).⁶⁸



Para evitar el aumento de la frecuencia cardiaca, se propone realizar la descarga de cerdos mediante rampas tan horizontales como sea posible^{26, 61}, ya que las rampas que son lisas y muy inclinadas no facilitan la salida voluntaria de los animales desde los camiones, y a menudo resultan incompatibles con la protección de los animales o no garantizan la seguridad de los mismos. Idealmente, la inclinación de la rampa no debería exceder 20 grados para una rampa no ajustable y 25 grados para una ajustable.^{61,62} Evitar el uso indiscriminado de porras eléctricas, objetos punzantes o varas de madera para instigar a los animales durante la descarga, así como, el uso desproporcionado de "marcas a hierro" sobre el lomo de los animales para su posterior identificación, determinan el desarrollo de importantes lesiones sobre la piel de los animales, que se traducen en numerosas heridas sangrantes sobre la piel y el panículo adiposo de la canal⁹

3.4 Normatividad Mexicana

En México, las Normas Oficiales mexicanas que regulan el transporte de animales son:

- NOM-051-ZOO-1995 "Trato humanitario en la movilización de animales"
- NOM-024-ZOO-1995 "Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos"
- NOM-033-ZOO-1995 "Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres".

4. Recepción/ Descanso en corrales de recepción

El diseño, construcción y mantenimiento, así como el manejo de los animales en corrales del rastro, deben seguir los lineamientos señalados para la producción. El diseño correcto de los rastros, como rampas o conductos curvos, y corrales redondos (foto 4), facilitan el movimiento de los animales.

El área de desembarque deberá contar con rampa de altura ajustable, piso antiderrapante e iluminación (natural o artificial) suficiente. La plataforma de desembarco debe tener una pendiente que impida que los animales resbalen y se lesionen. Las rampas o callejones curvos son útiles, ya que los animales no pueden ver a los operarios trabajando delante de ellos. No obstante, la curvatura de estos callejones debe ser tal que los animales puedan ver a un mínimo de tres animales delante de la fila. Las rampas deben permitir el paso de un solo animal por vez y sus paredes deben ser lisas para evitar distracciones. Los corrales de espera deberán proveer suficiente espacio a los animales (foto 5), considerándose como

una buena regla que todos los animales puedan echarse simultáneamente. En épocas calurosas, los cerdos deben disponer de espacio adicional para prevenir la muerte por estrés calórico.⁶² Los operarios que manejan a los animales en el interior de los rastros deben estar entrenados en los principios necesarios para su conducción (foto 6). El arreador debe permanecer atrás y a un lado, para que los animales avancen. También hay que tener en cuenta que a los animales no les gusta pasar de la luz a la oscuridad y que el viento en contra, ruidos o brillos los distrae y excita fácilmente.²⁸ Aquellos que deben conducir cerdos, deben comprender la existencia de la zona de huida y el punto de balance.⁶¹ La zona de huida es una circunferencia visual alrededor de los individuos que constituye una referencia natural, cuando esa zona es invadida por un objeto o un humano. (Foto 7), el animal tiende a alejarse manteniendo la distancia por considerar peligroso al intruso.^{61,62} El punto de balance está localizado a nivel de la cruz animal y constituye su segundo elemento de referencia natural. Cuando un operario camina en sentido opuesto a la dirección de los animales atraviesa el punto de balance de los animales, éstos se moverán hacia delante sin requerir de la fuerza o toques eléctricos. Cuando el operario desee regresar al punto de partida, deberá hacerlo pasando por fuera de la zona de huida de los animales.^{61,62}

Foto 4. Descarga de animales en el rastro. Camión jaula posicionando ante la rampa de descarga y toril redondo para recibir los animales.

Foto 5. Diseño y características de construcción de los corrales para el descanso de los animales en el rastro.

Foto 6. Proceso de descarga de los animales; ubicación correcta del personal para no entorpecer el movimiento de los animales.

Foto 7. Proceso de descarga de los animales; reacciones de los animales en función de la zona de huida y del punto de balance

El diseño de las rampas de conducción debe permitir que los animales formen una fila de a uno para evitar que se agrupen, se detengan e intenten regresar.⁶⁷ Los corrales de descanso pueden contar con una cerca de 3 m de altura en el perímetro del área de descanso, con una entrada, la que conduce al corral de inspección, y una salida, la que conduce a los corrales y posteriormente a la sala de sacrificio.⁵⁷ Los locales de descanso a la llegada de los vehículos deben estar limpios, en buenas condiciones higiénicas, techados completamente, comederos, bebederos y bien identificados (corrales de animales sospechosos) con tarjetero y estar separado físicamente de los corrales de recepción.

Un calculo aproximado del espacio necesario para los corrales y los pasillos puede basarse en lo siguiente: 1.2 m² para cerdos, algunos estudios indican que los corrales en ángulo facilitan la circulación de los animales. Todos los conductos de desagüe (salvo en el corral de aislamiento) deben estar situados fuera de los corrales. El suelo debe tener una pendiente de 50 mm en 3 m para facilitar su limpieza. Es recomendable que exista un área pavimentada, con drenaje y mangueras de agua a presión para limpiar y desinfectar los vehículos después de la descarga. Esta área deberá estar situada cuando menos a 6 m de distancia de otros locales²⁹.

Cuando han viajado por etapas o grandes distancias, es recomendable que descansen toda la noche. La Unión Europea recomienda que el reposo sea de entre dos y cuatro horas, tanto para bovinos como para porcinos, ya que un descanso menor a dos horas repercute en la presentación de carnes con el síndrome Pálido Suave Exudativo (PSE). (Ver Módulo 7. Calidad de la Carne).

De acuerdo a lo señalado por la NOM-009-ZOO-1994, los animales deben permanecer en los corrales de descanso los tiempos señalados a continuación, para los porcinos con un mínimo de 12 y un máximo de 24 horas. Es ampliamente conocido que el tiempo de reposo ante *mortem* tiene una influencia directa en la calidad de la carne de cerdo. Si éste reposo fluctúa entre 2 y 4 horas se minimiza el defecto PSE.⁶⁸

El médico veterinario oficial o aprobado podrá incrementar el tiempo de reposo, cuando las condiciones de los animales lo requieran.²⁹ El tiempo de reposo puede reducirse a la mitad del mínimo cuando la distancia de procedencia sea menor a 50 km, o bien, puede incrementarse cuando a juicio del MVZ inspector los animales lo requieran.⁵⁷

El reposo de los animales antes del sacrificio permite la recuperación de las condiciones fisiológicas perdidas durante los procesos de carga, transporte y descarga de los animales, normalizando las

condiciones metabólicas, tales como la renovación de los niveles de glucógeno muscular y el tono muscular, favoreciendo la relajación de aquellos animales más afectados por las condiciones de manejo previas. Además, la fase de reposo previo al sacrificio permite recobrar las condiciones estables del sacrificio²⁵ y de este modo, contrarrestar las deficiencias de calidad en la carne²⁶. Así pues, mediante un apropiado reposo de los animales antes del sacrificio, se podrá reducir el estado de estrés provocado por el transporte hasta el rastro, minimizando de este modo la incidencia de carnes PSE²³.

Antes de que los animales sean conducidos al sacrificio se sugiere que se someten a una ducha para lavarlos y disminuir el estrés que les ha podido causar el transporte, este proceso se le conoce como baño ante-mortem el cual debe contar con un sistema de aspersión y drenaje. En seguida debe ubicarse el área de secado o escurrimiento, en ambas se debe evitar el retroceso de los animales, conectando directamente con el área de insensibilización a través de una puerta de guillotina.^{28, 57}

Los animales que son conducidos al sacrificio deben ser tratados de la misma manera a cuando llegan a los corrales de recepción. Los animales deben mantenerse calmados (evitando alboroto y ruidos), lo cual se facilita en grupos pequeños (no más de diez a la vez), utilizando correas, plásticos, banderines o paneles. Es reprobable torcer la cola de los animales o golpearlos. Los animales que son llevados al sacrificio pueden oler, oír, y ver a los que les preceden, causándoles ansiedad y estrés, resistiéndose a avanzar al ser impacientemente conducidos por el arreador, lo cual provoca una reacción más intensa de resistencia, afectando con esto el bienestar animal y la calidad del producto final.⁵⁷

5. Inspección Sanitaria

La industria de la carne constituye una actividad de gran importancia económica, donde los estándares de calidad e inocuidad son fundamentales para competir en un mercado internacional como lo es el mercado nacional. En la cadena productiva de la carne participan numerosos sectores que deben estar involucrados con los aspectos de la higiene y manejo para garantizar la aptitud para consumo humano y para el comercio de los productos obtenidos. La inspección sanitaria de los animales de abasto es una de las razones fundamentales por la que los animales deben ser sacrificados en establecimientos autorizados; otra es que se garantice el manejo higiénico de productos comestibles así como el destino de los no comestibles. Por eso en la transformación de músculo a carne, la actividad del inspector sanitario es fundamental, además de factores genéticos, fisiológicos, sanidad del animal, técnica de sacrificio e infraestructura del establecimiento.^{70,71}

Las enfermedades y las zoonosis transmitidas por los alimentos constituyen un problema importante de salud pública y son una de las principales causas de disminución de la productividad económica, tanto en los países desarrollados como en los menos desarrollados. Asimismo, la transmisión de peligros importantes para la salud de los animales por la cadena de producción de carne puede ocasionar pérdidas económicas considerables en la industria pecuaria. La inspección de los animales destinados al sacrificio puede contribuir de manera valiosa a la vigilancia de enfermedades específicas que tienen consecuencias importantes para la salud de los animales y de las personas. Por tanto, el control y la reducción de los peligros biológicos que amenazan la salud de las personas y de los animales mediante la inspección ante-mortem y post-mortem de las carnes son una responsabilidad primordial.^{109,110}

Los cambios recientes en la política gubernamental de muchos países reflejan una demanda de mayores recursos para proteger la salud pública contra las enfermedades de origen animal transmitidas por los alimentos. Además, el rápido incremento del comercio de alimentos, tanto a escala nacional como internacional, ha hecho que se preste mayor atención a la bioseguridad y a la posibilidad de transmisión de enfermedades de importancia para la salud de los animales por la cadena de producción de alimentos para consumo humano y para los animales. En un entorno de regulación mundial, que tiende cada vez más a considerar que la industria es la principal responsable de garantizar la "bioseguridad" en relación con la salud de las personas y los animales, los servicios veterinarios gubernamentales deben ejercer estas responsabilidades de modo rentable, independiente, transparente e interdisciplinario.¹¹⁰

5.1 Base Jurídica

El Código de Prácticas de Higiene para la Carne del Codex Alimentarius es la principal norma internacional para la higiene de la carne e incorpora un enfoque basado en el riesgo a la aplicación de medidas sanitarias a lo largo de la cadena de producción de carne. En él, la inspección ante-mortem se describe como un componente esencial de la higiene de la carne en la fase anterior al sacrificio, y la inspección post-mortem como un componente esencial del control de la higiene de la carne en el proceso posterior al sacrificio. El Código de Prácticas de Higiene para la Carne reconoce específicamente la

dualidad de objetivos de las actividades de inspección en el matadero en términos de salud pública y de sanidad animal.¹⁰⁹ En el Codex Alimentarius y en las legislaciones particulares de los países se establece claramente que la autoridad sanitaria debe ser el médico veterinario:

El inspector es un funcionario adecuadamente capacitado, nombrado por la autoridad de inspección de un país para inspeccionar la carne y controlar la higiene. Debe ser un médico veterinario (Codex Alimentarius, 1976)

La autoridad inspectora responsable del matadero asumirá la responsabilidad de todas las decisiones relativas a la admisión de los animales y del dictamen de la inspección ante-mortem y post-mortem. Deberá también tener la responsabilidad de asegurar, y la autoridad legal para hacer cumplir que el matadero funcione de acuerdo a los requisitos higiénicos y que las operaciones de matanza sean llevadas de acuerdo con tales requisitos higiénicos.....

La administración del matadero tendrá la obligación legal de seguir las instrucciones de la autoridad inspectora, por lo que se refiere a los requisitos de higiene e inspección, y tendrá igualmente la obligación de proporcionarla información y prestar ayuda que la autoridad inspectora razonablemente pueda solicitar (Codex Alimentarius, 1985).

El Codex Alimentarius se refiere también a la independencia en las funciones del médico veterinario inspector en relación a la administración del rastro:

Con objeto de impedir que la autoridad inspectora entre en conflicto de intereses, las funciones de inspección y administración no serán desempeñadas por la misma persona. Cuando el matadero sea propiedad gubernamental, las funciones de la autoridad inspectora y de la administración no dependerán del mismo departamento gubernamental.

Entre las organizaciones internacionales que velan por la salud pública y por la salud de los animales figuran la Organización Mundial del Comercio (OMC), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). A nivel sectorial, las organizaciones internacionales que elaboran "normas" (normas, directrices y textos afines) son la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) y la Comisión del Codex Alimentarius (CAC).¹¹⁰

5.2 Objetivos de la Inspección Sanitaria

La inspección sanitaria de animales de abasto tiene varios objetivos, siendo dos los primordiales:

- a) Proteger la salud humana contra enfermedades transmitidas por alimentos (ETA): infecciones, toxiinfecciones e intoxicaciones además de otras zoonosis.
- b) Proteger la salud animal contra enfermedades exóticas, de reporte obligatorio y padecimientos epizooticos de importancia económica.

La protección de la salud humana no se restringe al consumidor, debe prevenirse la diseminación de zoonosis y de enfermedades ocupacionales de trabajadores de la industria cárnica. La inspección sanitaria debe atender, además, aspectos económicos que afecten al consumidor y la industria cárnica, previniendo fraudes y el aporte al comercio de carne alterada y adulterada. La inspección en rastros genera información valiosa para caracterizar el panorama epidemiológico del área de influencia y para detectar enfermedades emergentes.⁵⁸

5.3 Etapas de la Inspección

La inspección de carnes debe seguir estrictamente la metodología científica expresada en la sistemática médica, que en resumen incluye las siguientes etapas.⁵⁸

1. Informe anamnésico
2. Inspección ante-mortem: a) regular y b) especial
3. Inspección post-mortem: a) regular y b) especial (Ver más adelante).
4. Diagnóstico: a) presuncional, b) diferencial y c) definitivo
5. Dictamen
6. Disposiciones /medidas

La inspección regular es la que se efectúa sistemáticamente a todos los animales sacrificados. La inspección especial se efectúa por decisión del médico veterinario ante sospechas específicas pudiendo retener canales y vísceras para efectuar una inspección detallada e incluso remitir muestras al laboratorio.⁹⁸ En México, con algunas excepciones, en general relacionadas con el seguimiento de campañas nacionales de sanidad animal, se carece del informe anamnésico, y el diagnóstico debe establecerse en base exclusivamente a la inspección ante y post-mortem, por lo que estas actividades adquieren mayor importancia.⁵⁸

No siempre es factible establecer diagnóstico etiológico en la inspección sanitaria, tampoco es necesario en la mayoría de los casos. Lo que sí es imperativo es caracterizar plenamente los hallazgos anatomopatológicos (glosario) para establecer riesgos y emitir el dictamen correspondiente.

La inspección exclusivamente de la carne (masas musculares), que es el tejido comestible por excelencia, no da ninguna garantía sobre su inocuidad, porque suele conservar sus características organolépticas aunque provenga de animales con enfermedades de importancia en salud pública. Son relativamente raras las alteraciones evidentes de la musculatura por causa de infecciones y enfermedades en general. Por lo anterior, para considerar a la carne para consumo humano debe reunir, entre otros, los siguientes requisitos:

1. Provenir de cerdos sacrificados en establecimientos que reúnan requisitos sanitarios
2. Que haya resultado sin restricción después de la inspección médico veterinaria ante y post-mortem de los animales proveedores de carne
3. Que haya sido obtenida y manejada con higiene, ausente de alteración, contaminación o adulteración.⁵⁸

5.4 Inspección Ante-mortem

El término ante-mortem significa “antes de la muerte”.^{70,98} La inspección ante-mortem es la inspección que se realiza a los cerdos vivos antes de ser sacrificados.^{70,98} Toda la pira que va a ser sacrificada en un establecimiento Tipo Inspección Federal debe ser inspeccionada por un MVZ y se realizará con un máximo de veinticuatro horas previas al sacrificio de los animales.^{71,72 98}

Las condiciones higiénicas de la granja de origen y el estado de salud del porcino destinado al sacrificio tienen efectos sustantivos sobre la inocuidad y salubridad de la carne. A este respecto, se deberá hacer todo lo posible por acopiar y evaluar datos que pudieran tener importancia para la inspección ante-mortem. Está prescrito legalmente que todo animal cuyos tejidos se destinan al consumo humano deberá ser sacrificado en establecimientos autorizados para tal efecto y que para emitir el dictamen sobre su aptitud para consumo humano, o un destino diferente, deberá ser inspeccionado antes y después del sacrificio por un médico veterinario oficial.^{70,71,98}

La importancia de la inspección ante-mortem ya que existen patologías que al hacer la inspección post-mortem no presentan hallazgos, pero en cambio sí se observan en el animal vivo a través de numerosas enfermedades de los animales que producen ligeras modificaciones anatómicas, pero en cambio se presentan con una intensa sintomatología clínica (por ejemplo, septicemia).⁹⁸ La inspección de los animales vivos es de enorme trascendencia para el reconocimiento de numerosos padecimientos de importancia en salud pública que no producen alteraciones microscópicas demostrables en la inspección post-mortem, o bien que éstas son insuficientes para establecer el diagnóstico. La inspección previa al sacrificio es determinante para identificar gran cantidad de padecimientos (por ejemplo: leptospirosis, trastornos nervioso, etc.).⁹⁸

La importancia de la inspección ante-mortem reside también en la protección de quien trabaja en contacto inmediato con el animal de abasto en un rastro, por lo que ante la presencia de ciertas enfermedades zoonóticas se prohíbe el sacrificio. Además, posibilita reconocer tanto enfermedades de carácter epizootico que representa un riesgo para la ganadería, como enfermedades exóticas. Finalmente, la inspección ante-mortem debe considerar y prever la presencia de residuos y atender a los procesos físico-químicos posteriores a la muerte anormales de la musculatura que influyen negativamente en la calidad de la carne y en su posible utilización tecnológica (Ver Módulo 7. Calidad de la Carne). La inspección ante-mortem debe efectuarse de modo sistemático, de conformidad con los procedimientos normales que establezca la autoridad de inspección, y deberá garantizar la retirada de los canales de alimentación humana de aquellos animales en los que se descubra una enfermedad o defecto que haga que su carne no sea apta para el consumo humano, y su identificación como tal.⁷¹

5.5 Finalidad de la Inspección Ante-mortem

La inspección ante-mortem tiene como finalidad asegurar a aquellos animales cuya carne puede ser apta para el consumo humano pero que requieren una manipulación especial durante el sacrificio y el faenado, así como aquellos animales que exigirán una atención especial durante la inspección post-mortem, sean segregados y manipulados o inspeccionados de dicho modo. La inspección ante-mortem tiene por objetivo ⁷¹:

1. Seleccionar sólo animales que produzcan carne y otros tejidos comestibles aptos para consumo humano
2. Comprobar si un animal está afectado de una enfermedad transmisible al hombre, o si los hallazgos hacen sospechar de su presencia
3. Verificar si un animal presenta alteraciones o muestra signos de enfermedad que afecten la aptitud para consumo humano de las carnes
4. Comprobar si un animal o un grupo de animales han sido desechados de la producción y enviados a sacrificio por ser portadores y/o eliminadores de agentes infecciosos.
5. Detectar si un animal o grupo de animales muestran signos que permiten asociarlos con la presencia de enfermedades epizooticas de notificación obligatoria
6. Evitar el sacrificio de animales efectos del estrés de transporte, con sobrecalentamiento, cansancio, excitación u otra condición que afecte la normal evolución de los procesos bioquímicos post mortales de la musculatura esquelética
7. Comprobar si un animal o grupo de animales manifiestan efectos de medicamentos o hay evidencias de que recibieron tratamiento con sustancias con acción farmacológica y carácter residual
8. En caso necesario, aislar a los animales enfermos y sospechosos para un examen clínico detallado
9. Impedir la contaminación de los locales, equipo, instrumentos y personal debido tanto a animales afectados de enfermedades transmisibles así como por animales en excesivo estado de suciedad
10. Captar toda la información necesaria para la inspección post-mortem
11. Finalmente, estudios específicos durante la inspección ante-mortem permiten identificar, aparte de las condiciones sanitarias, condiciones de mercado, características de la población ganadera, tipos de producción, variaciones estacionales y coyunturales sobre disponibilidad de animales de abasto por especie, raza, sexo, edad , condición fisiológica, etc. ^{58,71,98}

Una de las funciones más importantes de la inspección ante-mortem es cerciorarse de que los animales estén lo suficientemente descansados como para que no se oculten signos importantes para la inspección. También debe asegurarse que los signos que son importantes para la inspección, pero que pueden ser más difíciles de observar (o no ser evidentes) en la inspección post-mortem, se tengan en cuenta al adoptar una decisión en cuanto a la inocuidad y salubridad de la carne. La inspección ante-mortem permite identificar los animales que exigen una manipulación especial en los establecimientos de sacrificio (sea que se deba a su falta de limpieza o a una enfermedad o defecto) y someterlos a esa manipulación especial, así como identificar aquellos animales que exigen una inspección post-mortem especial. ⁷¹

La inspección ante-mortem tiene como objetivo evitar el sacrificio de animales portadores de enfermedades peligrosas que puedan transmitirse al consumidor de la carne de cerdo. Además, para poder obtener productos sanos y limpios es indispensable efectuar un examen previo al sacrificio, siendo esta la primera línea de defensa para el consumidor y la primera intervención del MVZ Inspector y que aplica sus conocimientos crónicos para la identificación y separación de animales afectados de alguna condición patológica o nociva para la salud pública. ^{2,71,98}

5.6 Requisitos Generales

En EUA, de acuerdo al Code of Federal Regulations (CFR), la inspección ante-mortem se presenta para sacrificio en los rastros de inspección federal debe examinarse en el local del establecimiento por un veterinario o inspector especializado bajo la supervisión de un veterinario, en el día, y antes del sacrificio. Al igual que en México, se observa al animal en movimiento y en descanso, a fin de identificar si existen algunas condiciones que hagan surgir dudas en cuanto a su salud general. Si se sospecha que algún animal está enfermo, o que muestra condiciones que resultaran en su eliminación, se detiene (identificado como "U.S. Suspect" [sospechosos en E.U.A.]) y se sacrifica como un grupo para la inspección post-mortem. Si durante la inspección de los animales vivos, un animal muestra síntomas

obvios de enfermedad, se le elimina en ese momento (identificado como "U.S. Condemned" [condenado por E.U.A.]) y no se le permite entrar en la cadena alimenticia humana.⁹⁸

La información sobre la autoridad encargada de llevar a cabo la inspección ante-mortem en el ganado se encuentra en el Federal Meat Inspection Act (FMIA) Capítulo 12, sección 603 <http://www.fsis.usda.gov/Regulations/Federal_Meat_Inspection_Act/index.asp>. En materia de regulación, la inspección ante-mortem se encuentra en el Título 9 (Animals and animal products, Capítulo III (Food Safety and Inspection Service) del Departamento de Agricultura del Code of Federal Regulations. Dentro del CFR, en el punto 307.2 se enumeran los requerimientos para las facilidades con las que debe contar la inspección <<http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FSISDirectives/6100.1.pdf>>; el punto 309 cubre la inspección ante-mortem

<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title09/9cfr309_main_02.tpl> y finalmente el punto 313 indica los requerimientos para un sacrificio humanitario del ganado destinado al sacrificio para la obtención de la carne.

<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title16/16cfr313_main_02.tpl>

La regulación en Canadá sobre la inspección ante-mortem se encuentra especificada en el siguiente link

<<http://laws.justice.gc.ca/en/showtdm/cr/SOR-90-288>>

En la Unión Europea; las disposiciones de la inspección ante-mortem se encuentra en

<<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/f84003.htm>>

Regresando a la regulación en México, todo animal que sea llevado a un rastro para su sacrificio deberá ir debidamente identificado y llegar acompañado de documentos que garanticen procedencia y legítima propiedad. Una vez que se hayan cubierto los trámites administrativos y fiscales de ingreso al rastro, el animal pasará a los corrales de descanso y estar solo bajo las disposiciones de la autoridad sanitaria responsable del establecimiento.⁷¹

Es obligación de la administración del rastro entregar con la debida oportunidad al médico veterinario inspector una relación de los animales que deberán ser sacrificados cada día y, en caso de existir, el informe anamnésico correspondiente.⁵⁸ Es responsabilidad de la autoridad administrativa del rastro presentar a los animales de manera que puedan ser examinados y dar las condiciones y facilidades para que se lleven a cabo la inspección ante-mortem.⁷¹ Se requiere de instalaciones específicas (véase NOM-009-ZOO-1994)⁷¹ como contar con una manga de contención u otro dispositivo para inmovilizar animales, en caso necesario.

La eliminación de desechos se hará con la periodicidad necesaria para mantener limpios los corrales. Para ser objeto de inspección sanitaria, todo animal deberá estar bien descansado. Existen para cada especie periodos mínimos que deben permanecer en corrales antes del sacrificio (NOM-009-ZOO-1994).⁷¹

Durante el periodo de descanso que precede al sacrificio se les suspenderá la alimentación y solo tendrán libre acceso a bebederos con agua potable. Los animales deben ser inspeccionados el día de su sacrificio. Si transcurrieron más de 12 horas de la inspección ante-mortem son haber sacrificado al animal, deberá repetirse ésta. Deberá contarse con un método de identificación de los animales inspeccionados aprobado por el médico veterinario inspector, para conservar la identidad, especialmente de animales sospechosos, durante su sacrificio y faenado.^{58, 71, 98}

No podrá sacrificarse ningún animal mientras no se le haya efectuado la inspección ante-mortem. Sólo podrán hacerse excepcionalmente en casos de sacrificio de urgencia, lo cual deberá ser notificado al médico veterinario inspector a la brevedad posible. Se considera sacrificio de urgencia cuando:⁷¹

1. Se espera que el animal muera antes de la llegada del médico veterinario inspector.
2. El empeoramiento de la situación patológica del animal conduce a la pérdida del valor de la carne.
3. El animal sufrió un accidente y por razones humanitarias debe ser sacrificado inmediatamente.

No se permitirá el ingreso al rastro de animales muertos a excepción de los que hayan fallecido durante el transporte, si es que se cuenta con planta de rendimiento disponible para convertirlos en producto no comestible. No debe autorizarse el sacrificio de hembras preñadas en estado avanzado de gestación.⁷¹

5.7 Procedimiento

En México, la inspección ante-mortem se realiza en los corrales del establecimiento con luz natural suficiente o en su defecto, con una fuente lumínica no menor de 60 candelas. Los animales deberán inspeccionarse en reposo y en movimiento, con el fin de apreciar posibles claudicaciones, lesiones de piel y cualquier otra anomalía. Se prestará especial atención a la actitud que presentan tanto en pie

como en decúbito. El inspector se auxiliará con un ayudante para movilizar el ganado para la inspección. Se induce a los animales en decúbito a ponerse en pie y en locomoción.^{71,98}

Primeramente se efectúa una inspección general del lote o partida, encaminada a comprobar la impresión de salud de los animales determinando si presentan trastornos del estado general: debilidad, aturdimiento, disminución de la reactividad y sensibilidad, decúbito, trastornos locomotores, enflaquecimiento y cualquier otra anomalía detectada en la inspección.^{71,98} Posteriormente, un examen visual detallado permitirá observar anomalías, signos de enfermedad y la limpieza de los animales. Deberá prestarse particular atención a los siguientes aspectos:

1. Estado nutricional, diferenciado enflaquecimiento fisiológico de patológico (caquexia).
2. Forma en que permanece en pie y en que se mueven (reflejos posturales y locomotores).
3. Reacción al medio ambiente
4. Estado de la piel y anexos
5. Sistema digestivo (labios, salivación, llenado gástrico, movimientos gástricos, consistencia y color de las heces)
6. Sistema respiratorio (aberturas nasales, mucosas, secreción nasal).
7. Tipo y frecuencia de la respiración
8. Sistema urogenital (vulva, glándula mamaria, prepucio, escroto).
9. Lesiones, inflamación, edema, neoplasias, etc.
10. Temperatura corporal, en animales sospechosos.

En los casos en que el inspector deba hacer un examen clínico detallado o necesite obtener muestras para envío al laboratorio, se procede a inmovilizar al animal. Es indispensable atender a los signos y a las regiones específicas por especie, que dan información valiosa sobre enfermedades de importancia sanitaria. Deberá ser el mismo inspector el que realice las inspecciones ante y post-mortem.^{58,71}

Agregar video de Inspección ante-mortem

Los animales que dentro de las 24 horas posteriores a la inspección ante-mortem no hayan sido sacrificados, deberán ser nuevamente examinados por el médico veterinario oficial o aprobado al siguiente día. Si el animal muere antes de ser sacrificado se informa al médico veterinario oficial o aprobado la existencia de todo animal muerto o caído en los corrales. El médico veterinario responsable dispondrá el sacrificio inmediato de los animales caídos, quedando prohibido introducir a la sala de sacrificio animales muertos. La disposición de éstos será de acuerdo al criterio del médico veterinario oficial o aprobado, pudiendo ser: a planta de rendimiento para su aprovechamiento como harina de carne y/o desnaturalización e incineración. Cuando la inspección veterinaria autorice el traslado de animales caídos a la sala de sacrificio, deberá realizarse en un vehículo exclusivo para este fin.⁷¹

5.8 Disposiciones de la Inspección Ante-mortem

Los dictámenes de la inspección ante-mortem puede ser:^{58,98}

1. Autorización del sacrificio
2. Retardo del sacrificio
3. Sacrificio bajo medidas de seguridad específica
4. Prohibición del sacrificio
5. Reporte inmediato ante la presencia de enfermedades de notificación obligatoria, para ello se requiere permanente actualización sobre las disposiciones regulatorias y normativas de SAGARPA
6. Toma de medidas relacionadas con la protección humanitaria de los animales
7. Prevención de residuos de medicamentos en la carne, mediante la dirección de animales tratados

Después de la inspección ante-mortem, los animales deberán quedar clasificados físicamente e identificados de la siguiente manera:^{70, 71, 72,98}

- a) sin restricción
- b) sospechosos
- c) retenidos

a) "Sin restricción": son todos los animales que no mostraron afecciones o signos de enfermedad y fue autorizado su sacrificio sin objeciones.

b) Los animales "sospechosos" son los que durante la inspección ante-mortem mostraron alguna afección o enfermedad pero que esta razón resulte insuficiente para impedir su sacrificio para consumo humano.

⁷¹ La condición y destino de estos animales se definirá una vez concluida la inspección post-mortem.

Acorde con la normatividad en la materia, en esos casos el sacrificio se efectuará en locales exclusivos para sacrificio de sospechosos y enfermos.

Cuando existan dudas y los signos de enfermedad no puedan ser interpretados cabalmente o cuando el cuadro clínico sea manifiesto de una afección generalizada de una enfermedad transmisible o de toxicidad por agentes químicos o microbiológicos que hagan o puedan hacer impropia la carne para consumo humano, se excluye el animal del sacrificio ordinario y es considerado c) "retenido".^{71, 98} Se conduce a un corral de aislamiento, con el fin de ser sometido a un examen más detallado. Todo el tiempo que los animales duren en retención estarán bajo control del médico veterinario inspector responsable. Dependiendo de los hallazgos, el inspector tomará la decisión sobre el destino inmediato del animal: autorizar o prohibir el sacrificio.^{71,72}

En caso de ser autorizada el sacrificio, estos animales, al igual que los sospechosos, deberán ser sacrificados en locales adecuados y en condiciones especiales para impedir la contaminación de locales, equipo y personal. Su destino final dependerá de la inspección post-mortem. El médico veterinario inspector puede, cuando lo estime conveniente, rechazar a un animal para el sacrificio. Al comprobarse la presencia de padecimientos que representan elevado riesgo para los trabajadores del rastro o manipuladores de carne y subproductos, se debe prohibir el sacrificio, o en su caso efectuarla con medidas preventivas adecuadas.^{58, 71,72}

Cuando se descubra la presencia de enfermedades epizoóticas y otras de reporte obligatorio se debe suspender el sacrificio y notificar inmediatamente al funcionario local responsable de sanidad animal, el cual tomará las medidas que crea necesarias, inclusive la imposición de cuarentenas. Cuando se encuentre un animal o grupo de animales afectados de enfermedades infecciosas y exista peligro de transmisión y diseminación, todos los lugares expuestos o involucrados serán inmediatamente aseados y minuciosamente desinfectados, retirando e incinerando forrajes, cama y excrementos. Los animales seriamente lesionado, paralizados o imposibilitados de locomoción por otra causa, se transportan en carro especial a sala de sacrificio. El carro podrá ser manual o motorizado, pero no deberá producir sufrimiento innecesario a los animales y deberá ser de hierro o acero, con superficies lisas que permitan su completa limpieza y desinfección.^{58,71} Deberá ser confiscado o impedir el sacrificio de todo animal expuesto a, o tratado con, fármacos y en el que se encuentren los residuos objetables correspondientes. En casos dudosos el animal se considera sospechoso, y posteriormente carne y tejidos comestibles se enviará al laboratorio para comprobar su condición. El médico veterinario inspector deberá documentar en archivo sus actividades relacionadas con la inspección ante-mortem.^{58, 71,72}

6. Baño ante-mortem

Entre el área de corrales y área de escurrido debe existir una cortina de agua que sirva como primera barrera y para el lavado de los cerdos. Estas áreas deben contar con un declive que evite encharcamientos y el flujo del agua será en dirección opuesta al flujo del ganado.³⁸ En el momento del sacrificio los animales deben estar sanos y fisiológicamente normales. Los animales que se van a sacrificar deben haber descansado adecuadamente, en lo posible toda la noche, y especialmente si han viajado durante muchas horas o largas distancias. La legislación mexicana, Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres,³⁸ exige que antes de proceder al sacrificio y desangrado de los animales se les someta a un método de aturdimiento, tanto por necesidades técnicas como para evitar el sufrimiento. El animal debe permanecer sin sentido el tiempo suficiente para poder llevar a cabo el desangrado, de forma que se produzca la muerte cerebral como consecuencia de la falta de riego sanguíneo. Los animales deben ser conducidos al área de aturdimiento tranquilamente, sin hacer mucho ruido. Los animales deben entrar en el área de aturdimiento en una sola fila para colocarlos en un dispositivo apropiado de inmovilización antes del aturdimiento.^{57, 38}

7. Insensibilización (aturdido)

El traslado de los animales al lugar de insensibilización y los métodos de aturdimiento actualmente utilizados¹⁷ previos al sacrificio, conllevan a un estado de estrés añadido sobre el animal, reflejado en un aumento de "hormonas del estrés" (adrenalina y noradrenalina) liberadas al torrente sanguíneo, que repercuten negativamente en los parámetros de calidad de la carne. (Ver Módulo 7. Calidad de la Carne). Además, el cerdo es un animal especialmente sensible a la manipulación, por lo que en el transcurso de su inmovilización, son relativamente frecuentes las fracturas óseas y las heridas sangrantes, con la consiguiente pérdida de calidad de la canal que ello supone.³⁴

El traslado de animales hacia las naves de sacrificio debe hacerse por el camino más corto y seguro, evitando estancamientos y retrasos innecesarios, mediante la construcción de pasillos segmentados y acoplados, que se estrechen progresivamente hasta permitir el paso de un solo animal desde las cuadras de espera hasta las mangas de acceso hacia los sistemas de aturdimiento, pudiendo pasar, según el diseño de rastro, por unas cuadras de empalme o cuadras cargadoras, que facilitan el acceso de los animales hacia las mangas.³⁶

Imagen 8. Transito óptimo de la capilla a las mangas⁷⁵

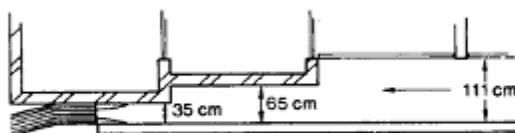
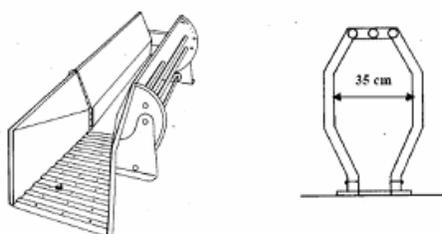


Imagen 9. Manga de aturdimiento en rampa y sección transversal de una manga



Generalmente, las mangas de acceso hacia los sistemas de aturdimiento son dobles e incomunicadas, y están construidas formando un leve rampa en subida de unos 6-7 m de largo por 0.35 m de ancho y cuya altura interna no supera los 75 cm al quedar limitada por listones longitudinales para evitar que los animales puedan elevarse (Imagen 8 y 9). Además, están provistas de unas trampillas de seguridad que facilitan el avance pero no el retroceso de los animales, formado por unas palancas metálicas que se cierran al paso de los animales.

Los cerdos se conducen hacia la zona de aturdimiento mediante mangas para cerdos (corredores que van estrechándose hasta poder pasar los cerdos de uno en uno) o por un transportador de aturdimiento o *restrainer* (pasillos con paredes laterales móviles que mantienen los cerdos de pie hasta el aturdimiento). El pasillo de conducción o manga puede desembocar directamente en las compuertas de acceso a los sistemas de aturdimiento por CO₂, o bien, con un inmovilizador para aturdimiento mediante una corriente eléctrica, conocido como *restrainer* o *stunning conveyor*, que además de inmovilizar al animal, lo transporta hacia una mesa de expulsión, gracias a que sus paredes laterales internas están equipadas por unas láminas de plástico.³⁸

Se deben utilizar procedimientos que causen una inmediata, profunda y prolongada pérdida de conciencia. Estos requisitos se alcanzan por medios mecánicos, eléctricos o gas. Si el efecto del aturdimiento es insuficiente, se producen reacciones de defensa de los animales, lo que lleva consigo un elevado consumo de oxígeno por los músculos, hecho que repercute negativamente en la calidad de la carne, ya que provocará un desangrado insuficiente y lento y también puede producirse aspiración de sangre por los pulmones.

En el desangrado, sólo se extrae aproximadamente el 50% del volumen de sangre circulante, otra proporción importante se retira con la evisceración. La posibilidad de que se presenten manchas hemorrágicas en carne aumenta al incrementarse el intervalo entre insensibilización y desangrado. El desangrado es la parte del proceso donde los principales vasos del cuello son cortados para provocar el drenado de la sangre, lo cual resulta en la muerte del animal por anoxia cerebral.⁵⁷

El cuchillo debe ser continuamente afilado. Un cuchillo mellado puede causar coagulación prematura y bloqueo de los vasos, dilatando el sangrado y prolongando el inicio de la inconsciencia y de la insensibilidad. Las incisiones deben ser rápidas y precisas. Al no cortar todos los vasos, el sangrado puede ser incompleto, causando retención excesiva de sangre en los tejidos, lo cual puede provocar el rápido deterioro de la carne.

Un tiempo prolongado entre insensibilización y desangrado puede provocar la recuperación de la conciencia, particularmente cuando los animales han sido insensibilizados con electricidad y también provocar el aumento de la presión sanguínea, con ruptura de los vasos, causando hemorragias musculares y por lo tanto más pronta descomposición de la carne.⁵⁷

Los rastros que mejoran el manejo en la manga de noqueo logran reducir la aparición de PSE en un 10% así como un animal puede dar carne de mala calidad por un mal manejo pre-sacrificio. El rastro debe contar con un cajón de concreto o metálico para un solo animal, con piso antiderrapante y una inclinación que permita el rodamiento del animal al área seca, la cual se ubica en seguida y cuyo tamaño debe ser acorde a la especie sacrificada, con drenaje y protección alrededor para evitar la huida de los animales mal insensibilizados. Para los animales caídos, debe existir una entrada que comunique directamente con el área seca, en la cual debe realizarse la insensibilización.^{34,36}

7.1 Métodos de insensibilización

El aturrido o insensibilización fue originalmente desarrollado como un método para inmovilizar a los animales, permitiendo así una forma más sencilla de manipulación de estos. Actualmente se utiliza no sólo como método para inmovilizar a los cerdos, sino para provocarles insensibilidad al dolor anterior a su muerte por desangrado.⁹⁵ El proceso de insensibilizar al cerdo es crucial en el comportamiento del metabolismo post-mortem. El estado inconsciente del cerebro se consigue mediante una descarga eléctrica de alrededor de 240 voltios y 1.5 amperes o exponiendo a los cerdos a una atmósfera saturada de CO₂. Ambos métodos deben conseguir que el animal pierda la sensibilidad, sin que el corazón interrumpa su función y que se consiga un sangrado completo, los cuales se detallaran más adelante.⁷⁴

El método de insensibilización que se utiliza normalmente para cerdo es la corriente eléctrica. Mediante unas pinzas de cabeza se hace pasar por el cerebro del animal una corriente eléctrica de alta frecuencia, pero de voltaje relativamente bajo (60-80 voltios), durante unos pocos segundos. Otro método de insensibilización que generalmente utilizan grandes rastros de cerdos es el aturrido con dióxido de carbono como se menciona al principio. Los cerdos se introducen en una cámara y se someten a una concentración de 85 % de CO₂, durante unos 45 segundos.⁷⁴

7.1.1 Percusión (produce un shock físico en el cerebro)

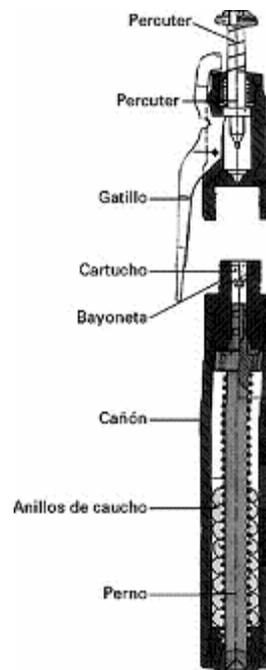
A) Perno cautivo. Un cartucho, al ser percutido, impulsa un perno (barra de metal) que penetra el hueso craneal, produciendo una contusión por daño al cerebro o incremento de la presión intracraneal. Este instrumento es quizá el más versátil, ya que puede ser usado para bovinos, cerdos, ovejas y cabras, incluso para caballos. (El aturrido por electricidad es preferible para cerdos y ovinos). Después de la inversión inicial tiene un costo mínimo de operación. Los cartuchos deben ser de diferente calibre según la especie animal.⁸³

c) Otro tipo de perno tiene al final una parte aplanada (roseta), que provoca la inconsciencia del animal al golpear fuertemente el cráneo, son que dañe al cráneo ni entre al cerebro.

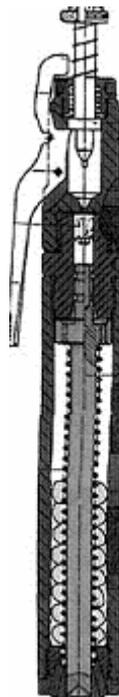
Para un aturrido efectivo, es necesario que el operario esté debidamente capacitado y no esté cansado al efectuar su labor, por lo que se recomienda que, en plantas con grandes volúmenes de sacrificio, sean rotados dos operarios. Independientemente del operario, el inadecuado mantenimiento del aparato es la principal causa de una insensibilización deficiente, por lo que deben seguirse las recomendaciones del fabricante al respecto.⁵⁷

Imagen 10. El uso de una pistola de perno cautivo⁸³

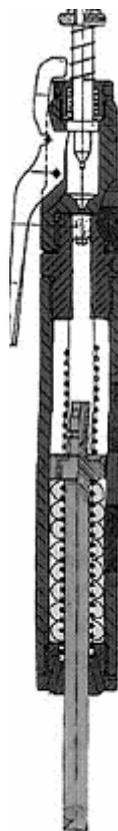
A. La parte inferior se retira de la parte principal de la pistola para introducir el cartucho.



B. Pistola en posición de disparo (se suelta el percutor por medio del gatillo).



C. El perno es expulsada luego de disparar (los anillos de caucho detienen la expulsión y retiran parcialmente el perno).



7.1.2 Insensibilización eléctrica

Es un método usual para el aturdimiento de cerdos, ovinos, caprinos y aves. Este método de insensibilización induce un estado epiléptico al descargar la electricidad en el cerebro. Este estado es reversible (correctamente aplicado) por lo que el desangrado debe efectuarse antes de que el animal retorne a la conciencia o bien antes de que muera por anoxia cerebral. Cuando es excesivo el voltaje descargado se puede provocar paro cardíaco. La corriente eléctrica es aplicada por medio de los electrodos a ambos lados del cerebro, sujetados por medio de tenazas firmemente colocadas, en el caso de cerdos. También puede colocarse un electrodo bajo la quijada y el otro al lado del cuello, por detrás de las orejas (nunca en áreas sensitivas como los ojos, oídos o recto). Ya que el cerebro de los animales es pequeño, los electrodos se deben colocar con precisión y tenerse firmemente a los lados de la cabeza de cerdos.¹¹⁵

Hay que tener en cuenta que un amperaje insuficiente puede causar que el animal sea paralizado sin perder la sensibilidad. El mínimo voltaje que se emplea es de 1.25 amperes (60-80 volts). En cerdos, durante este período, los miembros se tensan junto con el lomo y la cabeza, arqueándose y cerrando los ojos. Después de aproximadamente 10 seg., los músculos se relajan gradualmente seguidos de movimientos corporales. El aparato debe operarlo personal capacitado, los electrodos deben estar en buen estado y ser limpiados diariamente.³⁸

Para producir una insensibilidad instantánea, el aturdimiento eléctrico debe inducir un estado epiléptico pasando una corriente eléctrica a través del cerebro del cerdo.^{76,77,79,112,115} Hay dos formas básicas de aturdimiento eléctrico. "Sólo en la cabeza", en el que las pinzas se colocan a través de la cabeza, y el "ataque cardíaco"; en el que se pasa una corriente a través de ambos, la cabeza y el corazón. El aturdimiento sólo en la cabeza es reversible y el cerdo puede retornar a la sensibilidad a menos que se lo desangre rápidamente. El aturdimiento por ataque cardíaco matará a la mayoría de los cerdos deteniendo su corazón. Para inducir epilepsia en los cerdos, el amperaje requerido es de 1.25 amperes.⁷⁵ Debe haber asimismo suficiente voltaje para utilizar la corriente eléctrica necesaria. El mínimo voltaje recomendado es de 250 volts.^{76,77,82}

Este método se puede realizar en cuatro diferentes posiciones con 2 electrodos, la aplicación de los electrodos no deberá hacerse colgando a los animales, se realizará dentro de un cajón de sacrificio con piso de material aislante para evitar la electrificación del piso.³⁸

Se puede colocar de diferente manera³⁸:

- I.- Cada electrodo colocado atrás de la oreja
- II.- Cada electrodo colocado debajo de cada oreja
- III.- Cada electrodo colocado en el espacio entre ojo y oreja
- IV.- Un electrodo entre los ojos y el otro atrás de una oreja

Imagen 11. Aplicación de las pinzas que corresponden a los electrodos (Vista Frontal)

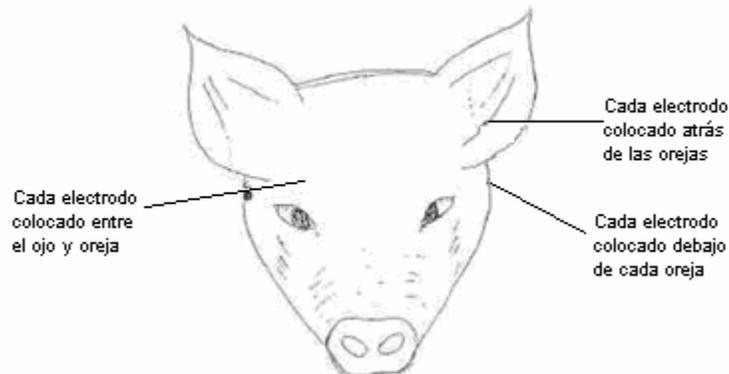


Imagen 12. Vista lateral

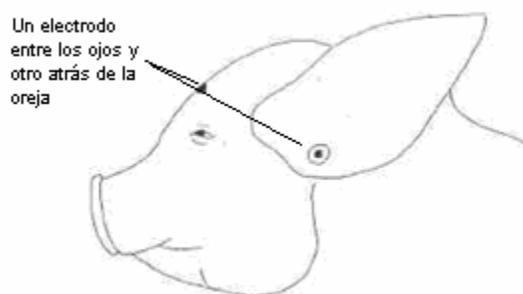
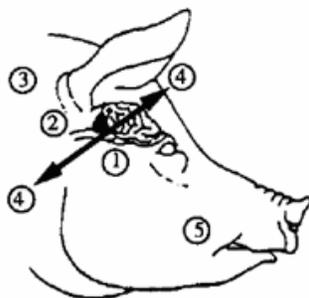


Imagen 13. Pinza de aturrido eléctrico sólo-cabeza



Imagen 14. Posiciones habituales del aturrido eléctrico sólo cabeza



Los electrodos deben estar en buenas condiciones, y sin corrosión. Se deben limpiar a diario. El operario debe ser competente para garantizar una buena posición y buen contacto de los electrodos. Para facilitar el paso de la corriente eléctrica a través del cerebro se rapan los pelos del lugar de aplicación de los electrodos o se mojan éstos.

Las descargas eléctricas excesivas en tiempo o intensidad pueden provocar que algunas articulaciones del cuerpo se luxen, causando hemorragias que desmeritan la calidad de la carne. Una de las principales articulaciones afectadas es la de la cadera y el fémur, que daña el jamón. Para prevenir este problema, debe controlarse el tiempo de la descarga y prevenir que se exceda de 3 segundos y que el voltaje y el amperaje se controlen cuidadosamente.⁷⁴ (para mayor información sobre hemorragias ver el Módulo 7. Calidad de la Carne).

Otro problema que se puede presentar es la recuperación de la consocia durante el proceso de exanguinación. Esto hace que el cerdo luche y en ocasiones, pueden ocurrir fracturas de la pelvis y de las extremidades traseras, mismas que desmerecen la calidad de los cerdos.⁷⁴

Para reducir los derrames de sangre en la piel y en la carne, algunos establecimientos de sacrificio usan aturdidores de alta frecuencia. Sin embargo, frecuencia tan altas como 2000 a 3000 hz han fallado en inducir la insensibilidad instantánea.^{78, 79, 80} Cincuenta ciclos, que es la frecuencia eléctrica principal más común (Nota: en muchos países de América del Sur y de Europa, es 50 a 60 ciclos) fue la más efectiva.⁷⁸ Anil y Mckinstry⁸⁴ encontraron que la onda senoide de 1592 Hz o la onda cuadrada de 1642 Hz de los aturdidores de "sólo cabeza" a 800 ma, inducen ataques en cerdos pequeños. La principal desventaja es que con frecuencias sobre 50 hz, el retorno a la sensibilidad ocurrirá más rápidamente.⁸⁴ Debido al pataleo, el aturdimiento de sólo cabeza con altas frecuencias no es práctico, a menos que se lo combine con una corriente adicional para detener el corazón. El aturdimiento sólo cabeza con 800 hz, en conjunción con una corriente de 50 hz aplicada al cuerpo, es efectiva.^{112,113,114,115} Este sistema está disponible entre los equipos fabricados comercialmente.^{76,115}

En EUA la mayoría de los establecimientos aplican una sola corriente que se transmite desde la cabeza al cuerpo. Es esencial que se aplique la suficiente corriente para inducir tanto el paro cardíaco como el ataque epiléptico. Se ha observado cerdas grandes, a las que se les ha aplicado suficiente corriente para inducir el paro cardíaco, pero no se ha logrado la insensibilidad. En esta situación, las cerdas han parpadeado después del aturdimiento por cinco segundos, de manera natural y espontánea. El parpadeo desapareció luego debido al paro cardíaco⁶². Elevar el amperaje sobre los 1.25 amp eliminó el parpadeo en las cerdas. El aspecto del parpadeo era como el de un cerdo no aturrido y no fue un movimiento involuntario o parpadeo de ojos desviados (nystagmus).⁷⁶

Para colocar al cerebro en el camino de la corriente, los electrodos se deben ubicar en la posición correcta^{78,79,84}. Si se ubican a los electrodos muy atrás en el cuello, ello resultará en un período de insensibilidad más corto.¹⁰⁴ Grandin⁶² ha observado que colocando el electrodo cabeza de un aturridor por paro cardíaco demasiado atrás en el cuello, resulta en el parpadeo de los cerdos. Si se coloca al electrodo en la depresión detrás de la oreja se eliminan los reflejos de los ojos.⁷⁶

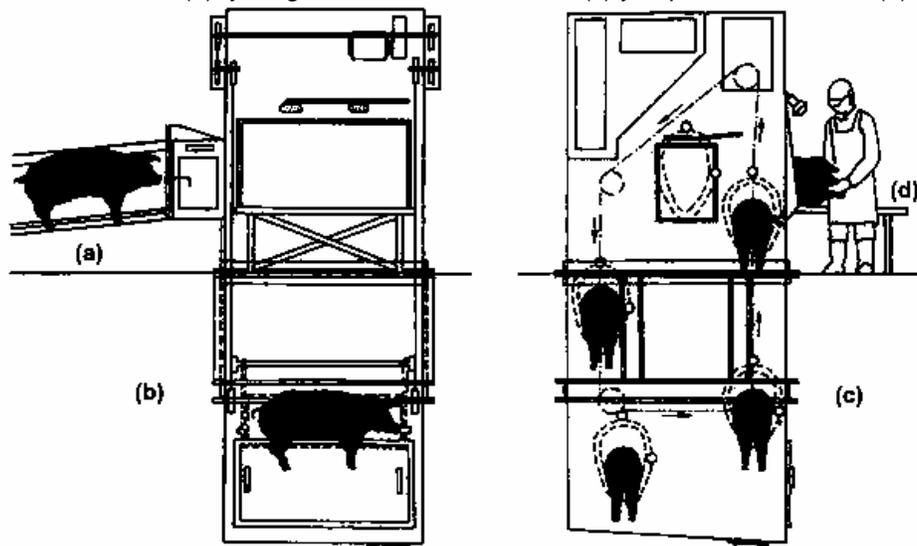
7.1.3 Bióxido de carbono (CO₂)

El uso del gas dióxido de carbono (CO₂) es un método relativamente nuevo para aturdir, es un método utilizado para la insensibilización de cerdos y aves. Debido a que requiere de un equipo sofisticado y costoso, no es muy extendido su uso. Básicamente se aturden los animales por medio de diversas concentraciones de CO₂ en el aire. Las concentraciones de CO₂ para el aturdimiento de cerdos son de por lo menos 80% en aire durante 45 segundos. Después de entrar a la cámara de CO₂, los animales deben ser transportados al punto de máxima concentración del gas y deben quedarse ahí hasta que hayan alcanzado un estado de insensibilización. De cualquier modo, la concentración del gas debe ser tal que reduzca el stress o tensión en el animal antes de que pierda el sentido. El CO₂ inspirado por los pulmones pasa a la sangre con rapidez, dada su alta solubilidad en la misma, alcanzando en segundos el cerebro por torrente sanguíneo que alimenta este órgano. El cerebro, que mediante su barrera hematoencefálica se encuentra muy protegido frente a los ácidos comunes, es alcanzado por el CO₂ por su facilidad de difusión a través de la barrera, modificando el pH del cerebro desde 7.35 a 6.8 dando lugar al estado de insensibilización.¹¹⁶

Existen tres tipos de dispositivos: a) túnel oval, b) rueda giratoria y c) gancho de inmersión. El control de la ventilación es muy importante ya que cualquier corriente de aire puede modificar la concentración del gas en la cámara. La instalación debe proveer una fuente de vapor, ya que éste suprime rápidamente el CO₂ para que se pueda limpiar o mantener sin peligro. Para cerdos se emplea una concentración mínima

de 80% de CO₂ en aire, durante 45 segundos. Para algunas razas de cerdos este método resulta muy estresante, mientras que para otras puede ser satisfactorio. Actualmente, el gas argón está siendo evaluado con propósitos de aturdimiento. Ya que se supone que el argón tiene algunas ventajas sobre el CO₂, pero los costos pueden ser más altos.¹¹⁶

Imagen 15. Vista esquemática del aturdimiento de cerdos con CO₂. En un proceso discontinuo, el animal ingresa al túnel de CO₂ (a), se baja a la cámara con una alta concentración de CO₂, donde pierde el conocimiento (b), y luego es izado nuevamente (c) y expulsado del túnel (d).⁸³



Ya observamos los diferentes métodos y la pregunta que nos hacemos es muy simple, **¿Qué método es mejor usar?** Una ventaja de la insensibilización con CO₂ es que la incidencia de pequeñas hemorragias sanguíneas es menor para ese método comparado con la descarga eléctrica. Además de que este método asegura una mayor calidad en la carne por mejor eficacia del proceso de sangrado que determina una coloración más adecuada a las exigencias del consumidor, y mayor grado de relajación muscular que incide positivamente sobre la instauración del *rigor mortis* (Ver 7. Módulo de Calidad de la Carne) y por ende sobre la ternura de la carne. La electro insensibilización es una técnica ampliamente difundida en el sector porcino, pero a su vez, cada vez más desaconsejada en beneficio de la inhalación de gases, debido a que su aplicación conduce hacia un empeoramiento de la calidad de la carne por aumento del defecto PSE³⁹ como consecuencia de la mayor estimulación de la fibra muscular que tiene lugar durante la fase clónica, la cual determina una aceleración del metabolismo *post mortem* y una mayor exudación de líquidos, al provocarse una mayor desnaturalización de las proteínas musculares.^{115,116}

El médico veterinario oficial o aprobado, vigilará que la insensibilización para el sacrificio de los animales, se realice de forma humanitaria con pistola de émbolo oculto o con electricidad siguiendo los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995.³⁸ Y si se da el caso de que el operario aplica el aparato en un punto equivocado, es posible que el animal no pierda el conocimiento. Esto se conoce como un shock perdido o "estado de pesadilla de Leduc". El animal se paraliza y no puede emitir ningún sonido, mas está del completamente consciente. Las unidades de aturdimiento más sencillas y disponibles comercialmente, deben contar con un transformador u otros circuitos eléctricos que suministren el amperaje mínimo recomendado y el voltaje requerido para producir la insensibilización.

7.2 Especificaciones para la insensibilización

El uso de calificaciones numéricas para el manejo y el aturdimiento, puede ayudar a mantener altos estándares de bienestar, porque permitirá determinar si es que las prácticas usadas están mejorando o deteriorando. Se deben medir las siguientes variables: 1) Porcentaje de cerdos correctamente aturridos, 2) porcentaje que permanece insensible, 3) porcentaje al cual se punza con una picana eléctrica, 4) porcentaje que se cae durante el manejo y 5) porcentaje que vocaliza (o que se queja). Para el aturdimiento eléctrico se debe pasar suficiente amperaje a través del cerebro del cerdo para inducir un ataque epiléptico. Cuando se usa CO₂, se recomienda una concentración de 90%. Las concentraciones

para otras mezclas se están revisando. Las instalaciones para el manejo deben estar diseñadas de manera tal que los cerdos puedan moverse libremente, sin impedimentos ni atascamientos, y no deben tener pisos resbalosos. Las investigaciones en los siguientes tópicos se están revisando: aturdimiento eléctrico, aturdimiento con CO₂, comportamiento de los cerdos durante su manejo, retorno a la sensibilidad, diseño de instalaciones, embarque en camiones, densidad y estrés en el transporte.^{76, 116}

Se recomienda enfáticamente la implementación de un sistema tipo HACCP para monitorear la efectividad y rendimiento de los operarios que sacrifican ganado. HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points (Análisis de riesgos y puntos críticos de control)*)- es un sistema usado principalmente en los rastros para garantizar la inocuidad de los alimentos, para mayor información consultar Módulo 9. Introducción a HACCP e ISO 22 0000. Al adaptar este sistema para medir regularmente los puntos críticos de control en el proceso, se logra una supervisión adecuada de las diversas operaciones críticas realizadas por los empleados que sacrifican el ganado, asegurando así una mejor calidad operativa y mayor nivel de bienestar animal. A continuación se describe un sistema objetivo de puntuación para determinadas operaciones. Se pueden realizar pruebas de bienestar animal mediante comparaciones con normas aceptables, y también entre un evaluador y otro. También se esbozan los cinco principales puntos de control crítico del manejo y sacrificio de animales.⁸³

Los puntos de control sugeridos para la supervisión y la evaluación son:

1. Efectividad del aturdimiento - El porcentaje de animales insensibilizados al primer intento.⁸³
 - a. aturdimiento con perno cautivo - disparo correcto⁸³
 - b. aturdimiento con tenazas eléctricas - colocación correcta⁸³
 2. Insensibilidad en el riel de desangrado - El porcentaje de animales que permanecen insensibles antes y después del desangrado (usando los mismos criterios que en el punto 1).⁸³
 3. Vocalización - El porcentaje de ganado vacuno o de cerdos que vocalizan (muguen, rugen o chillan) por algún acontecimiento desagradable, como un aturdimiento mal realizado, el uso excesivo de punzones eléctricos, una falla del dispositivo de inmovilización, o por caídas y deslizamientos. Cada animal es calificado según vocalicen o no durante el manejo y aturdimiento, no en los corrales de acopio. La calificación de vocalización no se usa con ovinos, ya que balan de todas maneras.⁸³
 4. Resbalones y caídas - El porcentaje de animales que cae durante el manejo o aturdimiento. Se deben seleccionar diversos puntos para este monitoreo.⁸³
 5. Punzones eléctricos - El porcentaje de animales que se deben arrear con punzones eléctricos.⁸³
- Se debe hacer una supervisión y monitoreo periódico de estos puntos críticos de control.⁸³

7.2.1 Calificación objetiva de normas de eficacia en los puntos críticos de control

1. a. Perno cautivo - efectividad de aturdimiento (Calificar diariamente un mínimo de 20 animales, o el 20% de los animales en rastros grandes).

- Excelente - 99 -100 % insensibilizados instantáneamente con un solo disparo.
- Aceptable - 95 - 98%
- No aceptable - 90 - 94%
- Problemas graves - menos del 90%

Acción: Si la eficiencia de un solo disparo decae por debajo del 95%, se deben tomar las medidas necesarias inmediatamente para mejorar el porcentaje.

1. b. Aturdimiento eléctrico - efectividad de colocación de tenazas (Calificar a todos los cerdos o un mínimo de 100 animales en rastros grandes).

- Excelente – 99.5 -100 % de colocación correcta de tenazas de aturdimiento.
- Aceptable – 99.4 - 99%
- No aceptable - 98 - 95%
- Problemas graves- menos del 95%

2. Insensibilidad luego del aturdimiento (Calificar un mínimo de 20 animales, o el 20% de los animales en rastros grandes).

- Si el animal es izado inmediatamente después del aturdimiento, evaluar después de ser izado (a no ser que muestre signos obvios de sensibilidad).

- Si el animal queda en el piso, espere unos 15 - 30 segundos antes de evaluarlo, hasta que se detengan los espasmos (especialmente en el caso del aturdimiento eléctrico).

- Cualquier animal que muestre signos de sensibilidad se debe volver a aturdir inmediatamente.

- Excelente - Bovinos - menos de 1 por 1.000 o el 0.1%.

Cerdos - menos de 1 en 2.000 o el 0.05%

- Aceptable - Bovinos - menos del 1 por 500 o el 0.2%

Cerdos - menos del 1 por 1.000 o el 0.1%

3. Criterios para la vocalización de cerdos

- En inmovilización, corral de aturdimiento o durante el aturdimiento.

(Calificar por lo menos 20 cerdos o el 10% de los animales en rastros grandes).

Calificar a cada animal "Sí" por vocalizador, o "No" por no vocalizador.

- Excelente - 0% Sí

- Aceptable - 1% o menos, Sí en dispositivo de inmovilización, 0% por tenazas mal colocadas.

- No aceptable - 2% o más, Sí en inmovilización o corral

- Problemas graves - 5% o más, Sí en inmovilización o corral.

Al reducir el nivel de chillido de los cerdos se mejora la calidad de la carne y se disminuye el PSE.

No usar calificaciones de vocalización para ovinos.

4. Resbalones y fallas en el área de aturdimiento

- Incluye entradas a inmovilización, mangas, corrales y rampas de descarga.

(Calificar un mínimo de 20 animales o el 10% de los animales en mataderos grandes)

Calificar a cada animal "Sí" en caso de resbalar, y "No" por no resbalar.

- Excelente - Ningún resbalamiento ni caída;

- Aceptable - menos del 3% de animales se resbalan.

- No aceptable - se cae el 1% (cuerpo tocando el piso)

- Problemas graves - se cae el 5% o se resbala el 15%.

5. Efectividad del punzón eléctrico

Si el punzón hace que el animal vocalice, entonces la corriente es demasiado fuerte. (Calificar un mínimo de 20 animales, o el 10% de los animales en mataderos grandes). Calificar "Sí" si vocalizan y "No" si no vocalizan.

5.1 Criterios de calificación de punzones eléctricos para cerdos⁸³:

	Corrales y mangas	Entrada a caja de aturdimiento	Porcentaje total de ganado movido con punzón
Excelente	No vocalización	10% o menos	10% o menos
Aceptable	No vocalización	-	15% o menos
No aceptable	No vocalización	-	25% o menos
Problemas graves	-	-	-

8. Desangrado

Es importante enfatizar que el aturdimiento, corte de cuello o sacrificio y desangrado, son procesos inseparables e interrelacionados.⁹⁵ Una vez aturridos, los cerdos son colgados por sus patas traseras a un transportador aéreo de carril móvil para proceder al desangrado. A partir de que los animales salgan del área de insensibilización, todas las operaciones deben efectuarse con el animal o las canales suspendidas. Los productos deben manipularse en mesas o superficies destinadas a este fin, sin entrar en contacto con el piso ni paredes.^{34,38}

Al igual que el bovino, para exanguinar un cerdo se requiere cortar ambos pares de vasos, las carótidas y las yugulares. El mejor punto para localizar estos vasos sanguíneos es en la parte más anterior del esternón, justamente donde los vasos regresan (yugulares) o salen (carótidas) del tórax. Al cortar estos vasos, se debe conseguir un desangrado arterial y venoso, y eso debe apreciarse por el color de la sangre. Si la sangre es de color rojo brillante y tiene pulsaciones, sólo se ha cortado las arterias. El color correcto es oscuro, puesto que debe contener sangre venosa (desoxigenada).⁷⁴ La incisión debe lograrse sin perforar el corazón, por las razones que se explicaron anteriormente. Además, la penetración del cuchillo debe ser muy precisa, ya que el espacio entre las primeras costillas es reducido con mucha frecuencia, la penetración del cuchillo se desvía hacia cualquiera de los dos lados. La punción fuera de

lugar adecuado hace que la sangre fluya hacia los hombros del animal y se contamina con sangre una gran cantidad de carne que no tendrá un fin provechoso. (Ver Módulo de Calidad de la Carne).⁷⁴

El desangrado se debe realizar en un máximo de 20 segundos cuando se utiliza el método de electroinsensibilización y de 60 segundos, después de salir de la cámara de CO₂.

Imagen anatómica donde se vea las arterias mencionadas.

El desangrado de la canal se lleva a cabo manualmente con los utensilios adecuados, o bien mediante máquinas. Como instrumentos de uso manual sirven cuchillos sencillos y cuchillas especiales de desangrado. El cuchillo que se emplee debe estar estéril porque al momento de la incisión está intacta la circulación general y existe la posibilidad de diseminar gérmenes por toda la canal. El cuchillo se sumerge en un esterilizador que esta provisto de agua continua a 82.5°C, el esterilizador debe ser de material inoxidable y con circulación continua, los cuchillos se encuentran en contacto directo con el cerdo y deben estar libres de óxido, ser liso y desmontable para su limpieza y desinfección. Y no se puede utilizar madera y granito para el equipo con el que se sacrifica.^{29, 34} Actualmente existen diferentes tipos de instrumentos para realizar la incisión de desangrado, como es mediante el uso de dos cuchillos de un solo filo, uno para la piel, y otro para el corte de vasos profundos, cuchillos huecos (Imagen 16), o bien, mediante sofisticadas máquinas automáticas para la extracción aséptica de la sangre.

Los sistemas automatizados de extracción de sangre, consisten en un sistema giratorio de 8-10 cuchillos huecos tipo trocar para la canalización de la sangre unidos mediante mangueras flexibles al eje central de la máquina, donde existe un dispositivo aspirante incluido en un sistema cerrado, el cual va girando a la vez que van pasando los animales, recogiendo la sangre por gravedad y enviándola por un sistema canalizado mediante bomba de vacío a las instalaciones de procesado y obtención de plasma. Por su parte, en las cánulas de sangrado se suelen agregar sustancias anticoagulantes para evitar la coagulación de la fibrina en las mangueras de conducción.

Imagen 16. Cuchillo de sangrado (cuchillo hueco de sacrificio).³⁴



Cuchillos como los que se observan en la Imagen 19 presentan una hoja de corte de 122 mm y dos alas laterales que permiten la fijación del cuchillo, a modo de gancho, una vez se ha introducido en el animal, evitando que la sangre contacte con los bordes de la herida. La base del cuchillo acaba en un tubo hueco que se continúa en un tope para permitir introducir solo la punta del cuchillo. En el mango, además del sistema de conducción de la sangre, se encuentra una barra metálica que se debe apretar para practicar la incisión, y soltar una vez ha sido introducido el cuchillo en el animal, de tal modo que las alas laterales se fijen e impidan que se caiga el cuchillo. Cabe mencionar que estos sistemas, son muy caros, pero presentan la ventaja de una recolección higiénica de la sangre. Utilizando los métodos tradicionales, los cerdos después de la insensibilización caen acostados de forma horizontal y sobre una mesa con rodillos les realizan la incisión para desangrar para posteriormente ser izados y puestos en posición vertical para favorecer así un desangrado más rápido y eficaz.

El desangrado continúa hasta que el flujo de sangre es mínimo (suele durar unos 6 minutos). El desangrado se debe realizar con precaución para evitar que durante el corte queden indemnes tanto la traquea como el esófago, con el fin de evitar por un lado la aspiración de sangre en los pulmones, y por otro lado que se ensucien la sangre y el punto de corte con el contenido estomacal. En general, el objetivo del desangrado es sacrificar a los animales con el mínimo perjuicio para la canal, ya que se elimina rápidamente tanta sangre como sea posible para evitar el desarrollo microbiano.³⁴ El tiempo transcurrido entre la insensibilización y el desangrado debe ser lo más corto posible⁹⁵, dentro de los 15-20 segundos posteriores al aturdimiento, esto es, antes de que se inicie la fase de espasmos clónicos de la musculatura¹³, ya que conforme aumenta este intervalo, se ha comprobado que el grado de desangrado tras el aturdimiento con eléctrico es peor, y además, son frecuentes las hemorragias musculares por hipertensión local de capilares y vasos pequeños, así como, el riesgo de fracturas óseas. Después del sangrado, se debe examinar las pezuñas para detectar posibles lesiones y se retirarán los cordones espermáticos y los penes.^{34,73}

Cuando se recupera sangre para elaboración de embutidos o para la obtención de plasma, deben tomarse estrictas medidas de higiene, evitando que se contamine con heces, orina o cualquier otra secreción del animal. Un operador lava previamente la superficie del pecho y otro, con un cuchillo de mango plástico previamente esterilizado entre animal y animal, hace una incisión directa a la arteria aorta, cuidando no incidir la traquea lo cual provocaría una contaminación importante. Se elimina el primer chorro de sangre expulsado, recogiendo el resto en un balde de acero inoxidable que debe lavarse entre cada recolección. La sangre se vuelca a un tanque de acero inoxidable donde inmediatamente se acciona un agitador para extraer la fibrina y evitar la coagulación. También se pueden aplicar anticoagulantes químicos como por ejemplo citrato de sodio o fosfatos a muy bajas concentraciones. Se vierte una solución (1 a 2 %) de este anticoagulante en el fondo del tanque y a medida que se va añadiendo sangre, se mezcla rápidamente para evitar la coagulación. Existen cuchillos especiales, en forma de caladora, con un tubo plástico conectado a su mango, que succionan la sangre con un sistema de vacío; de esta forma se puede recolectar la sangre en forma más higiénica.³⁴

La sangre recolectada higiénicamente y tratada con anticoagulantes es rápidamente transportada a una zona independiente destinada para este fin específico. Con una centrífuga especialmente diseñada se procede a separar el plasma de los glóbulos. Para su conservación es conveniente enfriar lo más rápidamente posible estos componentes. De más está decir que estos subproductos contienen alto contenido proteico y son altamente perecederos; por lo tanto debe trabajarse con medidas extremas de higiene. Cuando el plasma obtenido comienza a aparecer de color rosado claro, conviene hacer una limpieza de la centrífuga. Es más conveniente trabajar el plasma congelado; en caso contrario deber enfriarse rápidamente, agregarle 2% de sal nitrificada y mantener en refrigeración (idealmente a 0°C). No conviene usar plasma fresco no tratado después de 24 horas de producido. En el caso de que la sangre no se procese en la misma planta, debe depositarse para su proceso en recipientes limpios y en caso de almacenarse, mantenerse en refrigeración.^{34,59}

Después del desangrado, la canal se somete a una inspección que involucra:

- Observación macroscópica
- Palpación de órganos
- Corte de músculos
- Corte laminar de nódulos linfáticos, de cabeza, vísceras
- Corte de la canal en caso necesario.

Se debe revisar el estado nutricional del animal, el aspecto de las serosas; presencia de contusiones, hemorragias, cambios de color, tumefacciones, deformaciones óseas, articulares, musculares o de cualquier tejido, órgano o cavidad y cualquier otra alteración. Cuando una parte de la canal se rechace a consecuencia de lesiones o traumatismos leves, la canal se marcará como retenida hasta retirar la porción dañada, la cual será decomisada.³⁶

9. Escaldado

La eliminación correcta de las cerdas de la piel es muy importante tanto para su uso en procesos industriales de curtido como en su utilización como alimento para seres humanos.⁷⁴ El animal debe estar muerto antes de introducirlo al escaldado.³⁸ El escaldado en caldera es el tratamiento tradicional más utilizado en la especie porcina, el cual consiste en someter a los animales a un calentamiento húmedo por inmersión en una cisterna con agua caliente a 60-62°C, facilitando el posterior pelado tras el raspado de la epidermis en máquinas peladoras. Las canales de cerdo necesitan un tiempo de escaldado de por lo menos 3.5 minutos como mínimo y 6 como máximo para obtener un pelado correcto y facilitar la extracción de las pezuñas. Si la temperatura es muy alta, los folículos se coagulan fijando la cerda a la piel, mientras que si la temperatura es muy baja, el folículo no se escalda y no se suelta la cerda, ocasionando mayor esfuerzo en la depilación.⁷⁴ Como ya se menciona es una etapa común para cerdos y su objetivo no es el lavado del animal, sino ablandar el folículo para permitir un adecuado depilado. Los tanques de escaldado deben ser de acero inoxidable, con circulación continua de agua, el flujo del agua de la cisterna del escaldado debe ser contrario al flujo de la línea de producción, esto se debe a que así se puede asegurar que el agua del final del tanque está más limpia. Además la capacidad del tanque de escaldado debe guardar una adecuada relación con el ritmo del depilado, retoque y lavado final de los cerdos.^{59, 73}

La temperatura de escaldado varía conforme a la época del año. Existen estaciones del año cuando el pelo o cerdo requieren mayor temperatura.⁷⁴ En un estudio realizado en el año 2006⁸⁸ donde se analizaron dos como se comportan las canales de cerdo en dos estaciones del año, una en verano con

40 cerdos y la otra en invierno con 60 cerdos. La mitad de ellos (20 y 30 animales para la época de verano e invierno, respectivamente) de los cuales se sometieron a un escalde en agua a 62 °C por 5 min, y el número restante de animales fue escaldado en agua a 62 °C durante el tiempo convencional usado en la empresa en donde se realizó el estudio, el cual es en promedio 7 min. Se encontró que en el verano no se presentaron diferencias de pérdida por goteo por efecto de escaldado, pero en invierno esta pérdida en el escalde por 5 min fue menor que la de las canales escaldadas por 7 min, con una diferencia de 1.54 %. La caída de pH fue más rápida en aquellas canales que duraron más tiempo en el área de escaldado, por lo que el pH_{4,5} presentó valores menores en las dos épocas del año; sin embargo, a las 24 horas el pH se estabilizó y no se observaron diferencias por tratamiento en ambas épocas.⁸⁸ Sin embargo, la solidez de la implantación de los pelos en la piel varía con la estación del año. Así, la fuerza que hay que aplicar en otoño e invierno para arrancarlos de la piel es considerablemente mayor que la necesaria en primavera y verano. Por ello, se recomienda prolongar el tiempo de escaldado 1-2 minutos en otoño o invierno.³⁴

9.1 Riesgos de contaminación

Es importante vigilar la calidad microbiológica del agua (evitando la acumulación de pelo y materia fecal, ya que la presencia de las cerdas es un foco de contaminación bacteriana⁷⁴) y la temperatura, ya que pueden influir negativamente en la inocuidad y calidad de la carne. El agua de la cisterna puede contaminar las heridas provocadas por el degüello favoreciendo la posibilidad de que los microorganismos penetren por las heridas de desangrado, o bien por la aspiración de líquidos si el animal no está correctamente insensibilizado, favoreciendo la pronta descomposición o la aparición de enfermedades en el consumidor por la presencia de patógenos.⁵⁷ El escaldado reduce los microorganismos patógenos, sin embargo, cuando la temperatura es inferior a 62°C y/o el tanque de escaldado contiene mucha materia orgánica, existen microorganismos patógenos resistentes a las condiciones del proceso como *Salmonella*. En estas condiciones, el escaldado pasa a ser un importante punto crítico y peligroso (Ver Módulo 9. Introducción a HACCP e ISO 22 000) ya que la presencia de *Salmonella* en el tanque contribuye en gran medida a la contaminación cruzada de canales.⁸⁷ Por lo tanto las temperaturas bajas en el escaldado pueden favorecer la supervivencia de patógenos y contribuir a una contaminación cruzada en etapas subsecuentes del procesamiento. Se recomienda renovar frecuentemente el agua de escalde tras vaciado completo, desinfección y rellenado, o bien, someter al agua a sistemas de purificación que garanticen la destrucción de los gérmenes.³⁴

Por otra parte, también se ha observado con frecuencia tanques muy pequeños y máquinas peladoras grandes con mucha capacidad de trabajo por hora. El tiempo de escaldado no es suficiente para el ritmo de pelado posterior por lo que los operarios, para acelerar el tiempo de escaldado e intentar mejorar el pelado, elevan la temperatura del agua de la cisterna de escaldado hasta 80°C y lo único que provocan con ello es la contracción de la capa muscular de la piel, dificultando la extracción de las cerdas en la peladora.⁵⁹

A pesar de la temperatura que alcanza el agua, la cantidad de materia orgánica que permanece en el tanque es suficiente para que exista una alta concentración de bacterias viables. Al sobrepasar el límite recomendado de temperatura para el agua de escaldado en cerdos (60-65°C) o el límite de tiempo (3 a 6 min) puede presentarse "sobreescaaldado" o "precocimiento" de los tejidos, lo cual induce un acortamiento de la vida útil de la carne. Una cisterna de 1.80m de ancho y 2.10 m de largo es suficiente para cuatro animales, aumentando la longitud, aumenta la capacidad, dependiendo del volumen de sacrificio. La temperatura se regula con termostatos incluidos en la cisterna, la circulación del agua debe mantenerse uniformemente en el tanque por medio de bombas. Este equipo garantiza la total eliminación de las cerdas y una instalación para el lavado del animal antes de proceder al corte de la cabeza.⁵⁷

En las máquinas dedicadas a escaldar, los cerdos entran por un lado inclinado a un túnel donde se rocían continuamente con agua caliente (60°C y 62°C) para ablandar las cerdas, durante un tiempo de unos 3 minutos aproximadamente. Luego se depilan manual o mecánicamente. El depilado consiste en arrancar las cerdas de raíz. Una vez acabado el tratamiento, se abre automáticamente una trampilla de expulsión y el cuerpo del animal pasa a una mesa, donde será nuevamente colgado para pasar a la siguiente fase del proceso.

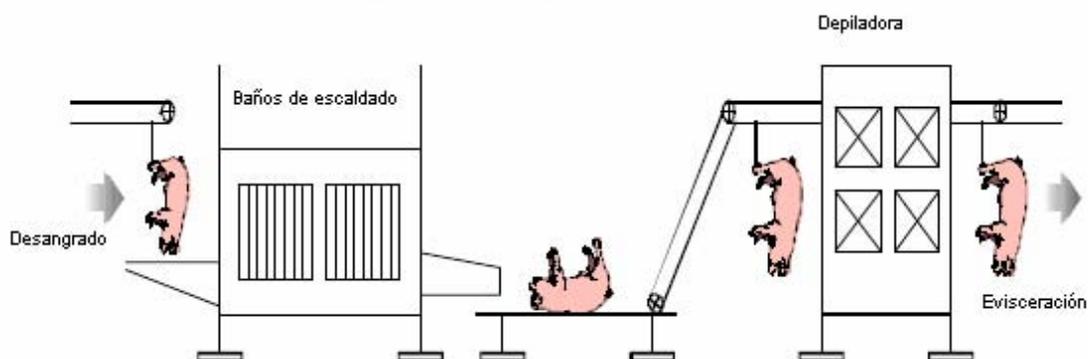
Imagen 17. Desangrado, Escaldado, depiladora ⁸⁶

Imagen18. Mesa de expulsión manual al recipiente de escaldado a la mesa de aplicación de los ganchos de suspensión

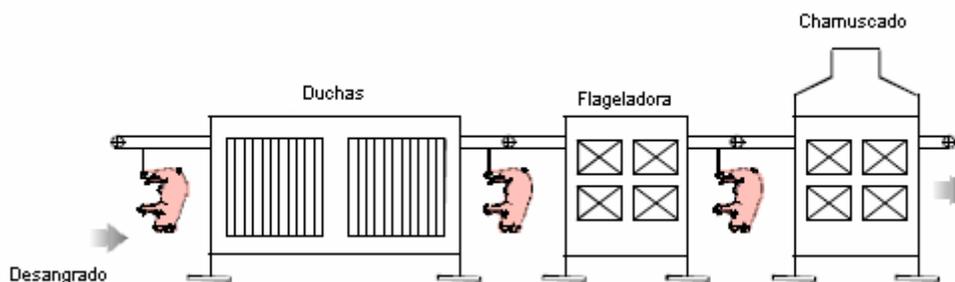


9.2 Tipos de escaldado

Actualmente en Europa y EUA además del escaldado por inmersión en agua caliente existen los túneles de escaldado con vapor y el escaldado por duchas o aspersion. ⁷³

9.2. 1 Escaldado mediante duchas

Se trata de sistemas de escaldado vertical mediante duchas que dispersan agua caliente, a 60°C como mínimo, sobre la superficie del animal a través de boquillas situadas a diferentes alturas. El animal se desplaza mediante cintas transportadoras a través de un túnel cerrado de gran altura donde recibe la ducha de agua caliente. ⁴¹ Algunas líneas integran al final del túnel un sistema de depilado mediante rodillos raspadores que arrancan los pelos enviándolos a la base del túnel donde se separa del agua de escaldado en un plato perforado. Los pelos son conducidos al exterior mediante una cinta transportadora y el agua de escaldado es filtrada y se recircula mediante una bomba. El calentamiento de esta agua se realiza con vapor o con un intercambiador. Este sistema de escaldado permite retirar parte de los pelos, tierra y otros residuos del agua de escaldado permitiendo disminuir la carga contaminante del efluente final. Este sistema permite aprovechar los pulmones, dado que la probabilidad de que éstos sean contaminados por el agua del escaldado es menor que con el sistema de inmersión. ^{86,73}

Imagen 19. Escaldado mediante duchas⁸⁶

9.2.2 Escaldado por condensación

En el **escaldado por condensación**, las canales se introducen en un túnel en el que se inyecta vapor. Un sistema de agua fría reduce la temperatura hasta los 63-64°C provocando la condensación del vapor en forma de gotitas de agua caliente finamente pulverizadas que caen sobre la superficie de los cerdos y provocan el efecto de escaldado.⁴¹ Este proceso puede mantener una temperatura constante y 100% de humedad bajo cargas variables, lo cual es crucial para una buena operación de escaldado.⁴¹ Su duración es aproximadamente de 7 minutos y se necesita para cada cerdo unos 3.5 kg de agua en forma de vapor. Este sistema evita contaminación por el agua de escaldado aunque también es necesaria una limpieza previa de los cerdos para reducir al mínimo el contenido de gérmenes en la superficie de las canales después del escaldado, ya que no existe un efecto de lavado tan profundo como en el escaldado por inmersión.^{41, 73}

Es importante disponer de un sistema de extracción de vapor del área del tanque de escaldado. El suelo debe poseer una inclinación de 55mm por 3 m hacia un desagüe cercano a la válvula de vaciado. El equipo debe ser de fácil limpieza y de material resistente a la corrosión.^{57,}

Una vez que el escaldado termina, el cerdo se extrae del agua y rápidamente deben quitársele los **cascos de las pezuñas**, antes que la proteína se enfríe y se fijen a los huesos. Adicionalmente, se debe tener precaución al rasurar la piel del cerdo debido a que mientras está caliente, el cuchillo puede fácilmente penetrar en ésta y causar daño a los tejidos musculares.⁷⁴ El escaldado permite que en la posterior operación de flagelado las cerdas se eliminen fácilmente. Un chamuscado o flameado final elimina las cerdas que puedan haber quedado por eliminar en esta etapa.⁴¹

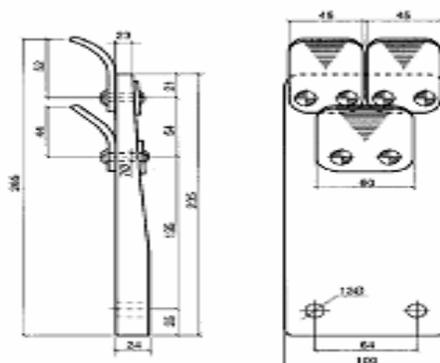
10. Depilado/Eliminación de cerdas

En cerdos, el pelo es retirado pasando al animal a la depiladora que mecánicamente efectuará el rasurado, inmediatamente se retiran las pezuñas, pasando al chamuscado (flameado) cuyo propósito es quemar las cerdas restantes, que posteriormente serán removidas por la pulidora (maquina con dedos de goma giratorios); sin embargo, existen partes que permanecerán con pelo, que debe ser retirado manualmente (llamado terminado).^{118,119}

10.1 Depilado o Rasurado de Cerdas

Esta técnica permite el rasurado y depilado de la piel de los animales favoreciendo su aptitud para el procesado posterior. En este sentido, se tiene que favorecer la aplicación del depilado del animal lo antes posible, con el fin de evitar que la superficie cutánea se enfríe demasiado y la eficacia del rasurado posterior se vea mermada. Una vez escaldados, se eliminan los pelos y la capa queratinizada de la epidermis con cepillos rotatorios o mediante máquinas depiladoras. Las máquinas suelen funcionar en horizontal y constan de un cilindro giratorio provisto en su superficie interna de rascadores metálicos recubiertos normalmente de barras de caucho que voltean varias veces al animal en posición horizontal. Posteriormente el cardo pasa a la flageladora húmeda en donde la canal a la vez que va girando la máquina, la superficie del animal se va limpiando mediante ducha de agua caliente (40-60°C) a presión que favorece la eliminación de la epidermis y de los pelos desprendidos.^{40,54,74, 118, 119}

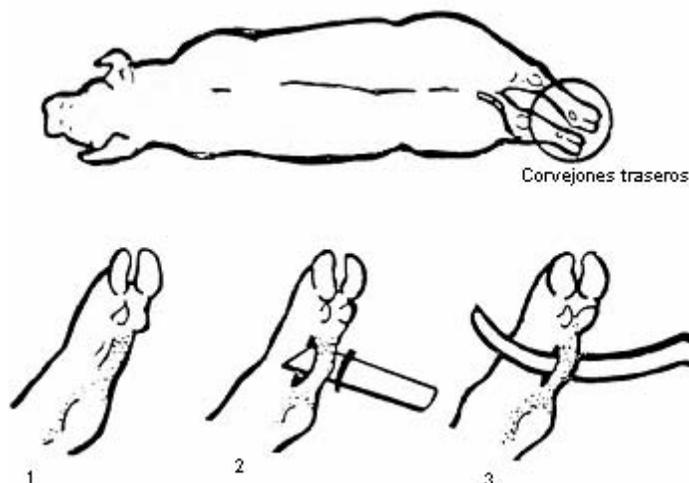
La depiladora, según los modelos, puede quedar integrada con las funciones de escaldado en una misma máquina, o bien, ser una unidad independiente de pelado, con rendimientos que oscilan entre 30 y 800 cerdos/hora. En líneas generales, suele estar formada por una cabina hueca de tamaño variable que presenta un gran eje central con rodillos rotatorios revestido de goma que giran sobre sí mismo mediante sistemas hidráulicos o neumáticos, y del que sobresalen las palas depiladoras. (Imagen 20).^{34,40,74}

Imagen 20. Diseño de palas depiladoras tipo E. (Turbo-Las).⁴⁰

Las palas mostradas en la Imagen 20 son unos bastidores rectangulares de material plástico con tres cuchillas metálicas, dos superiores más pequeñas y una inferior más grande, cuya acción raspadora permite ir depilando y rasurando la piel de los animales. Las unidades combinadas de gran rendimiento, suelen estar ligeramente inclinadas para favorecer que los animales progresen en rotación hasta la salida de la depiladora, mientras que en los sistemas independientes, los animales una vez acceden a su interior, son volteados constantemente en la misma posición hasta el final del proceso, siendo entonces expulsados lateralmente de la máquina, de forma automática. El proceso de pelado realizado con estas piezas se ve acompañado de un duchado constante de los animales, mediante un sistema de agua caliente a 60°C, con el fin de eliminar los pelos y cerdas residuales. La mayoría de máquinas peladoras están concebidas para trabajar de forma continua con sistemas de rociado o duchado, al incorporar unos pequeños tanques de agua y hacerla recircular gracias a un sistema regulado por una boya conectada mediante un circuito eléctrico a una válvula de entrada de agua.^{34,40,74, 119}

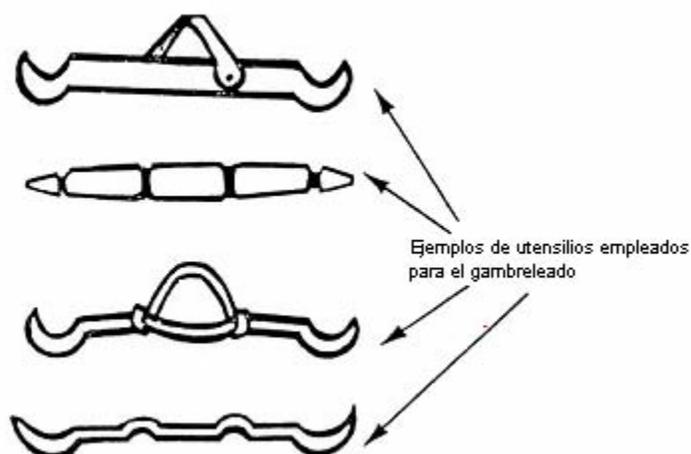
11. Gambreleado

Tras el aturdimiento y desangrado, los animales son izados de una de las extremidades posteriores mediante argollas metálicas unidas por una cadena a un sistema mecánico de elevación, el cual posiciona a los animales en los rieles de conducción aérea. Este sistema de conducción aérea permitirá el traslado de los animales desde la sala de sacrificio y desangrado hasta las diferentes zonas intermedias del establecimiento de sacrificio, donde su especial posicionado facilitará el faenado y obtención de las medias canales antes de que éstas entren en los sistemas de refrigeración.³⁴

Imagen 21. Gambreleado¹¹⁷

1. La pata del animal debe estar limpia
2. Cortar con el cuchillo a través del tendón de los corvejones traseros

3. El gambrel se inserta, se repite la operación para la otra pata

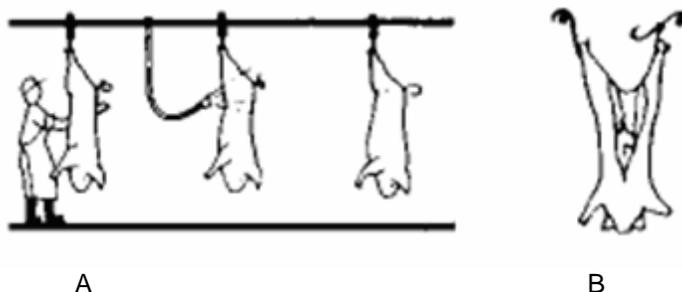


Actualmente se emplean para el izado de los animales lo siguiente:

11.1 Ganchos pendulares

Mediante estos sistemas los cerdos son colgados de dos carriles paralelos separados aproximadamente 1.30 metros, mediante dos ganchos pendulares que se aplican a las extremidades posteriores.⁴⁰

Imagen 22. Sistema de ganchos pendulares.



Los animales avanzan con el dorso hacia delante y el abdomen hacia atrás, presentando las extremidades adecuadamente separadas para facilitar la apertura de la canal por la parte posterior de la cavidad abdominal y torácica. Con este tipo de ganchos es necesario que se empujen las canales para que puedan avanzar (A).⁴⁰

11.2 Perchas de separación

Este sistema utiliza un solo carril de conducción por donde circulan las perchas de separación deslizantes o rodantes (Imagen 23 y 24), mediante las cuales se cuelgan los cerdos por las extremidades posteriores.⁴⁰

Imagen 23. Ejemplo de polea con ganchos para carril transportador y canal colgando.¹¹⁷



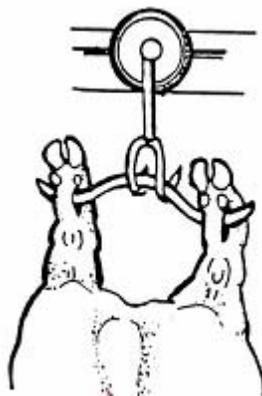


Imagen 24. Camal o percha de separación para faenado de porcino

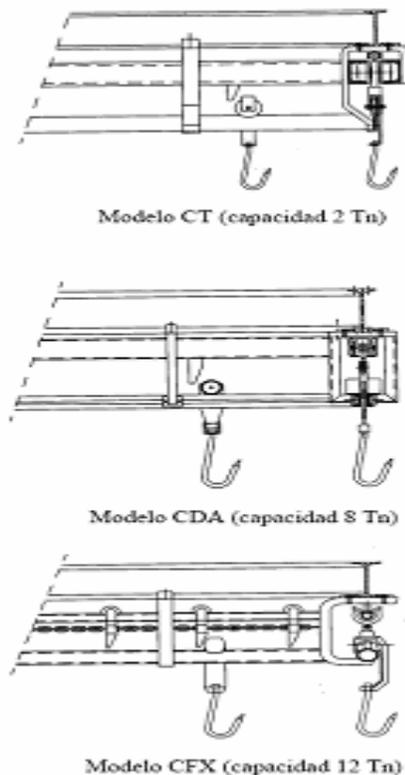


El sistema de perchas de separación permite el faenado lateral de los animales, a la vez que van avanzando por la cadena. Los problemas más evidentes en esta etapa del proceso son las fracturas en las patas traseras y las luxaciones de la cadera. Las consecuencias de este problema son pronunciadas hemorragias que disminuyen el valor de la carne. (Ver Módulo 7. Calidad de la carne). Para evitar esta deficiencia, se recomienda que se revisen a fondo las instalaciones de sacrificio. Si los cerdos son colgados desde el suelo, debe procurarse que el tirón no sea violento sino gentil.⁷⁴ Otro inconveniente de estos sistemas es el excesivo tamaño de las perchas (55-80 cm), lo que hace preciso disponer de un mayor espacio en salas frigoríficas, así como el adaptar sistemas de fijación que eviten el vuelco de la media canal que queda colgada, cuando la otra ha sido descolgada.¹¹⁷

11.3 Carril transportador de canales después del gambreleado

Los sistemas de carril transportador son utilizados habitualmente por los grandes establecimientos de sacrificio. Con ellos se consigue el avance continuo de las canales mediante sistemas de propulsión automatizados, desde que son izadas hasta que salen de las salas de refrigeración hacia el despiece. La mecanización de los transportadores evita por un lado el esfuerzo que supone el traslado de las canales por parte de los operarios, y por otro lado, marcan un ritmo de producción constante, si bien, el carácter giratorio de las perchas, permite que la canal pueda girarse durante su faenado a conveniencia del operario, facilitando de este modo dichas operaciones durante el avance de las canales. Con ello, el transporte de las medias canales obtenidas se hace mediante cadenas sin fin, utilizando para ello perchas o ganchos rodantes, o deslizantes. Existen básicamente tres tipos de cadenas para la mecanización de las vías de transporte suspendido, que se pueden adaptar indistintamente en los diferentes sistemas de carriles transportadores, en función a la carga de arrastre a utilizar (Imagen 25).¹¹⁷

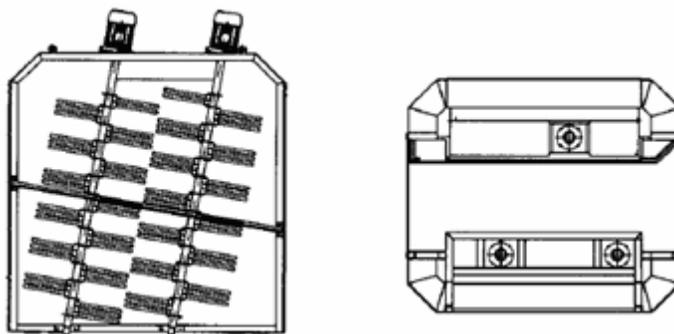
Imagen 25. Transportadores aéreos mecanizados



12. Flageladora seca

Antes de someter a los cerdos al flameado, éstos suelen pasar por máquinas flageladoras para el apurado de pelos residuales de los animales y la eliminación del exceso de agua en superficie (Imagen 25).^{30,34}

Imagen 25. cabinas flageladoras. Izq. (vista lateral); modelo L-2, 264 látigos en 2 columnas. Dcha. (vista superior); modelo S-3, 396 látigos en 3 columnas.

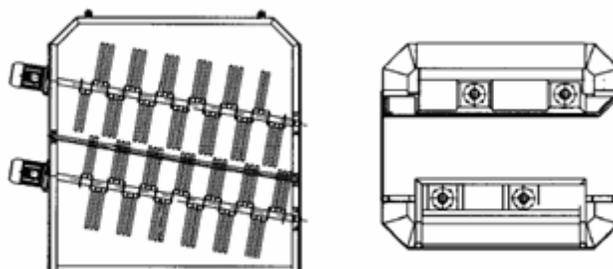


La cabina flageladora suele estar formada internamente por unos rodillos de localización lateral de donde salen los latiguillos, que son unas largas tiras de goma dura altamente resistentes al desgaste por fricción y torsión, las cuales presentan unos salientes que permiten rasurar la piel de restos de pelos sin dañarla, una vez accionados, y así poderlos arrastrar con baños de agua constante.^{30,34}

13. Flageladora húmeda

Gran parte de la temperatura superficial generada en la fase de sacrificio puede ser eliminada al hacer pasar las canales por las cabinas llamadas flageladora húmeda (Imagen 26) para el raspado de los restos de cerdas, a la vez que son duchados a alta presión mediante agua a temperatura ambiente.^{30,34}

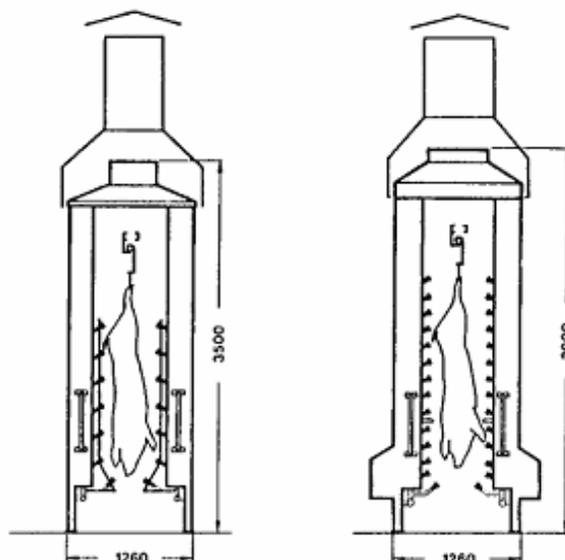
Imagen 26. Diseño de cabinas para flageladora húmeda. Izq. (vista lateral) modelo H-2/4, 2-4 columnas oblicuas con 456 látigos. Dcha. (vista superior) modelo R-4, 4 columnas con 528 látigos.



14. Flameadora o Chamuscado

Los cerdos son chamuscados para eliminar el pelo restante de la etapa de depilado, siendo por tanto una operación complementaria a las de escaldado y depilado. La intensa acción del calor provoca la retracción del colágeno nativo cerrando los poros de la piel, y una importante reducción de microorganismos en superficie cutánea. El calor seco demasiado fuerte endurece la corteza y le presta color amarillo o castaño, con lo que resulta perjudicada su capacidad de transformación a otro producto, es decir no sirve como materia prima de embutidos, etc.³⁴ Normalmente se utilizan equipos con quemadores de propano que se ponen en funcionamiento de forma intermitente durante el paso de los animales y que envuelven completamente la canal (de 5 a 15 segundos, según la velocidad de la línea). Se suele usar propano en vez de gas natural porque ofrece una temperatura de llama más alta. Se alcanzan temperaturas entre 900-1.000°C. El cerdo debe flamearse con una antorcha que produzca una combustión saturada de oxígeno (flama azul). Esto elimina los residuos de cerdas. Debe tenerse mucho cuidado de no quemar o cocinar la piel del cerdo en este proceso.^{34, 74}

Imagen 27. Hornos chamuscadores de 4 filas de boquillas de flameado con 7 (izq.) ó 14 (dcha.) boquillas por fila (Banss)



Esta operación puede realizarse en un túnel de flameado o en una cámara de chamuscado, ésta última es un cámara calentada con aire caliente, cuya temperatura (unos 600°C) y tiempo de actuación se regulan de forma que sólo carbonicen las cerdas libres, sin causar daños en la piel. Tras el chamuscado

los animales pasan a una sección de limpieza previa a la evisceración, donde se rocían con agua fría y se eliminan por cepillado los puntos negros formados sobre su superficie.^{34, 74}

15. Lavado previo a la evisceración

Esta etapa de lavado completa la limpieza y retirada de cualquier tipo de resto que haya podido quedar, derivado de las etapas anteriores. El lavado previo a la evisceración contribuye a retirar una parte de las bacterias adheridas a la piel y bajar la temperatura corporal del cerdo. Debe recordarse que utilizar grandes volúmenes de agua no garantiza alcanzar este objetivo, sino una buena presión de agua proporcionada por las boquillas atomizadoras.³⁴

Después de este lavado la canal pasa a otra zona denominada zona limpia (Ver Módulo 6. Flujo de Personal y Producto) en donde ya no pueden existir retrocesos, es decir una vez que la canal ha sido enviada a evisceración no puede regresar a la zona sucia (desangrado, escaldado, etc) para evitar contaminación cruzada. Para mayor información sobre el flujo que sigue la canal, las zonas sucias, limpias consultar el Módulo 7. Flujo de Personal y Producto.

16. Corte, amarre de recto, desprendimiento de cuello

El ano constituye la puerta de salida natural de los contenidos del tubo digestivo, los cuales poseen una alta carga microbiana contaminante y, en muchos casos, patógena. Para evitar que se produzca la salida de dichos agentes, se realiza la enucleación del ano y la atadura del recto con un aparto especial.⁶¹ Para ello se practica un corte inciso-profundo alrededor de la abertura natural del ano sin tocar el intestino grueso, con el fin de separarlo de la piel que lo rodea, y de este modo, que no deslice al interior de la cavidad abdominal y ensucie la canal. En el caso de las hembras dicho corte abarcaría toda la zona genital, mientras que en los machos se deberá practicar otro corte para retirar los testículos.⁴⁰

El ligado del recto constituye un punto crítico de control (ver Módulo de Introducción a HACCP e ISO 22 000) y la falla de este procedimiento es causante de contaminación bacteriana con microorganismos que potencialmente pueden ser dañinos para la salud humana. Uno de los problemas principales al realizar esta actividad es que se penetre el recto con el cuchillo. Durante esta actividad el operario trata de no dañar los músculos del jamón aledaños al ano, por tanto, es posible que se acerque demasiado al recto. Para evitar la posible ocurrencia de este riesgo, se sugiere que utilizar un gancho para levantar el esfínter mientras se corta a su alrededor.⁷⁴

El desprendimiento de cuello se realiza con un corte certero a través de unas tijeras especiales que cortan la columna vertebral del animal dejando la cabeza colgando para su posterior inspección. Las cabezas son consideradas como una de las partes de las canales con mayor contaminación y deben limpiarse muy cuidadosamente, en especial en la zona del desprendimiento donde se adhiere mucha sangre, así como en la lengua y garganta donde se encuentran restos de comida, saliva, vómitos y contaminantes del agua del tanque de escaldado. Cortar el cerdo por la mitad dejando la cabeza colgando en la canal facilita la limpieza y la inspección sanitaria.⁵⁹

17. Apertura de la canal

El esternón, única estructura ósea de la línea media ventral del animal, debe ser cortado mediante una sierra para facilitar el proceso de evisceración. El quipo, construido en acero inoxidable, puede tener impulsión neumática o mediante corriente eléctrica y la hoja de corte puede ser circular o recta. En este último caso la punta de la hoja tiene forma roma para evitar la perforación de las vísceras.^{40, 61}

Foto. Sector de aserrado del pecho: sierra de avance y retroceso, del esterilizador de la sierra y de un equipo sanitario compuesto por el lavamanos y el esterilizador de utensilios (cuchillos, etc).

Foto. Operación de aserrado del pecho: cabeza desprendida y lista para su inspección.

El proceso se inicia realizando un corte en ojal en los músculos que cubren la parte posterior del cartílago xifoides. A través del orificio se introduce la hoja de la sierra de avance y retroceso, se la desplaza en dirección craneal a medida que realiza el corte (Foto). El equipo debe ser esterilizado, en un recipiente especialmente diseñado y con agua a 82.5°C.^{40, 61}

18. Evisceración

La evisceración se refiere a la remoción de vísceras comestibles y no comestibles.⁹⁵ Desde el punto de vista práctico, las vísceras se pueden diferenciar en rojas, aquellas que por su contenido en sangre presentan esa coloración (corazón, hígado, bazo, aparato respiratorio), y verdes, las que conforman el

tubo digestivo y, por contener alimentos en diferentes estados de digestión poseen una coloración entre marrón y verdosa.⁶¹

Una vez que se produce la muerte del animal se pierde el equilibrio homeostático, tanto en las enzimas como los microorganismos presentes en las diferentes vísceras ingresan en una etapa descontrolada de actividad. Como resultado de este descontrol se produce la pérdida de integridad de las propias vísceras y la salida de los gérmenes de su ubicación original. Con la consecuente contaminación generalizada de los tejidos de la canal. Para evitar esta situación debe realizarse la extracción de las vísceras tan pronto como el animal ha sido desangrado, tomando como tiempo límite los 30 minutos, lapso a partir del cual se considera que aumenta el riesgo de difusión de los microorganismos intestinales.⁶¹

Inicialmente se separan el estómago y los intestinos (vísceras verdes), los cuales se colocan en una mesa o carril de inspección, antes de ser enviados al local anexo para su vaciado y lavado. Enseguida, traquea, esófago, pulmones, hígado, bazo y corazón se cuelgan en ganchos para la inspección y luego ser enviados al lavado si son aprobados.^{57, 61} En las hembras, junto al contenido abdominal se extraen los genitales. La extracción de las vísceras abdominales y torácicas. Debe realizarse lo antes posible después del aturdimiento y desangrado. Aledaño al área de inspección sanitaria debe existir un riel que permita separar inmediatamente las canales retenidas; es necesario contar con esta área con contenedores rotulados y con tapa, para colocar los decomisos y estar alejado de todo el equipo anteriormente utilizado, generalmente son áreas separadas completamente.^{57,95}

Los intestinos pasan a otro departamento para su limpieza y después al departamento de fundido y purificación de grasas para el consumo humano. Las vísceras adecuadas para el consumo humano son lengua, corazón, esófago, hígado sin vesícula biliar, riñones, bazo, estómago, mamas, ganglios linfáticos separados de la canal, encéfalo, médula espinal, páncreas y mollejas, así como los grandes vasos sanguíneos y los intestinos, que una vez limpios y tratados sirven como envoltura de embutidos. Las partes que no se consideran aptas para el consumo humano pasan al departamento de subproductos, donde se esterilizan y transforman en harina y grasa purificada para usos industriales. La evisceración se efectuará en un lapso menor de 30 minutos, a partir del momento en que ha sido sacrificado el animal. Si por causas de fuerza mayor se extendiera dicho lapso, todas las canales deben ser sometidas a toma de muestras para su examen bacteriológico.⁶¹

La mayoría de los defectos de calidad que se puedan generar en esta etapa tienen que ver con la calidad microbiológica de la carne y su vida de anaquel. La ruptura del paquete gastrointestinal es una de las causas más comunes de contaminación fecal y de la ocurrencia de bacterias patógenas en la carne.⁷⁴

Se debe tener precaución de evitar la ruptura de vejiga y vesícula biliar ya que la bilis es amarga y rica en enzimas y puede comprometer las características organolépticas de la carne con la que entra en contacto. Además se debe evitar la ruptura de las paredes del tubo gastrointestinal para que los contenidos no contaminen la canal ni las instalaciones, por lo que el operario encargado debe estar debidamente capacitado.⁵⁷ La actividad de eviscerado demanda que el operario que la ejecuta realice una rutina de higiene personal y de utensilios al terminar un cerdo y antes de iniciar el eviscerado del siguiente. Esta rutina debe incluir el lavado de manos, utensilios, etc con agua potable y tibia (45°C) y la desinfección de estos últimos (cuchillos, ganchos, chaira, etc) con agua caliente a 82.5°C. La rutina de higiene debe ser más rigurosa toda vez que se produzca la perforación accidental de alguna víscera o cualquier otra situación que aumente el riesgo de contaminación cruzada. Para realizarla el operario dispone de un equipo sanitario compuesto por un lavamanos y un esterilizador de utensilios.⁶¹

Foto. Operación de eviscerado: extracción de las vísceras

Posterior al eviscerado la canal de cerdo sufre otro corte llamado *corte de las canales o esquinado*, el cual consiste en la obtención de dos medias canales, desprovistas de vísceras y preparadas para la venta en fresco o el despiece. La división de la canal por su línea media, se inicia mediante un corte poco profundo con cuchilla o sierra de cinta de mano sobre la columna vertebral por su cara interna, dejando abierto el canal vertebral por donde poder aplicar un corte más profundo y completo usando una sierra manual, o bien, una sierra automática.⁴⁰

Imagen 28. Sistema de despiece primario automatizado para medias canales de cerdo

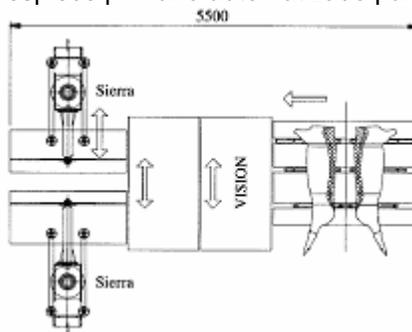
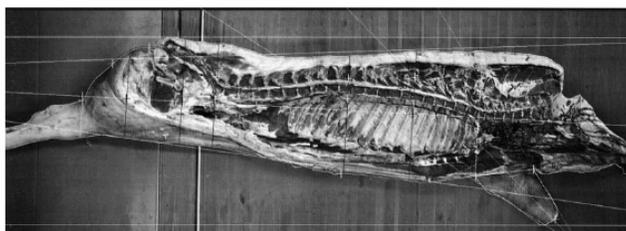


Imagen 29. Corte de la media canal



Las canales limpias se pesan y clasifican según unos parámetros establecidos. La canal y los productos comestibles del cerdo pueden llegar a representar el 75 % u 80 % del peso en vivo del animal.

19. Inspección post-mortem

La etapa de inspección post-mortem es importante en el proceso de obtención de carne y productos cárnicos seguros para el consumo humano ya que con ella aseguramos la protección al consumidor sobre enfermedades zoonóticas y calidad de producto. Además de ofrecer protección de la salud animal. La inspección post-mortem deberá efectuarse de modo sistemático. La finalidad de este tipo de inspección es caracterizar las anomalías encontradas en las diferentes partes del animal, asociarlas con los hallazgos ante-mortem y decidir, mediante un ejercicio integrador, la aptitud para consumo humano o el destino diferente del animal y/o de sus diferentes porciones. Antes de iniciar el sacrificio el médico veterinario inspector debe certificar las condiciones higiénicas de las instalaciones, el equipo, los utensilios y el personal para asegurar una obtención de la carne de acuerdo con las normas sanitarias. Los procedimientos de inspección deberán asegurar la ausencia de toda contaminación identificable en la inspección post-mortem y reducir al mínimo posible las posibilidades de que haya una contaminación invisible. Se debe mantener el "principio de identidad", es decir, conocer con certeza la pertenencia a un animal de despojos en relación a una canal, sobre todo en la etapa del proceso que precede al dictamen. En rastros con elevados volúmenes de sacrificio se obliga un sistema de identificación.^{97,99}

La inspección se basa en un sistema de verificación sistemático y eventualmente selectivo de los animales de abasto, tras su sacrificio, en búsqueda de hallazgos anatomopatológicos relevantes mediante observación, palpación e incisión de diferentes órganos y tejidos, en busca de elementos significativos, para, en asociación con los hallazgos de la inspección ante-mortem, establecer un dictamen respecto a la aptitud para consumo humano de la canal, vísceras y demás tejidos. Los procedimientos de inspección post-mortem están bien definidos para cada especie proveedora de carne. El tiempo mínimo para inspección regular, es decir, cuando no se encuentran alteraciones que obliguen a una búsqueda más detallada, está normada en muchos países, por ejemplo, los tiempo mínimos que se deben dedicar a la inspección regular, según la legislación alemana son en cerdos de 1.5 minutos.⁹⁹

El inspector veterinario no debe sobrepasar siete horas de actividad laboral. En México no existen disposiciones normativas al respecto. La inspección post-mortem es fundamentalmente una actividad de percepción sensorial macroscópica que eventualmente puede ser completada por estudios de laboratorio especiales.^{97,99}

19.1 Procedimiento General

La inspección post-mortem, como se menciona al principio, debe ser sistemática e higiénica, consta de inspección visual, palpación e incisión en ciertas porciones. Existe una “inspección regular” practicada a todos los animales que entraron “sin restricción” en el sacrificio ordinario y otra “inspección especial”, a criterio del médico veterinario, basada en sospechas generadas de la inspección ante-mortem o de hallazgos eventuales en la inspección post-mortem, que incluye palpación e incisión de porciones no consideradas en la inspección regular. La inspección post-mortem debe contar con tres puntos bien definidos para la inspección y son: Inspección cervical, visceral y en canal.^{71, 95, 96, 97}

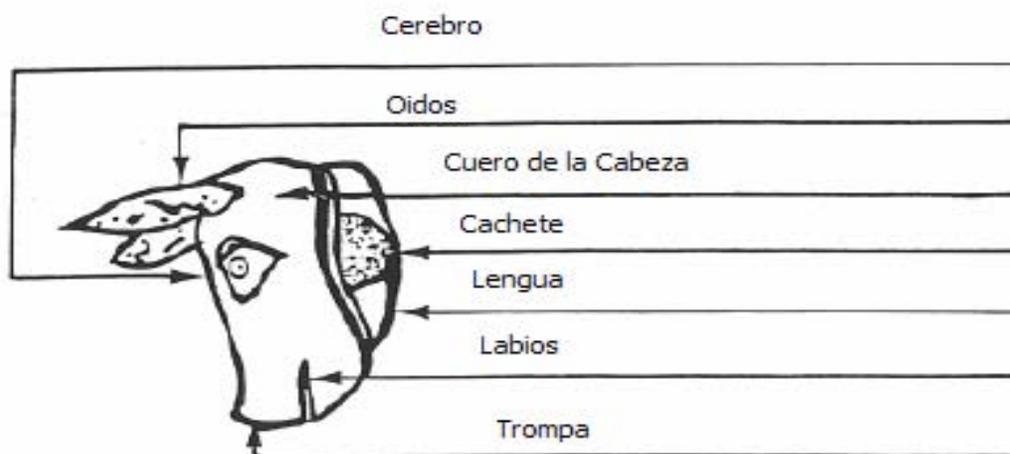
El **objeto** de la inspección es el animal de abasto sacrificado, que incluya canal, cabeza, vísceras y demás despojos. La **técnica** que se emplea es la observación, palpación e incisión de nódulos linfáticos y porciones específicas de diferentes órganos y tejidos. El **objetivo** de la inspección post-mortem es determinar la aptitud para consumo humano de la carne y tejidos obtenidos del animal inspeccionado, así como definir porciones del animal. Siempre que se practique palpación e incisión de tejidos afectados deberá efectuarse una higienización y esterilización de instrumentos, equipo y superficies contaminadas. Antes de concluida la inspección y emitido el dictamen nadie debe de retirar o modificar porciones del animal, incluso su identificación.⁹⁹

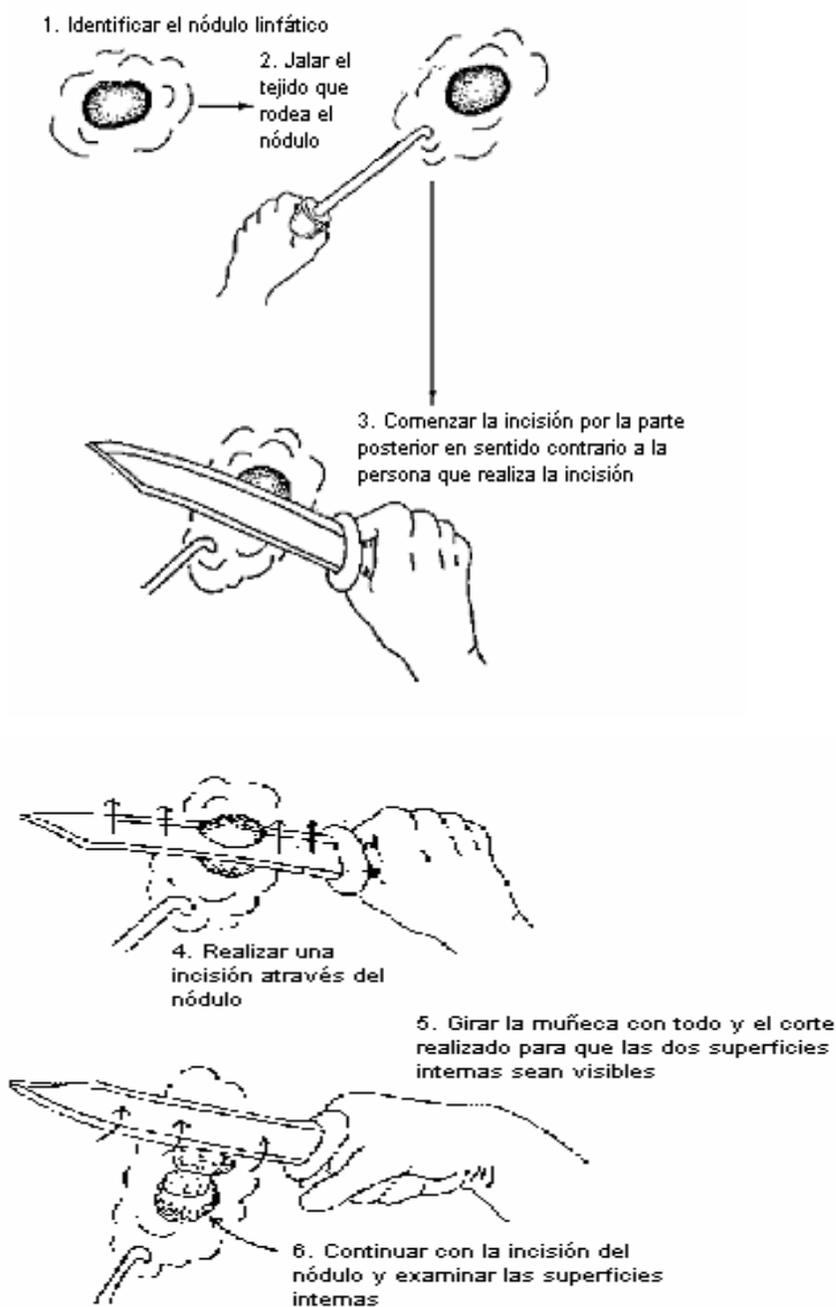
19.2 Inspección cervical

En los cerdos por lo regular se deja adherida a la canal la cabeza para su inspección debiendo dejar un espacio de 1.50m en el riel de proceso para su realización y una intensidad lumínica de 100 candelas a la altura de la cabeza del cerdo. La cabeza debe presentarse completamente libre de cerda, suciedad y costras, además de la ficha de control. (Imagen 7)

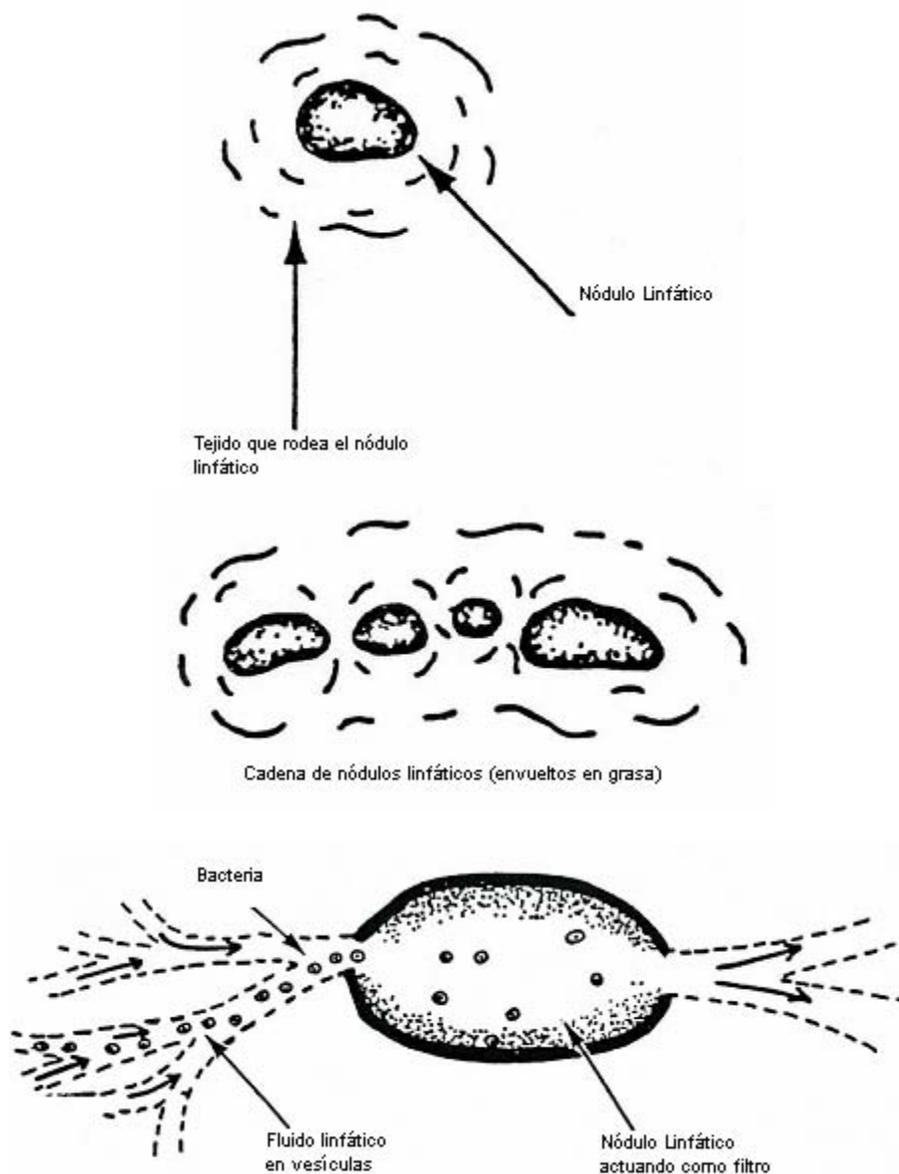
Dentro de la clasificación de inspección cervical, se debe realizar una inspección visual en donde se determina que la canal este limpia, libre de cerdas, suciedades, costras y uñas. La cabeza y la canal deben limpiarse antes de que principie la inspección cervical. Mediante la inspección visual se pueden detectar anomalías como son: abscesos, heridas contaminadas en la cabeza y en las orejas, neoplasmas, rinitis atrófica, cisticercosis, anillos o señales de sujeción y cortadas de máquina. La inspección cervical también incluye la inspección de los ganglios linfáticos de la mandíbula, en esta inspección lo que se debe realizar es cortar los ganglios linfáticos en laminas delgadas, mientras se observa minuciosamente las superficies incididas de ellos, como son los submaxilares, paratiroides y retrofaringeos.⁹⁹

Imagen 30. Cabeza del cerdo¹¹⁷





La técnica que se presentó toma tiempo poder realizarla correctamente. Es necesario tomarse su tiempo para poder practicar y realizarla correctamente. Algunas condiciones patológicas que se pueden observar aquí son: tuberculosis, abscesos, melanosis, linfoma, ántrax, etc.¹

Imagen 31. Ejemplos de Nódulos Linfáticos¹⁷

Finalmente, el corte de los músculos de masticación consiste en rebanar los músculos internos y externos de la masticación, sin cortar las aponeurosis. Algunos de los estados patológicos que pueden aparecer cuando se inciden los cachetes son: cisticercosis, neoplasmas, miositis u otras condiciones pigmentarias y tejidos contusos. La presencia de una condición que claramente motive el decomiso de la cabeza, no exime de la necesidad de rebanar por capas los ganglios que afecten la disposición o destino de la canal.^{1, 71, 96, 99}

Para realizar esta inspección se debe contar con lavamanos (con agua fría y caliente), esterilizador, jabonera, toallero y papelerero.²⁹

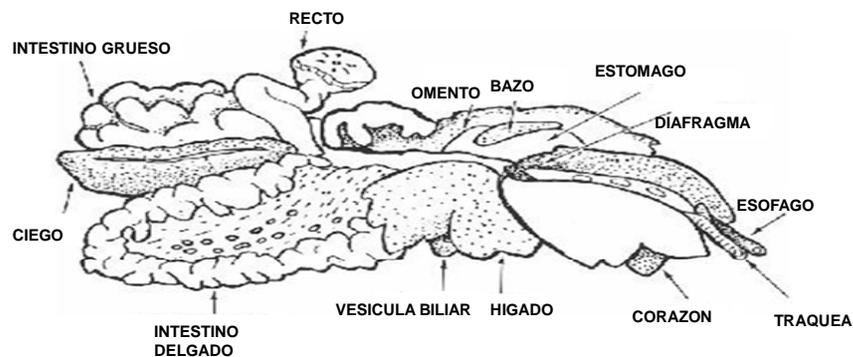
19. 3 Inspección visceral

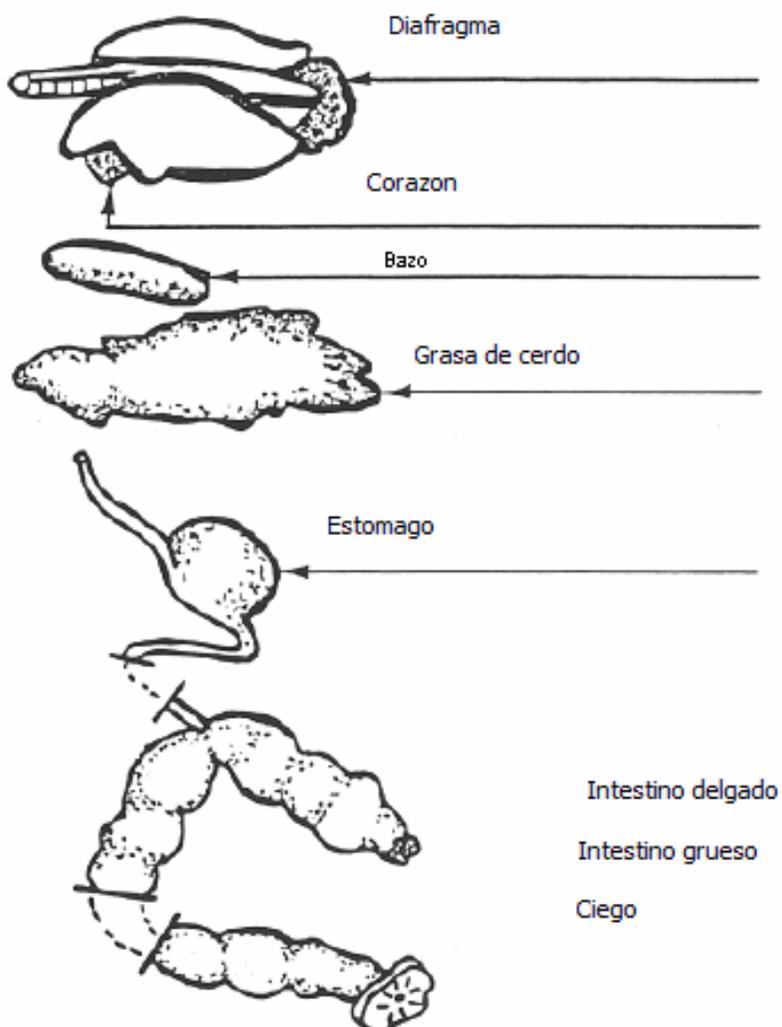
Previa a la inspección visceral debe realizarse una inspección visual de la canal en su parte externa e interna y acompañarla de palpación e incisión si es requerido a criterio del MVZ inspector. Algunas de las anomalías que se pueden observar son: artritis, fracturas, nefritis, vermes del riñón, abscesos, peritonitis, pleuritis, etc. La inspección visual de las vísceras se lleva a cabo para determinar;

contaminación fecal, derrame de pus, neoplasmas, enteritis, peritonitis, tuberculosis, neumonía, ingesta, etc. Además de realizar la palpación del: bazo, corazón, hígado, ganglios linfáticos hepáticos, ganglios mesentéricos, pulmones y ganglios linfáticos bronquiales. Algunas de las anomalías que pueden observarse aquí son: tuberculosis, abscesos, neumonía, enteritis, linfoma, hematoma, pericardis, fiebre porcina clásica, septicemia, peritonitis, pleuritis, etc.^{97,99}

Después de la evisceración, los canales, cabezas y vísceras deben ser sometidas a un examen macroscópico. Cuando se requiera, se complementará con un examen de laboratorio; en estos casos la canal, sus vísceras y cabeza serán conservadas dentro de la cámara de refrigeración debidamente identificadas, separadas de los otros productos hasta que se cuente con los resultados que permitan decidir su destino.^{71,97}

Imagen 33. Vísceras de cerdo¹¹⁷





19.4 Inspección en riel o de la canal

En el riel debe hacerse la inspección visual de todas las superficies y partes de la canal. Debe palparse la región de los riñones para descubrir vermes. Si se sospecha alguna anomalía, debe efectuarse una inspección minuciosa por palpación o incisión. Las regiones y estructuras que requieren atención especial son:

Revestimientos o caras de los jamones, articulaciones, región pélvica, cavidad abdominal, cavidad torácica, riñones, ganglios linfáticos iliacos, superficie de las vértebras cortadas por la sierra jamones y espaldilla.¹ Algunas anomalías que pueden observarse: artritis, contusiones o magulladuras, abscesos, fracturas, erisipela, melanosis, neoplasmas, contaminaciones, riñón con quistes, nefroma embrional, vermes de los riñones, adherencias, osteomielitis, sarna, fiebre porcina clásica, cisticercosis, etc.⁹⁷

Imagen 34. Canal de cerdo por fuera ^{97, 117}

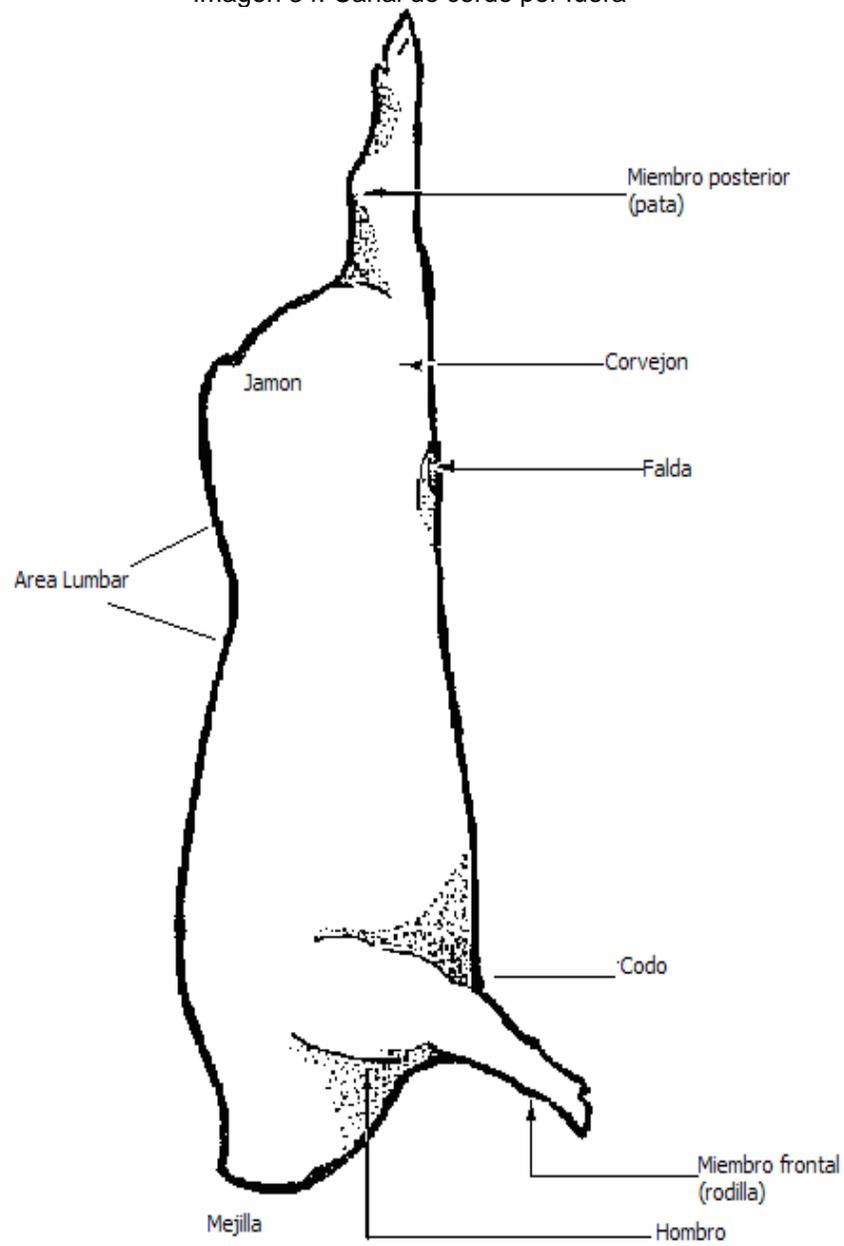
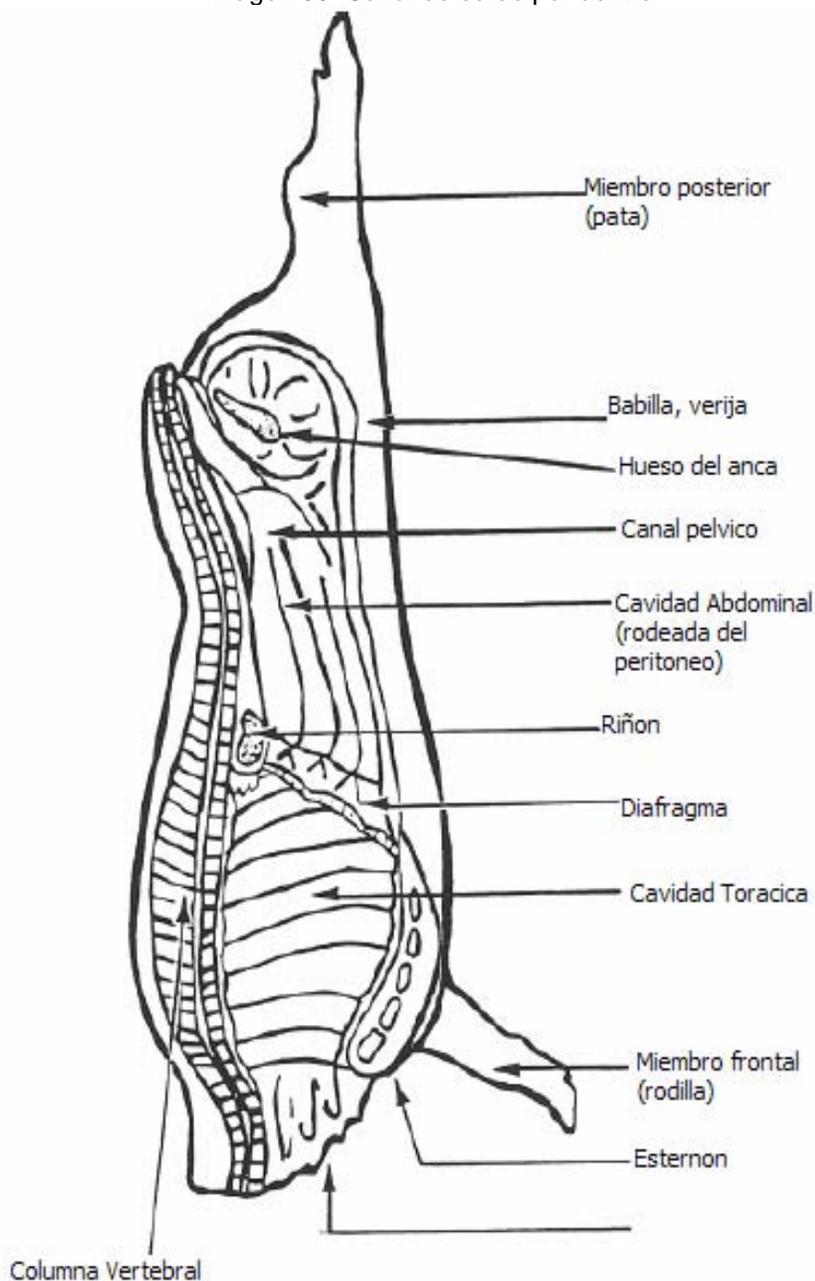
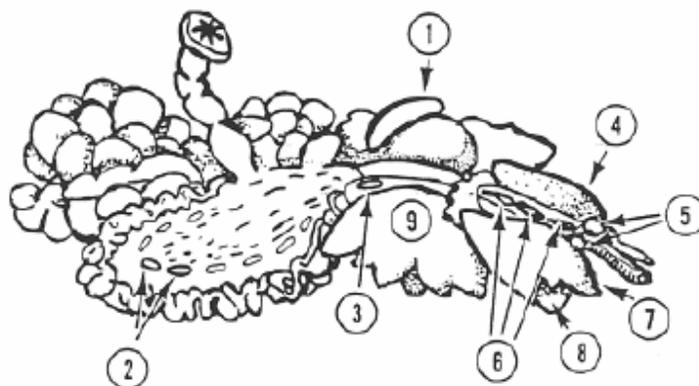


Imagen 35. Canal de cerdo por dentro^{97, 117}

La inspección higiéno-sanitaria de las canales, vísceras y cabeza, debe ser realizada por el Médico Veterinario Oficial o Aprobado y/o por el personal oficial auxiliar. En general se examina toda la canal (incluida la musculatura, huesos expuestos, articulaciones y tendones). Se pone especial atención a la condición corporal, color, estado de las membranas serosas (pleura y peritoneo) y posibles contaminaciones. Además de un análisis de los ganglios linfáticos (cervicales, esternales, intercostales, lumbares, renal, ilíacos, sacros, isquiátricos, inguinal superficial y supramamario).^{1,71,95,96}

Imagen 36. Rutina de inspección de los órganos del cerdo de acuerdo a la FSIS ^{97, 117}

1. Bazo
2. Nódulo linfático mesentérico
3. Nódulo linfático portal
4. Superficie dorsal de los pulmones
5. Nódulo linfático traqueobronquial
6. Mediastirico
7. Superficie ventral de los pulmones
8. Corazón
9. Hígado

19.5 Ejemplos de condiciones anormales durante la inspección de canales

A continuación se presentan ejemplos de condiciones anormales que se pueden observar durante la inspección de canales y vísceras de cerdo.

Tabla 2. Enfermedades, estados patológicos o anomalías y situaciones especiales

ENFERMEDADES, ESTADOS PATOLÓGICOS O ANOMALÍAS Y SITUACIONES ESPECIALES	
1.CONSTATAIONES GENERALES	NOTAS
1.1 Síndrome febril, debilidad y síntomas generales que indican una enfermedad infecciosa aguda.	Cuando se detecta en la inspección ante-mortem, el sacrificio y la inspección post-mortem debe llevarse a cabo con precauciones especiales. De ser posible, evitar el sacrificio hasta que el animal se recupere, siempre que ello no implique riesgos para la salud del hombre, de los animales y sufrimientos innecesarios para estos últimos si se considera probable la curación después del tratamiento. En caso de que se diagnostique una enfermedad en la inspección ante-mortem que determine la inaptitud total, la destrucción debe ser en un lugar y forma apropiados.
1.2 Excitación, temperatura elevada o agotamiento causado por estrés, sin signos de enfermedad aguda.	Se aplazará el sacrificio y se repetirá la inspección ante-mortem después de un reposo adecuado en el corral de aislamiento. Si no fuera posible el aplazamiento, realizar sacrificio de emergencia.
1.3 Estado agónico indicado por temperatura subnormal, pulso lento y débil, funciones sensorias perturbadas.	Deberá destruirse en un lugar y forma apropiados
1.4 Estados generales crónicos: caquexia, emaciación, aspecto repugnante, y edema.	
1.5 Signos de infección aguda provocada por parásitos protozoarios de la sangre, tales	

como hemoglobinuria, anemia o debilidad	
1.6 Septicemia, piemia o toxemia.	
1.7 Color y olor anormales, etc. 1.7.1 Causados por enfermedad crónica o grave. 1.7.2 Causados por los piensos (harina de pescado, etc.)	Excepto que después de 24 horas de oreo desaparezca el olor.
1.7.3 Causados por tratamiento con medicamentos: a) si están generalizados. b) si están localizados.	A condición de que se hayan observado los períodos de espera prescritos después del tratamiento y se haya demostrado su carácter localizado mediante el análisis de los residuos; en caso contrario.
1.7.4 Olor sexual	
1.8 Fetos y animales recién nacidos sin desarrollar.	
1.9 Sacrificio con precauciones especiales o matanza de urgencia	
1.9.1 Con desangrado no satisfactorio, decoloraciones, estados edematosos	
1.9.2 Colapsos repentinos sin que se haya detectado en el examen post-mortem ninguna enfermedad, ningún síntoma general ni cambios patológicos (por ej., crisis cardiovascular).	
1.9.3 Cadáver desangrado después de la muerte natural o animal sacrificado en agonía.	
1.9.4 Animal asfixiado	
1.9.5 Sacrificio de urgencia que se hace necesaria debido a un trauma accidental durante el transporte al rastro o en sus proximidades.	Si el desangrado no es satisfactorio o si se ha efectuado después de la muerte natural. Retiro de las partes afectadas.
1.9.6 Animales sacrificados de urgencia sin ser sometidos a inspección ante-mortem: a) Con pruebas justificadas para el sacrificio. b) con pruebas insuficientes para el sacrificio.	A condición de que el desangrado sea satisfactorio y a reserva de los resultados del examen de laboratorio, si el desangrado no es satisfactorio.

2. ENUMERACION TOPOGRAFICA	NOTAS
2.1 Infección umbilical con efectos sistémicos	
2.2 Enfermedades del sistema nervioso	
2.2.1 Encefalitis y meningitis agudas	Es obligatorio realizar diagnóstico diferencial de Rabia.
2.2.2 Encefalitis crónica, meningitis y ataxia con temperatura corporal normal, sin ningún otro signo de complicaciones.	Rechazo de la cabeza.
2.2.3 Abscesos cerebrales: a) derivados de piémia. b) solamente lesiones localizadas, sin ningún otro	Rechazo del cerebro. A reserva de los resultados del examen de laboratorio.

signo de complicaciones.	
2.2.4 Comportamiento anormal (funciones sensorias perturbadas, etc.): a) con desangrado satisfactorio y sin ningún otro signo de complicaciones, ni circunstancias o registros sospechosos. b) acompañado de otros signos o de indicaciones de que han estado expuestos a infecciones o a la acción de venenos.	A reserva del examen de laboratorio, para excluir el estado tóxico.
2.3 Enfermedades del pericardio corazón y vasos sanguíneos:	
2.3.1 Pericarditis: a) casos agudos de pericarditis infecciosa exudativa, septicemia y pericarditis bovina traumática con estado febril, acumulación de exudado, trastornos circulatorios, cambios degenerativos en los órganos u olor anormal. b) pericarditis subaguda infecciosa y exudativa. c) pericarditis infecciosa crónica sin otras complicaciones en un animal bien nutrido. d) pericarditis traumática bovina crónica.	A reserva de los exámenes de laboratorio, presencia de antibióticos Rechazo del corazón. Rechazo del corazón.
2.3.2 Endocarditis: a) endocarditis ulcerosa y endocarditis verrucosa con compromisos sistémicos (estados febriles). b) sin complicaciones	Rechazo del corazón.
2.3.3 Lesiones cardíacas de carácter no infeccioso (malformación, etc.)	Rechazo del corazón.
2.4 Enfermedades del sistema respiratorio:	
2.4.1 Sinusitis	Rechazo de la cabeza.
2.4.2 Toda forma de neumonía aguda, tales como bronconeumonía purulenta, grave y extensa, gangrena de los pulmones o neumonía necrótica.	
2.4.3 Neumonía catarral	A reserva de los resultados del examen de laboratorio, si se sospecha la existencia de bacteremia.
2.4.4 Asfixia	
2.4.5 Pleuroneumonía del cerdo: a) Con signos claros de curación de los cambios patológicos (por ej., organización b) otros casos con signos de complicaciones	Expurgo de Pleura.
2.4.6 Neumonía subaguda en cualquier animal de matanza (por ej., neumonía granulomatosa, bronconeumonía, neumonía aspiratoria).	
2.4.7 Abscesos pulmonares múltiples, con metástasis en la canal y/o en otros órganos.	
2.4.8 Bronquitis	
2.4.9 Bronconeumonía verminosa	
2.4.10 Atelectasia, enfisema, pigmentación, hemorragias, aspiración de la sangre, del agua de escaldado o de los alimentos ingeridos.	
2.5 Enfermedades de la pleura:	
2.5.1 Pleuresía fibrinosa difusa o serofibrinosa con compromiso de las condiciones generales y/o febriles.	
2.5.2 Adherencias y manchas de tejido fibroso.	A menos que no sean tuberculosas. Expurgo de la pleura.

2.5.3 Pleuresía supurativa o gangrenosa.	
2.6 Enfermedades del estómago e intestinos:	
2.6.1 Catarro gastrointestinal agudo : a) con ganglios linfáticos mesentéricos congestionados pero sin ningún otro cambio. b) con congestión de la mucosa y ganglios linfáticos mesentéricos, esplenomegalia o degeneración de los órganos.	Rechazo de intestinos.
2.6.2 Catarro gastrointestinal crónico	Rechazo del intestino.
2.6.3 Enteritis, séptica, con compromiso general y/o fiebre, diftérica o hemorrágica.	
2.6.4 Estreñimiento y cambios de posición: a) casos graves, formas agudas o con efectos sistémicos. b) casos leves sin ningún efecto sistémico.	Rechazo de intestinos.
2.6.5 Enfisema del mesenterio en el cerdo.	Rechazo del mesenterio.
2.7 Enfermedades del peritoneo:	
2.7.1 Peritonitis: a) aguda, difusa b) peritonitis fibrinosa local	Rechazo de los órganos afectados.
2.7.2 Adherencias y manchas de tejido fibroso y abscesos encapsulados localizados.	Si son tuberculosas, véase el punto 3.3.8. Rechazo del peritoneo.
2.8 Enfermedades del hígado:	
2.8.1 Telangiectasia, formación de quistes, cálculos biliares.	Rechazo del hígado.
2.8.2 Infiltración adiposa.	
2.8.3 Degeneración del hígado (degeneración parenquimatosa,).	Hígado no apto.
2.8.4 Hepatitis de naturaleza infecciosa, tóxica, parasitaria o no específica.	Hígado no apto.
2.8.5 Nódulos parasitarios en el hígado.	Hígado no apto.
2.8.6 Necrosis bacteriana reciente del hígado.	Hígado no apto.
2.8.7 Abscesos del Hígado a) abscesos embólicos asociados a infecciones umbilicales recientes, abscesos traumáticos del bazo, etc. b) abscesos antiguos encapsulados.	Hígado no apto.
2.9 Enfermedades del tracto urinario:	
2.9.1 Cálculos renales, formación de quistes, pigmentación.	Riñones no aptos.
2.9.2 Nefritis: a) Canal acompañada de olor a orina, uremia, o edema. b) nefritis crónica sin ningún efecto sistémico.	Riñón no apto.
2.9.3 Nefritis leucocítica diseminada (colinefritis)	Riñón no apto.
2.9.4 Nefritis supurativa y embólica	
2.9.5 Cistitis: a) forma exudativa acompañada de fiebre, olor a orina o pielonefritis urinogenosas. b) ningún signo de efectos sistémicos.	
2.9.6 Rotura de la vejiga o de la uretra: a) en casos de peritonitis urinogenosa, con olor a orina o celulitis urinaria. b) ningún signo de efectos sistémicos	

2.10 Enfermedades de los órganos genitales femeninos y enfermedades conexas:	
2.10.1 Inflamación del útero: a) metritis aguda (con compromiso general y/o fiebre). b) metritis crónica (incluidos los fetos macerados o momificados), sin ningún signo de efectos sistémicos.	
2.10.2 Retención de la placenta: a) ningún signo de efectos sistémicos.	Adopción de precauciones especiales para evitar riesgos profesionales
b) acompañada de fiebre o de otros signos de efectos sistémicos.	Adopción de precauciones especiales para evitar riesgos profesionales
2.10.3 Parto con complicaciones debido a metritis aguda, vaginitis necrótica o presencia de fetos putrefactos.	
2.10.4 Prolapso, torsión o rotura del útero acompañada de fiebre o de peritonitis.	
2.10.5 Hidropesía del útero, (acumulación de líquidos)	Dependerá del estado general del animal y de que éste no presente síntomas generalizados.
2.10.6 Hemoglobinuria bovina puerperal con presencia de ictericia	
2.11 Enfermedades de los órganos genitales masculinos:	
2.12 Orquitis y/o epididimitis.	Testículos no aptos.
2.12.1 Inflamación de la ubre (mastitis): a) ningún signo de efectos sistémicos. b) séptica, gangrenosa o con signos de efectos sistémicos.	Rechazo de la ubre.
2.12.2 Pigmentación de las glándulas mamarias en los cerdos.	Rechazo de las ubres.
2.12.3 Edema de la ubre.	Rechazo de las ubres.
2.13 Enfermedades de los huesos, articulaciones y vainas de los tendones:	
2.13.1 Fracturas: a) sin complicaciones (recientes o en fase de curación). b) infectadas o acompañadas de signos que indican efectos generalizados.	Retiro de la parte afectada.
2.13.2 Osteomielitis: a) localizada b) gangrenosa, supurativa o acompañada de metástasis.	Rechazo de la parte afectada.
2.13.3 Depósitos de pigmentos en huesos o en periosteo.	Retiro huesos afectados.
2.13.4 Artritis y/o tendinitis: a) no infecciosa o crónica, sin ningún efecto sistémico. b) poliartritis infecciosa aguda (fibrinosa, purulenta).	
2.14 Enfermedades de la musculatura:	
2.14.1 Ausencia de rigor mortis	
2.14.2 Depósitos calcáreos generalizados. a) Localizados	Expurgo de zonas afectadas en caso de lesiones localizadas.
2.14.3 Necrosis aséptica de la musculatura, por ej., distrofia muscular progresiva.	Expurgo de zonas afectadas en caso de lesiones localizadas. En caso generalizado aplicar 1.4.-
2.14.4 Otras anomalías de los músculos: a) en el cerdo, sin afectar a la grasa; por ej. síndrome de estrés porcino: pálida, suave	Partes afectadas de la canal R; cuando las lesiones sean

exudativa (PSE), u oscura, firme y seca (DFD). b) en otros animales (por ej., carne de corte oscuro).	graves. Cuando sea generalizada R/R.
2.15 Enfermedades de la piel:	
2.15.1 Heridas y celulitis: a) de granulación reciente b) heridas infectadas y flegmones: i) sin signos generales ii) acompañadas de fiebre, metástasis o sepsis.	Expurgo de las zonas afectadas. Expurgo de las zonas afectadas.
2.15.2 Contusiones (magullamiento): a) localizadas b) efectos generalizados o alteraciones secundarias en la canal.	Expurgo de las zonas afectadas.
2.15.3 Quemaduras: a) localizadas, sin ningún efecto sistémico b) acompañadas de edema extenso o con efectos sistémicos, como fiebre.	Expurgo de las zonas afectadas.
2.15.4 Eczema y dermatitis crónica del cerdo (de naturaleza primaria).	Expurgo de la zona afectada.
2.15.5 Eritema y dermatitis aguda (por ej. congelación, insolación, corrosiones, fotosensibilización): a) ningún signo de efectos sistémicos. b) con lesiones generalizadas o efectos sistémicos, como fiebre.	Expurgo de zonas afectadas.

3. ENUMERACIÓN ETIOLOGICA	NOTAS
3.1 CONDICIONES PARASITARIAS	
3.1.1 Triquinosis (<i>Trichinella spiralis</i>) a) leve, menos de cuatro larvas b) grave, más de 4 larvas en total de 7 cortes.	
3.1.2 Cisticercosis (<i>Cysticercus bovis</i>) a) Infestación grave (más de cuatro cisticercos en total, registrados en los puntos de inspección aprobados o en otros. b) Infestación leve, moderada o con quistes muertos o degenerados.	Alternativamente tratamiento por congelación a 20 C por 10 días.
3.1.3 Cisticercosis (<i>C. cellulosae</i>):	
3.1.4 Cisticercosis (<i>C. ovis</i>): a) Infestación grave b) Infestación moderada o leve	
3.1.5 Cisticercosis (<i>C. tenuicollis</i>):	
3.1.6 Cenurosis (<i>Coenurus cerebralis</i>):	Rechazo del cerebro.
3.1.7 Distomatosis hepática:	Rechazo del Hígado.
3.1.9 Estrongilosis pulmonar y gastrointestinal.	
3.1.10 Lesiones parasitarias en el hígado o en los intestinos.	Rechazo de los órganos afectados.
3.1.13 Miasis (hipodermosis)	Rechazo parte afectada

3.1.14 Sarnas: a) Sarna sarcóptica del cerdo: i) localizada y sin efectos sistémicos. ii) lesiones extensas o signos de efectos sistémicos. b) Sarna soróptica de los ovinos: i) ningún efecto sistémico ii) con lesiones supurativas en la piel	Rechazo del cuero. Rechazo del cuero. Rechazo del cuero
3.2 ENFERMEDADES PROTOZOARIAS	
3.2.5 Tricomoniasis (<i>Trichomonas foetus</i>)	
3.2.6 Sarcosporidiosis (lesiones macroscópicas): a) Infestación grave b) Infestación leve o localizada	Rechazo de las partes afectadas.
3.2.7 Toxoplasmosis: a) Signos clínicos o efectos sistémicos	
3.2.8 Coccidiosis:	Rechazar intestinos.
3.3 ENFERMEDADES Y ESTADOS BACTERIANOS (INCLUSO LOS AGENTES AFINES)	
3.3.1 Carhunco bacteridiano afección, incluida la contaminación de animales o carnes no infectados pero contaminados)	En el caso de que la enfermedad se descubra durante la inspección ante-mortem o post-mortem: desinfección total de los locales. Adopción de precauciones especiales para evitar los riesgos
3.3.2 Carhunco sintomático. (<i>Clostridium chauvoei</i>)	
3.3.3 Hemoglobinuria (<i>C. haemoliticum</i>) Infecciosa.	
3.3.4 Enterotoxemia (<i>C. haemoliticum</i> , <i>C. perfringens</i>)	
3.3.5 Edema maligno (<i>C. septicum</i> _ etc.)	
3.3.6 Tétano	
3.3.7 Botulismo	
3.3.8 Tuberculosis (En el ganado porcino): - Linfonódulos submaxilares o garganta. - Lesiones linfonódulos submaxilares y/o mesentéricos - Lesiones extensas en los linfonódulos u otros órganos afectados b.2.- Si no se acredita la condición sanitaria de acuerdo al punto anterior, frente a lesiones compatibles con la enfermedad	Rechazo de la cabeza Rechazo de la cabeza y las vísceras
3.3.10 Actinomycosis y actinobacilosis: a) Limitada a la cabeza o a leves lesiones en los pulmones. b) Lesiones extensas en los pulmones	Rechazo de la cabeza.
3.3.11 Salmonelosis	
3.3.12 Colibacilosis, onfaloflebitis poliartitis y otros estados septicémicos de los animales recién nacidos	

3.3.13 Mal rojo del cerdo: a) Erisipela aguda con eritema, o erisipela cutánea difusa con eritema. Artritis o lesiones de la piel complicadas por necrosis con signos de efectos sistémicos. b) Artritis crónica localizada ocasionada por erisipela. Endocarditis por erisipela, localizada, sin necrosis o signos de toxemia. Lesiones cutáneas ligeras	En la inspección ante-mortem, debido al riesgo ocupacional; siempre que sea viable, la matanza deberá aplazarse hasta el final del sacrificio. Se deben tomar precauciones especiales para evitar los riesgos Rechazo de piel y lesiones localizadas.
3.3.14 Listeriosis	Precauciones particulares necesarias para evitar la infección de los trabajadores de la industria cárnica y de los otros manipuladores de alimentos.
3.3.15 Infecciones corinebacterianas en los ganglios linfáticos submaxilares del cerdo	Rechazo de la cabeza.
3.3.18 Muermo	
3.3.21 Brucelosis:	En zonas donde haya brucelosis de cualquier especie, se deben tomar precauciones especiales para evitar los riesgos profesionales. Rechazo de ubres, órganos genitales y ganglios seleccionados. El sacrificio deberá aplazarse para el final
3.3.25 Septicemia hemorrágica (<i>Pasteurella multocida</i> serotipos 6:B y 6:E)	Cuando no haya compromiso general se decomisaran solo los órganos afectados.
3.3.26 Fiebre de transporte:	Si es viable, la matanza deberá aplazarse hasta después de la recuperación.
3.3.27 Rinitis atrófica.	Rechazo de cabeza, cuando aparece con deformidad de <i>ossa faciei</i> .
3.3.30 Leptospirosis: a) Aguda b) Localizada y crónica	Precauciones especiales necesarias para evitar la infección de los trabajadores de la industria cárnica y de los otros manipuladores de alimentos. Rechazo de riñón.
3.4 CONDICIONES VIRALES	Para todas las condiciones virales: puede ser necesario el examen de laboratorio para excluir la posibilidad de infección bacteriana o la presencia de sustancias antimicrobianas.
Enfermedades vesiculares y viruelas	
3.4.1 Fiebre aftosa	Notificación inmediata al SAGARPA.
3.4.8 Rabia a) con síntomas b) sacrificado dentro de 8 días. Después de haber sido mordido por un animal comprobadamente rabioso. c) Sacrificado después de 8 días de haber sido mordido por un animal comprobadamente rabioso	Expurgo de las partes alrededor de la mordedura; precauciones especiales para evitar los riesgos
Diversas enfermedades porcinas:	
3.4.9 Peste porcina (cólera de cerdo):	Aviso inmediato al SAGARPA
3.4.10 Influenza del cerdo	
3.5 SINDROMES DE ETIOLOGIA NO IDENTIFICADA O NO INFECCIOSA	
3.5.1 Tumores: a) Tumores benignos circunscritos, mixofibromas y neurofibromas de los	

nervios intercostales, plexos de los nervios, etc. b) Tumores malignos, por ejemplo, carcinoma y sarcoma, incluido el melanosarcoma. c) Tumores múltiples, por ejemplo, metástasis o tumores múltiples benignos en distintos órganos.	Rechazo para el órgano Opcionalmente examen de laboratorio para diferenciar Opcionalmente examen de laboratorio para diferenciar..
3.5.2 Desórdenes metabólicos, enfermedades por deficiencias e intoxicaciones: a) Deficiencias minerales nutricionales. b) Hipomagnesemia c) Intoxicaciones (envenenamiento agudo y crónico). d) Ictericia: e) Hemolítica f) Tóxica I) Obstructiva o ligera, desaparece dentro de un plazo de 24 horas) II) Obstructiva (grave)	Es preferible que el sacrificio se aplase hasta la recuperación. Rechazo de órganos y partes afectadas por congestión hipostática. Se aplica a los animales que presentan signos clínicos o en la inspección post-mortem. Retención de la canal por 24 hrs. y observación posterior. R si no desaparece y R del hígado.
3.5.3 Residuos que excedan los niveles máximos permitidos	
3.6 INFECCIONES MICOTICAS Y MICOTOXINAS	
3.6.1 Micotoxicosis aguda o crónica, detectable clínica o morfológicamente en la inspección ante-mortem o post-mortem.	

En el siguiente cuadro se resume el proceso general de inspección ⁹⁹:

Inspección regular, proceso general	
Cabeza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Examen general de cabeza, cavidad oral y nasal. ▪ Incisión de ganglios linfáticos (parotídeos, mandibulares, atloides y retrofaríngeos). ▪ Incisión de músculos masticatorios (maseteros, pterogoideos) ▪ Palpación e incisión de lengua
Vísceras	Pulmones <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observación ▪ Palpación ▪ Incisión de ganglios linfáticos (bronquiales, mediastínicos)
	Corazón <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observación externa (pericardio) ▪ Incisión (apertura de cavidades y músculo cardiaco), observación de endocardio y válvulas
	Hígado <ul style="list-style-type: none"> ▪ Examen general y palpación ▪ Incisión de ganglios linfáticos hepáticos ▪ Apertura del conducto biliar
	Aparato gastrointestinal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Examen visual general
	Bazo <ul style="list-style-type: none"> ▪ Examen visual general
	Útero <ul style="list-style-type: none"> ▪ Examen visual general

	Ubre <ul style="list-style-type: none"> ▪ En las ubres lactantes: palpación e incisión de ganglios linfáticos (retromamarios)
	Riñón <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exposición (liberación de grasa perirrenal, examen visual)
Canal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Examen general ▪ Caracteres organolépticos: color (desangrado, ictericia), olor (uremia, etc) ▪ Detección de anomalías, defectos higiénicos ▪ Observación y palpación de ganglios linfáticos (inguinales, prescapulares, iliacas, renales).

Notas:

- Por incisión se entiende aquí examen visual y corte o incisión múltiple.
- Por palpación se entiende aquí examen visual y palpación.
- Los ganglios linfáticos mesentéricos son los *lymphonodi mesenterici*.
- Los ganglios linfáticos retrohepáticos son los *lymphonodi hepatici*. (portales).
- Los ganglios linfáticos bronquiales y mediastínicos son de los *lymphondi tracheobronquiales y mediastinales*.

Cuando el Médico Veterinario inspector decida retener canales, vísceras o porciones del animal para estudios de laboratorio o efectuar una inspección post-mortem más detallada debe contar con las facilidades necesarias (jaula de retención y cámara frigorífica) y asumir el control correspondiente.⁷¹

20.5 El sistema linfático en la inspección de carnes

Los conocimientos de morfofisiología, topografía y anatomopatología del sistema linfático de los animales son imprescindibles para el médico veterinario inspector de carnes. La inspección post-mortem debe incluir: inspección visual y palpación, y en el caso de cerdos, incisión de los nódulos linfáticos.^{1, 71, 98}

Aunque no es correcto el término “ganglio” linfático, se ha generalizado ampliamente su uso, más correcto sería denominarlo nódulo linfático. La inspección sistemática de los nódulos linfáticos presupone el conocimiento de la región que drenan y el curso que siguen hacia la circulación general. La correcta evaluación de las alteraciones encontradas y los problemas agudos de los crónicos, diferenciando así formas de una misma enfermedad.⁹⁸ El sistema linfático incluye el tejido linfoide distribuido en todo el organismo y los vasos linfáticos. Funciona como un sistema de filtros de los fluidos corporales, constituyéndose en un sistema de defensa al filtrar y retener material nocivo, que después fagocita, actuando así contra infecciones, además de que produce anticuerpos.

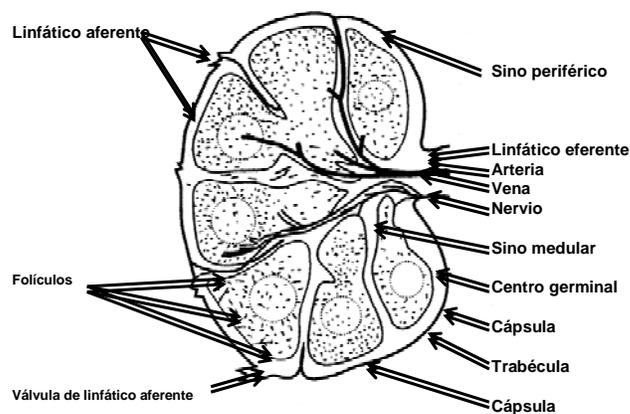
El tejido linfoide está conformado por una acumulación de linfocitos atrapados entre fibras de tejido conjuntivo reticular, puede estar dispuesto en forma difusa, como en la submucosa intestinal, o estar encapsulado formando cuerpos, como en nódulos linfáticos, tonsilas, timo y bazo.

Los vasos linfáticos se inician en los diferentes tejidos como capilares, donde recogen fluido intersticial que se denomina linfa al correr en ellos. Conforman un sistema vascular paralelo al venoso que desemboca en la vena cava craneal o en sus tributarios.

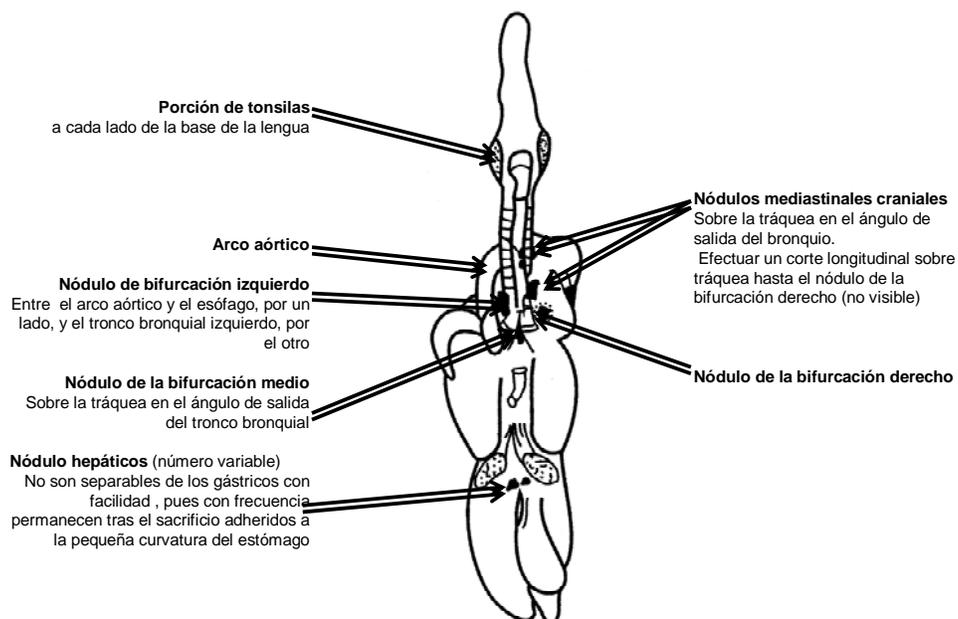
Los nódulos linfáticos son estructuras nodulares acomodadas a lo largo del curso del sistema vascular linfático, son los filtros funcionales. Cada nódulo está rodeado de tejido conjuntivo que lo mantiene en su porción anatómica definida. El tejido conjuntivo envía tubérculos hacia el centro del nódulo, el que se divide en corteza y médula.

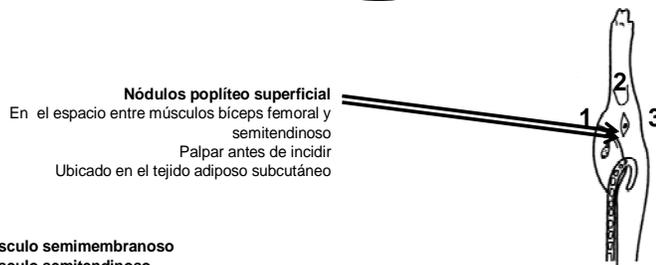
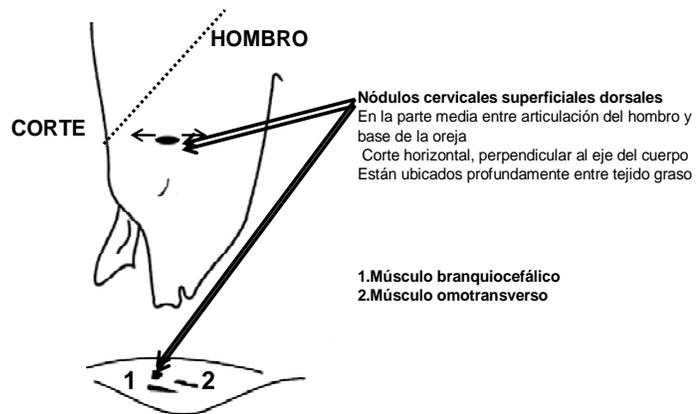
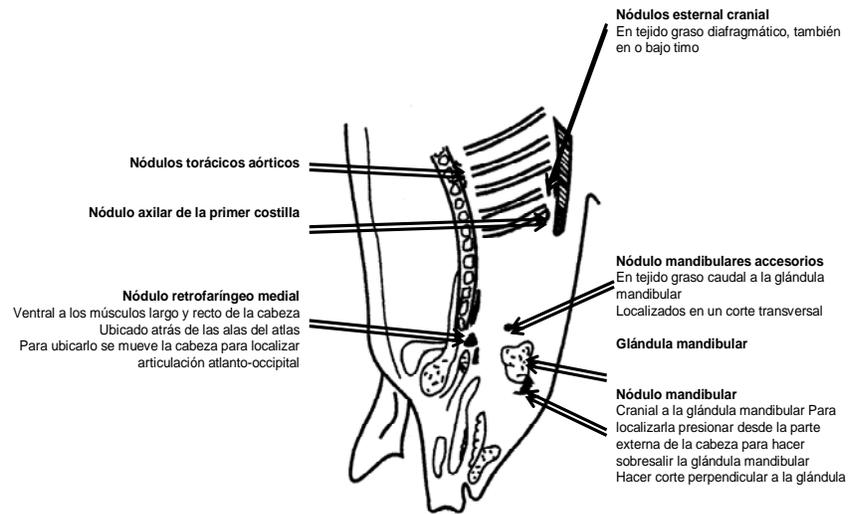
Los nódulos linfáticos de importancia en la inspección de carnes filtran linfa de una región anatómica particular de un órgano o grupo de órganos, por lo que son denominados nódulos linfáticos regionales, que son, en general, más grande que el resto de los nódulos.

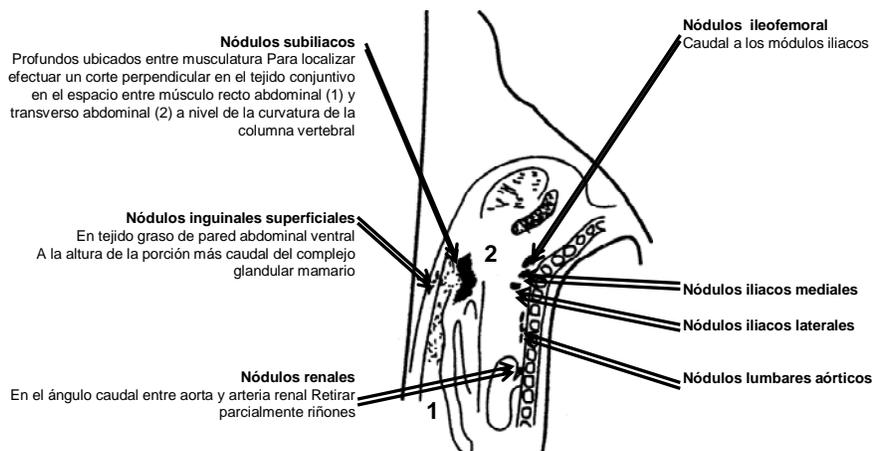
El inspector de carnes debe estar familiarizado, además de con la topografía, con el tamaño, estructura y color de los nódulos de acuerdo a la especie y ubicación para identificar con facilidad cualquier alteración.

Imagen 37. Estructura de un nódulo linfático^{97, 117}

19.6 Topografía del sistema linfático del cerdo¹¹⁷







19.7 Inspección regular en cerdo

Tabla 3. Inspección en el cerdo por órgano

Órgano	Observación	Palpación	Incisión	Observaciones
Lengua	✓			
Musculatura laríngea	✓			
Esófago	✓			
Tráquea	✓			
Pulmones	✓	✓	✓	
Nódulos linfáticos de órganos torácicos				
Nódulo Linfático bifurcación izquierdo	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático bifurcación medio	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático bifurcación derecho	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático traqueo-bronquial-craneal	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático mediastínico craneal	✓		✓	
Corazón/ pericardio	✓		✓	
Sangre	✓			
Diafragma	✓			
Hígado	✓	✓		
Vesícula biliar				
Tubo gastrointestinal	✓			
Bazo	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático gástricos	✓		✓	
Nódulo Linfático pancreoduodenales			✓	
Nódulo Linfático	✓	✓	✓	

yeyunales				
Nódulo Linfático ileocólicos	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático mesentérico caudal	✓	✓	✓	
Nódulo Linfático anorrectales	✓	✓	✓	
Aparato reproductor	✓	✓	✓	
Vejiga	✓			
CANAL				
Riñones	✓		✓	
Nódulo Linfático renales	✓		✓	
Nódulo Linfático inguinal superficial	✓		✓	
Cabeza, tonsilas, faringe	✓			
Mucosa bucofaríngea	✓			
Nódulo Linfático mandibulares	✓		✓	
Nódulo Linfático retrofaríngeos		✓	✓	
Diafragma-cavidad torácica	✓			
Tejido graso y conjuntivo	✓			
Musculatura (espaldilla, diafragma intercostal)	✓		✓	
Región umbilical/ articulaciones	✓	✓	✓	
Huesos (columna vertebral en canal dividida)	✓			
Piel	✓			
Superficie corporal	✓			
Base de la oreja		✓	✓	

19.8 Dictamen

El dictamen final es integrador de los hallazgos de las inspecciones ante-mortem y post-mortem, y en caso de existir, del informe sanitario procedente del establecimiento de producción y de eventuales resultados de laboratorio ordenados por el médico veterinario inspector. La emisión del dictamen debe ser acompañado con instrucciones sobre la adopción de medidas que garanticen el destino y manejo de los productos de acuerdo al dictamen médico. El decomiso puede ser total (canal y despojos) o parcial (algún órgano, parte de la canal, porción de tejidos) según lo haya determinado el médico inspector. Cuando una parte de la canal se rechace a consecuencia de lesiones o traumatismos, se debe identificar a toda la canal como retenida, hasta eliminar la porción dañada, la cual será considerada como producto rechazado. Los productos rechazados deben retirarse sin cruzar por las líneas de sacrificio.^{71, 96,99}

Después de efectuar la inspección se hará el sellado, marcado o rotulado de los animales, sus canales, partes, carne y productos comestibles, con los signos distintivos de inspección bajo la vigilancia del personal oficial adscrito a la planta. Para poder identificar que la canal de cerdo fue aprobada para su consumo se realiza un marcado de las canales y productos aprobados para consumo humano se utilizará tinta de color rojo; para productos aprobados para cocción tinta azul; en el caso de carne, se empleará tinta de color verde. Los productos decomisados deberán marcarse con tinta negra.⁷¹

Las tintas empleadas serán indelebles y atóxicas con características iguales para todos los establecimientos. En el caso de vísceras, éstas serán marcadas con sello eléctrico. Con el fin de evitar el uso ilegal, los sellos empleados en la inspección, en particular el de "inspeccionado y aprobado", deben ser resguardados por el médico veterinario inspector, quien deberá recogerlo al término del sacrificio del auxiliar encargado del sellado. Cuando en las canales, vísceras u órganos se descubra cualquier lesión o condición que los haga impropios para el consumo humano, serán rotulados, sellados o marcados con la leyenda "Inspeccionado y Rechazado SAGARPA, México"; procediéndose de inmediato a su separación o depósito en recipientes, compartimientos o locales especiales y acondicionados para tal objeto,

quedando desde este momento bajo el control del personal oficial o aprobado adscrito a la planta.⁷¹ Con base en las lesiones que presenten las canales, vísceras u órganos, el Médico Veterinario Oficial o Aprobado podrá llevar a cabo los siguientes procedimientos:

- Aislamiento y retención hasta efectuar una nueva inspección, de acuerdo con la enfermedad o padecimiento de que se trate
- Destrucción inmediata en la planta de rendimiento u horno incinerador
- Desnaturalización con ácido fénico crudo u otras sustancias autorizadas por SAGARPA
- Aprovechamiento total o parcial en la elaboración de productos no comestibles para uso industrial

No siempre es factible ni necesario establecer el diagnóstico etiológico para la toma de decisiones. Lo fundamental es caracterizar cabalmente los hallazgos anatomopatológicos y relacionarlos con las causas posibles para determinar eventuales riesgos. Los decomisos no sólo se relacionan con posibles daños a la salud del consumidor, también se retiran del mercado tejidos con alteraciones o defectos considerados repugnantes (tumores, procesos purulentos), o que por diferir con las características organolépticas propias del producto constituyan un fraude.

El conocimiento de las patologías especiales de los animales de abasto y sus implicaciones en salud animal y salud pública son sumamente extensas, por lo que es indispensable la preparación y actualización permanente de los médicos veterinarios inspectores.

Tabla 4. Posibilidades del dictamen y manejo del decomiso o rechazo

Dictamen	
Posibilidades	Manejo/ destino
a) Apto para consumo humano ⁷¹	Se autoriza impresión del sello sanitario, sin restricción a la comercialización. ⁷¹
b) Condicionalmente apto ⁷¹	Identificar Definir la condición y vigilarla. Por ejemplo, tratamiento térmico, forma (deshuesado), tiempo y temperatura. ⁷¹
c) No apto para consumo humano ⁷¹	Sello: "No apto para consumo humano" Identificación y control Posible aprovechamiento industrial Incineración ⁷¹

NOTA: Tras la inspección, unas porciones del animal pueden resultar aptas, mientras otras se deben decomisar.

En muchos países regulatoriamente están establecidos los dictámenes procedentes en base a anomalías encontradas; esto aún no está bien establecido en México. Se puede consultar como guía el Manual de Inspección para Médicos Veterinarios responsables de empacadoras TIF, y sobre todo el "Código Internacional recomendado de practicas para el dictamen ante-mortem y post-mortem de animales de matanza y carnes" del Codex Alimentarius (1985).

20. Lavado final de la canal

Tras la evisceración, las canales obtenidas se limpian para eliminar la contaminación superficial producida tanto por microorganismos como por restos de sangre, grasa y restos de esquirlas de huesos que han quedado después del seccionado de la canal. Tradicionalmente se utilizan duchas de agua a presión automáticamente o con pistola manual a las que se les puede añadir productos clorados o ácidos orgánicos.⁸⁶ El lavado de la canal facilita el proceso de enfriamiento y elimina los residuos de sangre que pueden ser medio de cultivo de bacterias. Un lavado eficiente reduce la carga bacteriana de la canal alargando su vida de anaquel.^{74,91}

La limpieza de las canales mediante duchas de agua fría mejora su presentación aunque en el aspecto microbiológico existe controversia. Las objeciones se refieren a la calidad bacteriológica del agua, no siempre adecuada, y a la extensión de las contaminaciones localizadas (contaminación de la parte anterior de la canal), así como el hecho de que el humedecimiento de la superficie de la canal beneficia la colonización y multiplicación de los microorganismos. Una alternativa es la utilización de agua caliente entre 70-90°C durante un corto periodo de tiempo (alrededor de 20 segundos) que mejora la limpieza, pero tiene el inconveniente de que si las canales se dirigen a refrigeración o congelación se necesita un mayor consumo energético para bajar su temperatura. En algunas ocasiones se utilizan productos desinfectantes, siendo los compuestos clorados los más empleados en las limpiezas de las canales. Estos compuestos no son eficaces a bajas concentraciones ya que el cloro es neutralizado por la materia orgánica de la superficie de la canal. El efecto beneficioso se observa por encima de 100 ppm de cloro

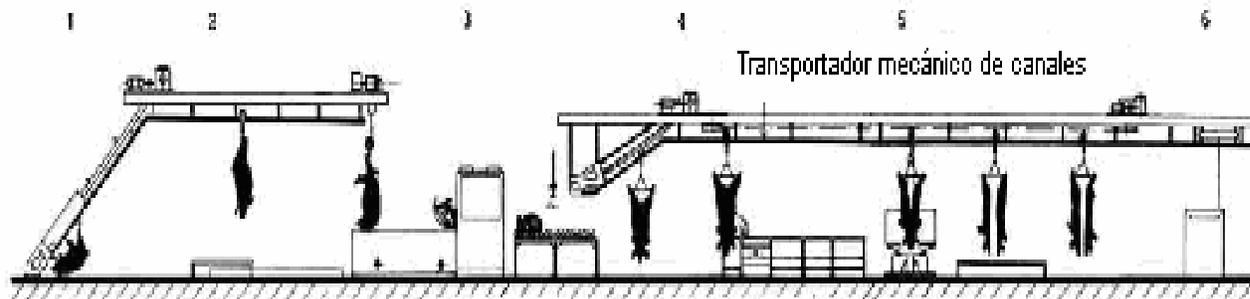
libre. También se han probado soluciones de ácido láctico o ácido acético en concentraciones del 1-2%. Esta operación de lavado genera lógicamente un vertido de aguas residuales considerable, con un marcado carácter orgánico y presencia de productos desinfectantes. Las canales se dejan escurrir durante un corto espacio de tiempo (10-15 minutos) antes de su pesado, clasificación y envío a la zona de refrigeración.^{57, 86,89,90}

Para canales de mamíferos, se aconseja el tratamiento, antes del enfriamiento, por duchado en cabinas especiales con soluciones de ácido láctico, ácido propiónico o ácido acético al 1-2%. El más utilizado es el primero. Los efectos positivos de este tratamiento en ensayos realizados en el laboratorio⁸⁹ puede concretarse en una reducción de una unidad logarítmica en el número de enterobacteriáceas y de 2-3 en la flora alterante (Ver Módulo Microbiología de la Carne y Residuos Tóxicos), pero a nivel práctico pueden ser menores (1.5 unidades logarítmicas en los recuentos en placa de aerobios). Las repercusiones negativas (cambio de color, especialmente de la grasa que adquiere un tono gris oscuro y en el aspecto de los cortes de carne, olores y sabores anormales) parece que sólo se producen a concentraciones mayores del 2%. La autorización en la Unión Europea del ácido láctico y el ácido acético para la descontaminación de canales no parece que debería presentar problemas, por carecer de efectos adversos. En EUA, son muy utilizados.^{89,90}

21. 1 Lavado de vísceras

Después de que han sido inspeccionadas, junto con su respectiva canal, se requiere enviar a un local anexo para que sean lavadas las vísceras verdes y rojas, evitando así la contaminación en la sala de sacrificio. Una vez que han sido lavadas deben colocarse en ganchos o perchas, nunca en el piso. Las zonas de lavado deben ser una zona protegida para evitar que se produzcan salpicaduras de agua y desperdicios a otras canales o vísceras. El suelo debe tener un declive y el agua y el exceso de sangre deben llevarse al desagüe a partir de las áreas de desprendimiento de cabeza y lavado, a un depósito, de donde será enviada a la planta de tratamiento.⁹¹

Hasta este punto podemos resumir en el siguiente diagrama los pasos que ha seguido la canal desde la insensibilización hasta el rendimiento:



1. Izado o Gambreleado

El animal es izado por un elevador inclinado hasta el carril aéreo.

2. Desangrado

El desangrado se realiza sobre el túnel para que en éste se recolecte la sangre

3. Escaldado y eliminación de cerdas

La canal se sumerge en agua caliente, se procede a la eliminación mecánica de las cerdas, tras lo cual se coloca sobre una mesa para la aplicación de los ganchos de suspensión

4. Preparación

Se hace avanzar la canal por medio del elevador desde la mesa de limpieza hasta el carril de evisceración, donde se abre el pecho y las cavidades abdominales

5. Apertura de canal

El operario, de pie en una plataforma, abre la canal con una sierra eléctrica o automatizada

6. Determinación de Peso

El peso de los productos del sacrificio se mide en la balanza de carril aéreo

21. Rendimiento de las Canales

Se debe retirar de la canal la médula ósea, grandes vasos sanguíneos visibles en el cuello (con residuos sanguíneos) y el timo (en animales jóvenes), porque se deterioran con facilidad y favorecen la

reproducción bacteriana. Las practicas de terminado (aliño) para la presentación final de la canal deben evitar posibles contaminaciones, por lo que el uso de cepillos para eliminar material indeseable adherido a las canales debe ser evitado por la dificultad inherente a la sanitización de estos elementos, en su lugar deben emplearse cuchillo y lavado a presión.⁵⁷

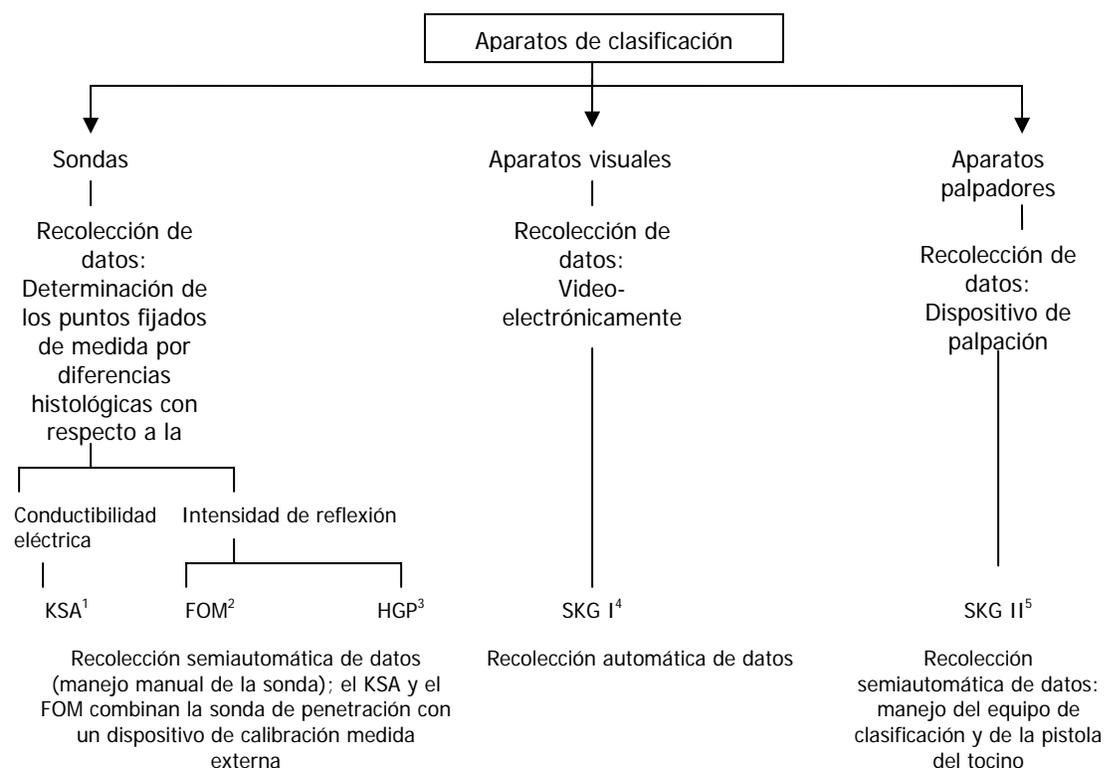
21. 1 Peso y clasificación de las canales

Cada media canal lavada debe ser pesada para determinar el rendimiento del animal, tipificada con base en su conformación y grado de terminación e identificada con los sellos sanitarios y comerciales y mediante una tinta apta para el consumo humano.⁶¹

Los sellos se deben colocar en lugares visibles y de forma que al dividir la canal queden identificados los cuartos anterior y posterior y la parrilla costal. El sello sanitario certifica que la canal ha sido inspeccionada e identificada al MVZ que la declaró apta para el consumo y al establecimiento donde fue procesada. Los sellos comerciales identifican la categoría alcanzada en la tipificación, el peso y el destino asignado: exportación, consumo, conserva, materia prima, etc.⁶¹

La valoración subjetiva de las canales lleva implícito el peligro de que se produzcan estimaciones erróneas o manipulaciones. Por esta razón, se han desarrollado procedimientos que permiten una evaluación objetiva del valor de las canales. Los procedimientos se fundamentan en la estrecha relación que guardan algunas características accesorias con la proporción de carne muscular. Dependiendo del tipo de aparato se determinan, por ejemplo, el espesor del tocino dorsal y los parámetros de las regiones de las chuletas y del jamón, por poner un ejemplo. Los aparatos de clasificación suelen estar incluidos en un sistema integrado de recolección, transmisión y tratamiento de datos. Los valores de medida obtenidos se transforman mediante las fórmulas adecuadas, que están programadas, en la proporción de carne muscular, registrándose después. Para la clasificación mediante aparatos se pueden utilizar sondas, aparatos visuales y aparatos palpadores. (Imagen 37).^{34,92}

Imagen 37. Aparatos utilizados para la clasificación de las canales^{34,92}



¹KSA= Kod-Speak-Automatik

²FOM= Fat-O-Meat'er

³HGP=Hennessy Grading Probe

⁴SKG I= Schlachtkörper-Klass-Gerät I

⁵SKG II= Schlachtkörper-Klass-Gerät II

Los aparatos de sonda, al penetrar, diferencian entre los tejidos grasos y la carne muscular, y al hacerlo recogen los datos respectivos. Los aparatos de sonda pueden estar basados en dos principios funcionales.^{34,92}

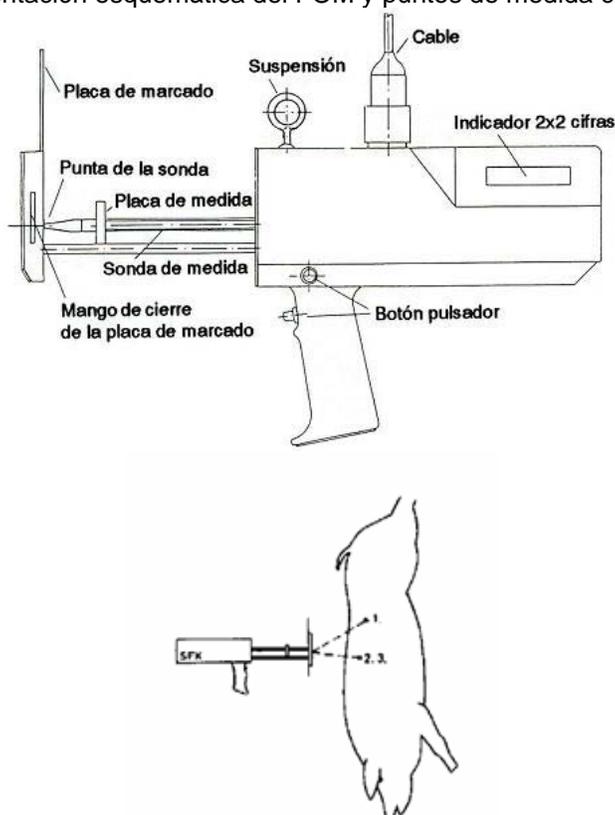
La sonda de medida del tocino dorsal se basa en la diferente conductibilidad eléctrica de la grasa y de los músculos, siendo éste un sistema que se utiliza en el procedimiento danés KSA.

El FOM (Fat-O-Meater) es un aparato que desarrolla el aparato KSA y trabaja con una sonda de reflexión. En este caso se registran las diferentes claridades de los tejidos grasos y de los tejidos musculares. La sonda se introduce en dos puntos definidos y recoge tres valores de la medida.^{34,92}

21.2 FOM (Fat-O-Meater)

Las canales son pesadas en básculas de precisión incorporadas a la cadena de producción y clasificadas en relación con su contenido magro mediante la medida de reflectancia interna, para establecer la categorización industrial de la canal antes de ser refrigeradas. Un reflectómetro consta de una sonda que penetra dentro de la piel, llegando hasta el tejido graso y magro, dos diodos en su extremidad, uno foto-emisor y otro foto-receptor y un potenciómetro que devuelve la señal de reflectancia de los tejidos traspasados (mayor en la grasa que en el músculo, al ser ésta más clara)⁵³. Existen aparatos como el **FoM** (Fat-o-Meter), **HGP** (Hennessy Grading Probe), actualmente no utilizados en México, el primero es conocido como la *sonda FoM*, consta de una pistola, un microprocesador y una impresora. La pistola posee una sonda de 6 mm de diámetro en su extremo inferior con una lámpara que emite una fuente de luz, que pertenece al espectro infrarrojo, la cual es reflejada tras penetrar entre 5 y 105 mm en los tejidos, a una célula fotoeléctrica que genera una señal analógica que es la suma de la luz reflejada por los alrededores. La sonda está conectada a un ordenador, el cual procesará los valores registrados de reflectancia en contenido estimado de carne magra, utilizando una fórmula (Imagen 38).⁹²

Imagen 38. Representación esquemática del FOM y puntos de medida con la sonda FoM^{34,92}



Se trata pues, de una sonda graduada especialmente diseñada para medir el espesor del tejido graso y la profundidad muscular, mediante la distinta reflectancia existente entre ambos (mayor en grasa y menor en carne), con el propósito de estimar el contenido magro⁵⁴. En base a esto, la pistola es capaz de registrar un reflejo por cada 0.5 mm y el conjunto de los reflejos proporcionan un registro a modo de

curva, que es utilizado por el microprocesador para calcular el espesor de grasa y músculo, así como el porcentaje de magro en relación al peso de la canal.^{55,92}

21.3 Clasificación y designación del producto en México

El muestreo de las canales de cerdo se realiza a través del sistema de medición automático para determinar la calidad y el rendimiento porcentual de carne magra contenido en cada una de las canales del lote sacrificado. El proceso de medición se realizará durante el pesaje de la canal caliente, es decir, una vez terminada la inspección ante-mortem, y antes de ser enviada al área de conservación por refrigeración. La aplicación del sistema de medición de calidad debe ser por canal, en caso de ser rendimiento de cortes ésta debe efectuarse teniendo presente el peso de la canal fría, antes de su despiece y deberá determinarse el número de muestras a realizar de acuerdo al tamaño del lote de sacrificio, o en caso contrario la suma de los principales cortes de todo el lote darían un sesgo de la información.⁹³

Con el objeto de determinar el contenido porcentual de carne magra en la canal, se podrán utilizar diversos instrumentos de medida automática fabricados ex profeso por diversas empresas, los que a través de ultrasonido o de una sonda introducida en el lomo del cerdo proporciona una medida del espesor de la grasa y de masa muscular; generalmente, el medidor trabaja con los diferentes valores proporcionados por la diferencia de reflejo en la grasa y en la carne, como se vio anteriormente.⁹³

Para que una canal de cerdo sea motivo de clasificación debe cumplir, además de los requisitos higiénicos-sanitarios que exijan la Secretaría de Salud (SSA) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con los siguientes:⁹³

- Únicamente de animales sacrificados rastros TIF y registrados
- Que sean los definidos como animales para el abasto
- Sin presencia de daños físicos (excepto descole, castración y muescas) como: mutilaciones, traumatismos y/o escaldado deficiente, separación de vértebras, presencia de pelo y otros que desmeriten la apariencia de la canal

Asimismo, serán excluidas aquellas canales que presenten:

- Musculatura pálida, blanda y exudativa (PSE) (Ver Módulo Calidad de la Carne)
- Canales con presencia de grasa líquida
- Musculatura seca, dura y oscura
- Canales con olor a macho entero

Se consideran dos tipos de rendimiento de canales:

El rendimiento en canal es la proporción del peso de la canal expresada en porcentaje, respecto al peso vivo. Se puede calcular en referencia a la canal caliente y/o en frío (determinando el porcentaje de la merma de la canal en frío); el rendimiento en frío se llevará a cabo cuando se hagan los cortes primarios y se aplique la fórmula inscrita.⁹³ Para mayor información consultar Módulo 7. Calidad de la Carne. Solo se clasificarán canales entre 70 kg y 90 kg de peso con un rendimiento de carne magra en la canal de acuerdo a lo señalado en la tabla 1. Canales con menos de 47.49% de rendimiento no entran en la clasificación. La medición se realiza generalmente a la altura de la doceava costilla. Las canales que no reúnan las características antes descritas, serán consideradas como fuera de clasificación.⁹³

Tabla 5. Categorías de acuerdo al rendimiento mediante la utilización de los diferentes aparatos electrónicos o de ultrasonidos para medir el rendimiento de carne magra de las canales calientes

Categoría	Rendimiento de carne magra en la canal caliente %
1	52.0 ó mayor
2	49.51 a 51.99
3	48.51 a 49.50
4	47.50 a 48.50
5	Menor a 47.49

En cortes primarios, el rendimiento es la proporción del peso de los cortes primarios expresada en porcentajes, respecto al peso de la canal. Los cuales deben ajustarse debido a la merma por refrigeración de la canal, en su caso. Para los fines de esta clasificación por rendimiento magro de los cortes primarios, se refiere a la producción de los cinco cortes primarios definidos. (Ver Módulo 5. Corte y Deshuese de canales, empaque y etiquetado). Este rendimiento podrá ser medido a partir de la relación existente entre el peso de la canal y el grosor de la grasa dorsal a la altura de la última costilla, con el

peso de los cortes primarios. El rendimiento de los cortes magros se podrá medir directamente por la simple suma del peso de éstos o bien mediante la aplicación de la siguiente ecuación, en la canal caliente:^{93,94}

$$\text{P.C.P. en kg} = 10.07 + (0.460 \times \text{P. en C.}) - (2.14 \times \text{G.D.})$$

Donde:

P.C.P. = es el peso de los cortes primarios

P. en C.= es el peso de la canal caliente (con cabeza y patas)

10.07= es la intersección al origen (valor constante)

0.46= es la magnitud de cambio en el rendimiento magro de los cortes en kilogramos en función de la grasa de la canal, es decir, que por cada centímetro que aumente el grosor de la capa de grasa dorsal el rendimiento de los cortes primarios se reducirá en 2.14 kg

G.D.= es la grasa dorsal medida en centímetros, tomando perpendicularmente la línea media da la altura de la última costilla, incluyendo piel

2.14= es la magnitud del cambio en el rendimiento magro de los cortes primarios en kilogramos, en función de la grasa de la canal, es decir, que por cada centímetro que aumente el grosor de la capa de grasa dorsal el rendimiento de los cortes primarios se reducirá en 2.14 kg.

El rendimiento en kilogramos de los cortes primarios magro se dividirán entre el peso de la canal caliente para calcular el rendimiento porcentual de éstos. Para el caso de la canal fría, se considera la merma.

22. Refrigeración

Para proteger la carne de una rápida descomposición, hay que refrigerarla suficientemente. Por lo general, se refrigera la totalidad de la carne inmediatamente después del sacrificio. El principal problema de enfriamiento es la demora de la caída de la temperatura de las canales. Los cambios físicos, químicos y microbiológicos que se producen en la carne fresca suceden estrictamente en función de la temperatura y la humedad, por lo que el control de estos parámetros es fundamental para la conservación de este alimento. El enfriamiento de las canales a nivel industrial, supone uno de los mejores sistemas de conservación para mantener las condiciones óptimas de las carnes antes y durante su comercialización, evitando una rápida descomposición de la misma.⁷⁴

La etapa de refrigeración consiste en reducir la temperatura de la carne, operación que se realiza normalmente en dos fases. En la primera fase las canales se introducen en cámaras a baja temperatura con el objetivo de reducir rápidamente el calor corporal de las canales que en ese momento es de alrededor de 40°C. Tras una o dos horas, las canales son almacenadas en cámaras a una temperatura de entre 0°C y 4°C (segunda etapa) donde permanecerán hasta su posterior comercialización.²⁹

Al término del sacrificio, la canal, rica en nutrientes, tiene una temperatura que oscila entre 30 y 40°C y una actividad de agua de 0.9, lo que la convierte en un sustrato ideal para el crecimiento de microorganismos patógenos y deterioradores, por lo anterior, se debe proceder a la refrigeración de las canales inmediatamente después del sacrificio, independientemente del destino final. Incluso después de su salida del rastro, la carne debe seguir en refrigeración hasta el momento de consumo.⁵⁷

La refrigeración de las canales de porcino es una etapa en la que el rápido enfriamiento de la carne de canales es esencial para evitar la pérdida de peso debido a que la canal de cerdo aún presenta una elevación natural de temperatura corporal producto de las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en el músculo. Por lo que es importante que la temperatura de los animales se disminuya lo más pronto posible. La refrigeración es punto crítico de control, el más importante en el proceso de obtención de la carne, por el impacto que tiene en el producto obtenido y porque está generalmente dentro del control absoluto del establecimiento.⁵⁷

Después del lavado final, las canales de cerdo se transportan por redes aéreas hasta una primera sala de pre-enfriamiento a una temperatura de entre -1°C y 5 °C donde en 2-3 horas se consigue bajar la temperatura superficial de 37-40°C hasta 5-7°C. Para alcanzar esta misma temperatura en los tejidos profundos el tiempo necesario es mayor, y es indispensable utilizar sistemas de refrigeración rápidos constituidos por túneles de refrigeración con temperaturas de -10°C y -12°C. Tras el pre-enfriamiento, las canales pasan a una cámara de refrigeración donde se mantienen las canales a una temperatura de entre 0 y 4°C, y de 0 a 3 °C las vísceras, por circulación de aire forzado a una humedad relativa de entre 85 % y 95 %. Las canales permanecen en las cámaras de refrigeración hasta su posterior traslado a las salas de despique. En las **cámaras de refrigeración** las canales se mantienen a una temperatura de entre 0 a 4°C y la humedad relativa oscila entre el 80-90%.Las cámaras se deben recubrir en su interior

con material impermeable, de colores claros, resistente, liso, de material impermeable, no tóxico, ni absorbentes y de fácil lavado.²⁹ Es indispensable que el difusor cuente con un sistema que conduzca el agua de deshielo hacia el drenaje de la planta. La capacidad de almacenamiento debe ser acorde al volumen de sacrificio. Las canales no deben tener contacto entre sí, no con pisos y paredes. El piso debe ser liso, con declive al desagüe. El termómetro de máximas y mínimas (con el sensor en el interior) debe ser visible desde fuera. Se requiere de un dispositivo de apertura desde el interior o un sistema de alarma. Es necesaria una jaula para retención de canales, con un espacio mínimo del 5% del volumen de sacrificio y que se cierre con llave o candado. Los rieles deben estar situados a no menos de 30 cm del piso y las canales suspendidas a no menos de 30 cm del suelo y con una distancia entre rieles como mínimo de 50 cm.^{29,43}

La carne se conservará por lo menos el doble de tiempo a 0°C que la carne con un nivel análogo de contaminación, pero conservada a 7°C, o bien se conservará por lo menos cuatro veces más tiempo a 0°C que a 10°C.⁵⁷

En las condiciones imperantes en México, rastros municipales, donde sólo la minoría dispone de sistemas de refrigeración, es un proceso que suele estar fuera de control del responsable del establecimiento. Las condiciones socioeconómicas del país han determinado que la refrigeración no sea de importancia en numerosos rastros municipales; los tablajeros disponen regularmente en refrigeración en situaciones extremas se comercializa la carne “en caliente”.

El procesamiento y refrigeración garantizan en gran medida la calidad de la carne, aseguran la madurez esperada y evitan la proliferación de gérmenes patógenos y de bacterias alterantes. Existen ciertos factores que deben ser atendidos para que la refrigeración de las canales sean satisfactoria:

1. Temperatura ambiental de la cámara
2. Temperatura que alcanza las canales
3. Capacidad de la cámara
4. Flujo de aire y humedad relativa
5. Tiempo de refrigeración

El movimiento de aire en las cámaras, que puede modificarse de acuerdo con la carga de canales a que es sometida, es un factor decisivo, aunque generalmente no se controle. El efecto del flujo de aire asociado con la humedad relativa y la temperatura, por parte de la cámara, y la cubierta de grasa, por parte de la canal, determinan la disminución de la humedad superficial de la canal, la desecación así generada, de igual manera, disminuye la multiplicación microbiana superficial.

El agua de condensación en cámaras frigoríficas es un problema común que debe evitarse al máximo porque predispone a la multiplicación microbiana sobre todas las superficies. Entre los factores que contribuyen a elevar la humedad (condensación del agua) se encuentran: mantener las puertas abiertas por periodos prolongados, sobrepasar la capacidad de refrigeración, bajar inadecuadamente la temperatura de la cámara antes de cargarlas, exceso de agua de lavado en canales.⁵¹

22.1 Importancia de la cadena de frío en la carne fresca

Dadas las características perecederas de la carne y que, en general, desde el sacrificio de los animales hasta la refrigeración y posterior distribución de las carnes, transcurren periodos de tiempo considerables, se hace necesaria la aplicación del frío para la conservación de las carnes (cadena de frío), con el fin de hacer disminuir la temperatura de la canal hasta niveles óptimos de conservación, permitiendo por un lado minimizar las pérdidas de peso y por otro, evitar el desarrollo de agentes causantes del deterioro, cuya proliferación desencadenaría en reacciones degradativas de graves consecuencias higiénicas y tecnológicas.⁵¹

El frío tiene una acción limitada, pues no puede considerarse ni como agente esterilizante, ni como destructor de enzimas, ya que por un lado, las bajas temperaturas sólo consiguen ralentizar el metabolismo y la multiplicación microbiana, y por otro lado, disminuyen en gran medida la velocidad de las reacciones enzimáticas causantes del deterioro de la carne, pero sin llegar a anularlas. Por tanto, podemos decir que el frío no mejora la calidad de la carne, sino que en el mejor de los casos la mantiene en adecuadas condiciones.

La conservación a bajas temperaturas representa un significativo factor ambiental, que influye en la clase de flora alterativa predominante. La capacidad de mantenimiento refrigerado de las carnes queda limitada en el tiempo, en función al desarrollo de microorganismos tolerantes de bajas temperaturas (psicrótrofos), capaces de desarrollarse a temperaturas de refrigeración (0-5°C) y condicionar el periodo de vida útil del producto almacenado.^{34, 44,52} (Ver Módulo 5. Microbiología de la Carne y Residuos Tóxicos).

23. Transporte de canales y vísceras

El transporte de carne es en realidad un almacenaje que tiene efecto con un simultáneo cambio de lugar. Por ello, durante el transporte deben cumplirse en líneas generales las mismas medidas referentes a temperatura e higiene imperantes en el almacenado en lugares fijos. Aparte de la protección frente a influencias perjudiciales, para la realización de un transporte adecuado de las canales resulta de importancia esencial la temperatura de la carne en el momento de cargar el vehículo, así como durante el transporte. De aquí se deduce que el transporte de la carne es un importante eslabón de la cadena de frío.³⁴

De acuerdo con la NOM-009-ZOO-1994, el MVZ oficial expide los certificados zoosanitarios para movilización de canales o productos comestibles sólo cuando llevan sellos de inspección.⁷¹ De acuerdo a la NOM-024-ZOO-1995 (Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos)⁴³, para el transporte de carne y sus derivados, deberán utilizarse vehículos, remolques o contenedores isotérmicos, refrigerantes o frigoríficos, además de que los vehículos deben estar en buen estado, limpios y acondicionados adecuadamente con refrigeración o congelación forrados de material liso, impermeable y de fácil aseo. El exterior pintado de colores claros y con la denominación del establecimiento. Las dimensiones interiores deben garantizar que la carne en canal o en piezas no presente contacto con el piso ni las paredes.^{34, 43, 71} En un mismo transporte no podrá movilizarse simultáneamente productos comestibles y no comestibles que representen riesgo de contaminación. Las vísceras se deben trasladar en recipientes protegidos para evitar su contaminación y el contacto con las canales. Se permite transportar carne en diferentes especies cuando no tengan contacto directo entre sí.^{34, 71}

La carne debe mantenerse fría, con circulación de aire, se debe evitar la condensación y por supuesto la contaminación. Los vehículos para transporte de carne deben estar equipados para mantener la temperatura de la carne refrigerada. El transporte se realiza en camiones isoterms. El transporte de carne y sus productos frescos o industrializados como (vísceras y canales) deben ir suspendidas en el aire, a una temperatura de refrigeración de 4°C y de congelación de (-18°C). El vehículo deberá mantener la temperatura requerida durante todo el periodo de transporte.⁷¹

24. Glosario

Animal de abasto o animal: Todo el que se destina al sacrificio como bovinos, ovinos, caprinos, porcinos, aves, equinos o cualquier otra especie destinada al consumo humano.⁷¹

Animales de desecho: Aquellos que por sus características han terminado su función zootécnica o no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en esta norma. No serán sujetos de clasificación.⁹³

Animal caído: Es aquel o aquellos que por fracturas o alguna otra lesión, estén imposibilitados para entrar por sí solos a la sala de sacrificio.⁷¹

Apto para el consumo humano: todo producto cárnico proveniente de animales inspeccionados y aprobados ante y post mortem que garantice su calidad e inocuidad.⁹⁴

Canal: El cuerpo del animal desprovisto de piel, cabeza, vísceras y patas.⁷¹ Se entiende por canal al cuerpo del animal sacrificado humanitariamente, desangrado, sin pelo o cerdas, eviscerado (pudiendo permanecer los riñones y la grasa interna), con cuero y extremidades, abierto a lo largo de la línea media (esterno-abdominal) son médula espinal, separada la cabeza del cuerpo por la articulación occisito-atloidea y con la cabeza adherida por los tejidos blandos al resto del cuerpo.⁹³

Carne: Es la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano.^{71, 93}

Carne de cerdo: es la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conectivo, grasa, hueso, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos de la especie *Suis scrofa domesticus*, apta para el consumo humano.⁹⁴

Carne magra: se entiende por carne magra al conjunto de las masas musculares, una vez desprovista de la grasa de cobertura.⁹³

Cerdos para el abasto: Es el animal de la especie porcina, macho castrado o hembra de cualquier raza o línea de cruzamiento, clínicamente sano, que es sometido a un proceso de engorda intensivo y destino al sacrificio de acuerdo a lo señalado en la NOM-033-ZOO, con una edad comprendida entre los 5 meses y 6.5 meses, y que tengan entre los 90 kg a 110 kg de peso en pie.⁹³

Cortes primarios: Son los cortes básicos en que se divide la canal.⁹³

Decomiso: Son las canales, vísceras y demás productos de origen animal, considerados impropios para el consumo humano y que únicamente podrán ser aprovechados para uso industrial.⁷¹

Despojo: Las partes no comestibles del animal.⁷¹

Establecimiento: Instalación sujeta a la inspección de la SAGARPA, en la que se sacrifican y/o procesan animales de las especies bovina, equina, ovina, caprina, porcina, aves, lepóridos o cualquier otra especie destinadas al consumo humano, para el comercio en la República Mexicana o para su exportación.⁷¹

Hallazgo Anatomopatológico: Hallazgo al que se llega mediante el examen de la sustancia y función de los tejidos del organismo, especialmente de sus alteraciones, por medio de técnicas histológicas.

Informe anamnéstico: relativo a anamnesis; la anamnesis es el término médico empleado para referirse a la información proporcionada durante el informe clínico con el fin de incorporar dicha información a la historia clínica. Se puede recabar información mediante otros métodos, como la exploración física o análisis clínicos. Consiste en recoger información a partir de los datos del animal.

Macho castrado: Cerdo esterilizado mediante la extracción quirúrgica de los testículos o cualquier otro método. No incluye animales que presenten internamente testículos o vestigios de éstos.⁹³

Médico veterinario: Profesional oficial o aprobado por la SAGARPA, capacitado para realizar la inspección de animales y sus productos.⁷¹

Vísceras: Los órganos contenidos en las cavidades torácica, abdominal, pélvica y craneana.⁷¹

Retenido: significa que los animales, sus partes, canales, vísceras, carne y demás productos comestibles, como consecuencia de la inspección quedan sujetos a una reinspección en la que se determinará su destino final.⁷²

Sospechoso: significa que durante la inspección sanitaria se han encontrado en el animal síntomas o signos de padecer alguna enfermedad o lesiones, que haciéndolo impropio para el consumo humano, pueden ocasionar su decomiso parcial o total.⁷²

Peso en pie: es la cantidad expresada en kilogramos de un cerdo, a pie de granja o entregado a pie de rastro.⁹³

Peso en canal en caliente: es la cantidad expresada en kilogramos de una canal después del proceso de sacrificio y faenado, previo al lavado final de la misma.⁹³

Peso de la canal fría: cantidad expresada en kilogramos de una canal lavada y escurrida, y cuya temperatura en el centro térmico de la pierna sea de 2°C a 4°C, en un periodo no mayor de 24 horas.⁹³

Vermes: parásitos parecidos a los gusanos.

Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura

1. Información General

- 1.1 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

2. Higiene Del Personal

- 2.1 Principios de la Higiene del Personal
- 2.2 Vestimenta y herramientas de trabajo
 - 2.2.1 Cofia y cubrebocas
 - 2.2.2 Botas
 - 2.2.3 Mandiles de plástico
 - 2.2.4 Guantes de plástico
 - 2.2.5 Herramientas de trabajo
- 2.3 Restricciones del personal.
- 2.4 Conducta personal
- 2.5 Supervisión
- 2.6 Control de enfermedades
 - 2.6.1 Examen médico
 - 2.6.2 Enfermedades contagiosas y heridas
 - 2.6.3 Lavado de manos
- 2.7 Capacitación y sensibilización del personal
- 2.8 Costos de una práctica higiénica deficiente

3. Diseño Sanitario para la Construcción y Mantenimiento

- 3.1 Construcción y Diseño del Establecimiento
- 3.2 Edificio
 - 3.2.1 Consideraciones Generales
- 3.3 Cimientos y Estructuras
- 3.4 Pisos
- 3.5 Pasillos
- 3.6 Paredes
- 3.7 Techos
- 3.8 Ventanas y mallas
- 3.9 Puertas y cortinas
- 3.10 Iluminación
- 3.11 Servicios para empleados
- 3.12 Pintura y revestimientos
- 3.13 Sistemas eléctricos
- 3.14 Equipo
 - 3.14.1 Principios básicos de diseño sanitario de la maquinaria
 - 3.14.2 Materiales de fabricación
 - 3.14.3 Detalles sanitarios a considerar de los equipos de proceso
 - 3.14.4 Extractores de vapores y solventes
 - 3.14.5 Detectores de metales

4. Equipo, Utensilios e Instalaciones Físicas y Sanitarias

- 4.1 Características de las Instalaciones
 - 4.1.7 Ventilación
 - 4.1.8 Tubería
 - 4.1.9 Suministro de agua
 - 4.1.10 Aguas residuales y Drenaje, Trampas de grasa
 - 4.1.11 Recipientes para la basura
 - 4.1.12 Manejo de desperdicios sólidos

5. Procedimientos de Operación Estándar de Sanidad (POES)

- 5.1 Desarrollo de POES
 - 5.1.1 Conceptos Generales de los POES
 - 5.1.2 Definición del POES
 - 5.1.3 Forma de abordar el desarrollo de los POES
 - 5.1.4 Objetivo de aplicar POES
 - 5.1.5 Definiciones importantes
 - 5.1.6 Diferencia entre las BPM y POES
 - 5.1.7 Origen de los POES
- 5.2 Pasos a seguir en el desarrollo de los POES
- 5.3 Procedimientos de Operaciones Estándares Sanitarios Específicos
- 5.4 Sanitización Pre-Operacional
 - 5.4.1 Contacto Directo
 - 5.4.2 Contacto Indirecto

- 5.4.3 Sin contacto
- 5.5 Sanitización Operacional
- 6. Procedimientos de Monitoreo**
 - 6.1 Monitoreo de sanitización pre-operacional
 - 6.1.4 Identificación de la persona responsable de llevar a cabo las tareas de monitoreo
 - 6.1.5 Frecuencia de monitoreo
 - 6.1.6 Registros y Monitoreo de sanitización operacional
- 7. Acciones Correctivas / Preventivas Posteriores**
 - 7.1 Acciones correctivas (acciones inmediatas)
 - 7.2 Acciones preventivas (acciones a largo plazo)
- 8. Ejemplo Formato POES Pre-operacional, Contacto Directo Lavado y sanitizado de cintas transportadoras**
- 9. Control de Fauna Nociva**
- 9.1 Introducción**
 - 9.1.1 Plaga o Fauna Nociva
 - 9.1.2 Daños ocasionados por las plagas
- 10. Diferencias comparativas entre la fumigación convencional y el manejo integrado de plagas**
- 11. Infraestructura del rastro**
 - 11.1 Exterior y Entorno
 - 11.2 Interior
- 12. Principales plagas en la industria alimentaria**
 - 12.1 Roedores
 - 12.1.1 Rata común (*Rattus Norvegicus*)
 - 12.1.2 Rata Negra (*Rattus Rattus*)
 - 12.1.3 Ratón casero (*Mus Musculus*)
 - 12.1.4 Técnicas y Métodos de control
 - 12.2 Insectos
 - 12.2.1 Moscas
 - 12.2.1.1 Ciclo de vida
 - 12.2.1.2 Hábitat y comportamiento
 - 12.2.1.3 Técnicas y Método de control
 - 12.3 Cucarachas
 - 12.3.1.1 Técnicas y Métodos de control
 - 12.4 Hormigas
 - 12.4.1.1 Técnicas y Métodos de control
 - 12.5 Aves
 - 12.5.1.1 Técnicas y Métodos de control
 - 12.6 Soluciones Generales para el Control de Plagas o Fauna Nociva
- 13. Requisitos Básicos**
 - 13.1 Diagnostico de las Instalaciones e Identificación de Sectores de Riesgo
 - 13.2 Monitoreo
 - 13.3 Mantenimiento e Higiene (control no químico)
 - 13.4 Aplicación de Productos (control químico)
 - 13.4.1 Plaguicidas
 - 13.4.2 Normatividad Mexicana
 - 13.4.3 Normatividad EUA
 - 13.5 Verificación (control de gestión)
- 14. Personal encargado y requisitos para contratar una empresa en el control de plagas**
- 15. Implementación Del Plan**
- 16. Ejemplo del Manejo Integrado de Insectos Voladores**
- 17. Normatividad relacionada con Buenas Prácticas de Manufactura**
 - 17.1 Normatividad Mexicana
 - 17.2 Normatividad EUA; Unión Europea y Canadá
- 18. Glosario**

1. Información General

Todos los alimentos son susceptibles de contaminación. La ingestión de un producto contaminado que contenga cantidades suficientes de microorganismos patógenos, será causa de una *Enfermedad Transmitida por Alimentos* (ETA's). Estas enfermedades tienen un considerable impacto socioeconómico. Actualmente no existe el total dominio de este tipo de enfermedades, es razonable identificar y controlar las causas que las producen como medidas de prevención.¹⁶

A fin de obtener alimentos en adecuadas condiciones higiénicas deben seguirse una serie de normas higiénicas que comprometen al personal, establecimiento, instalaciones, maquinarias y utensilios. Las normas comunes a nivel internacional implementadas para la fabricación higiénica de alimentos se conocen como BPM ("Buenas Prácticas de Manufactura") o GMP (Good Manufacturing Practices) Estas fueron publicadas primero por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos para diversos grupos de alimentos.

Las BPM incluyen todas las acciones y operaciones aplicables en todas las áreas de proceso y manejo de los alimentos, incluyendo personal, equipo, utensilios, instalaciones físicas y sanitarias; limpieza, desinfección y control de plagas con el objeto de disminuir los peligros físicos, químicos y biológicos asociados a la elaboración de los mismos.⁴ Tienen como finalidad controlar el medio ambiente de las instalaciones donde se procesa el producto, a través del cumplimiento de las prácticas de limpieza y desinfección y prácticas de higiene del personal, a fin de preservar los niveles de inocuidad obtenidos en la fase de producción. Las BPM engloban a los POES: debido a su importancia, son frecuentemente considerados y estudiados separadamente, más adelante se explicará que son los POES.⁶

Las BPM comprenden:

- ✓Higiene personal
- ✓Diseño Sanitario para la Construcción y Mantenimiento
- ✓Equipo, utensilios e instalaciones físicas y sanitarias
- ✓Control de Plagas o Fauna Nociva

1.1 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Son un conjunto de herramientas que se implementan en la industria de la alimentación. El objetivo central es la obtención de productos seguros para el consumo humano. Los ejes principales de las BPM, son las metodologías utilizadas para la manipulación de alimentos, la higiene y seguridad de éstas, liberándolos de los agentes o contaminación causantes de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA's).

Las BPM controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento tendiendo a facilitar la producción de alimentos inocuos. Un programa de BPM incluye procedimientos relativos a las materias primas, condiciones higiénico-sanitarias de los establecimientos elaboradores de alimentos (incluido el abastecimiento de agua), recepción, almacenamiento y transporte, mantenimiento de equipos, entrenamiento e higiene del personal, limpieza y desinfección, control de plagas, rechazo de productos. Gran parte de este esquema es el que contempla el Código de Prácticas de Higiene del Codex Alimentarius (CAC-RCP-1 1969- Rev. 1997) [<http://www.senba.es/recursos/pdf/Codex%20Alimentarius.pdf>] y que muchos países han incorporado a sus legislaciones, otorgándoles de ese modo un carácter de obligatoriedad. Las BPM son consideradas, junto con los POES como pre requisitos para el establecimiento de un Sistema HACCP^{7,22}.

Las BPM tienen especificaciones para cada sector o producto. No obstante existe un patrón común que imparte las bases de las **Buenas Prácticas** y que es dirigido por la Comisión Codex Alimentarius de la OMS. En la actualidad existen más de ciento cincuenta países miembros de este programa y los documentos del Codex son revisados y ampliados periódicamente.

Los códigos de BPM contemplan todo el proceso alimentario, desde la cría hasta el despacho al usuario final. Los requerimientos incluyen control de procesos, aseguramiento y metodologías de higiene, control de productos sanos, etc.

2. Higiene del Personal

2.1 Principios de la Higiene del Personal

Muchas veces, las personas que recogen, manipulan, almacenan, transportan, procesan o preparan los alimentos son los responsables de la contaminación de los alimentos. Todo manipulador puede trasladar microorganismos patógenos a cualquier tipo de alimento (contaminación cruzada). Sin embargo, esto puede ser evitado a través de la higiene personal, comportamiento y manipulación adecuados. La Comisión del *Codex Alimentarius* estableció el "Recommended International Code of Practice General Principles of Food Hygiene" (CAC/RCP 1-1969) sobre los requisitos de higiene personal y comportamiento volcados a la

producción higiénica de alimentos. El objetivo de los principios de higiene personal es garantizar que aquellas personas que entran en contacto directo o indirecto con los alimentos no los contaminen. Las personas que no mantienen un grado apropiado de aseo personal, los que padecen determinadas enfermedades o lesiones o aquellos que se comportan inapropiadamente pueden contaminar los alimentos y transmitir enfermedades a los consumidores.^{17;24,25}

La administración general del establecimiento dedicado al sacrificio de porcinos tiene la responsabilidad de establecer por escrito, la **política de higiene**. Para ello se debe contar con una adecuada planificación, ejecución y un cuidadoso control sistemático, y con las asesorías de profesionales y técnicos competentes²⁴ que ayuden a que se cumpla con las normas de higiene establecidas en México. Es recomendable que cuando se planifique un establecimiento de sacrificio de porcinos se consulte las normas higiénico-sanitarias, lo que ayudará a los responsables de la construcción a seleccionar materiales adecuados (impermeables, lavables, etc.) y permitirá aplicar el programa de higiene y desinfección y asegurar su efectividad. Es de suma importancia que se tomen medidas para evitar la contaminación de la carne en los diferentes eslabones de la cadena alimentaria. Por ejemplo que el personal mantenga uñas limpias, cortas, limadas y libres de esmalte, ya que las uñas alojan microorganismos que contaminan el producto y la presencia de esmalte es una fuente de contaminación; al desprenderse de éstas. A continuación se describen las principales.^{23,25}

2.2 Vestimenta y herramientas de trabajo

Toda persona que trabaje en la zona de manipulación de carne debe mantener una esmerada limpieza personal durante el trabajo además de llevar ropa protectora, inclusive cofia y calzado impermeable (botas). Todos estos artículos deben ser lavables, a menos que sean desechables (como cofia y cubrebocas), y mantenerse limpios de acuerdo con la naturaleza del trabajo.

A continuación se describen los elementos que conforma la vestimenta del personal que labora en el establecimiento de sacrificio:

2.2.1 Cofia y cubrebocas

Los empleados deben usar cofias y cubre bocas para impedir la contaminación del producto cárnico. *Staphylococcus* y otras bacterias de la cabeza, rostro y brazos, pueden llegar a los alimentos si estas zonas del cuerpo no estuvieran adecuadamente cubiertas²³. Por lo tanto, es importante que el personal de esta área use cofia y cubre bocas debido a que pueden contaminar los productos a través de su transpiración o respiración¹. De todo esto se desprende la necesidad de evitar toser y estornudar hacia las superficies de trabajo o alimentos, así como la diseminación de los gérmenes existentes en la superficie cutánea y en el pelo. En el hombre se calcula una pérdida diaria de 5-14 g de piel, con una renovación cutánea en el curso de 3-5 días, o, expresado esto mismo en otros términos, por término medio se ceden al medio ambiente 10⁴ escamas por minuto, y con las escamas se vierten microorganismos de las especies más variadas. El desprendimiento de las escamas se realiza por acciones mecánicas. De aquí que el hombre sea una gran fuente de emisión de partículas, cuyo número depende de la clase e intensidad de la actividad desarrollada. Cabe esperar que cada 1,000 de estas partículas desprendidas exista un germen con capacidad de multiplicación. Con un vestuario adecuado de trabajo (cubrición de las superficies corporales, cabeza, brazos) puede reducirse este vertido de partículas al entorno, aunque sin poder evitarlo del todo.¹⁴

La cofia y cubrebocas deben ser usados en todas las áreas de proceso y se colocan de la siguiente manera:

- 1) La cofia debe cubrir completamente el cabello y orejas.
- 2) El cubre bocas debe ajustarse perfectamente desde la nariz hasta la barbilla, y para las personas que utilizan barba y bigote, éstos deben quedar cubiertos en su totalidad.²⁵

2.2.2 Botas

El calzado puede convertirse en un vehículo transportador de contaminación, por lo tanto debe verificarse que el personal lo limpie con la debida periodicidad. Particularmente a los empleados que transitan en áreas con distintos niveles de contaminación por ejemplo. Empleados que transitan continuamente de la sala de refrigeración a las de sacrificio.²⁵

2.2.3 Mandiles de Plástico

Los mandiles, las pecheras y otras prendas de protección utilizados durante las operaciones de sacrificio y faena nunca deberán lavarse sobre el piso, deben ser de fácil limpieza y desinfectarse

escrupulosamente al final de las operaciones del día. Los empleados deberán despojarse de sus mandiles y batas antes de salir del área de producción.²⁵

2.2.4 Guantes de plástico

El uso de guantes es muy discutido. Ellas son recomendadas para cuando son manipulados alimentos listos para el consumo o en la etapa de Corte y Deshuese ya que se tiene contacto con el producto final y está prohibido tocar directamente con las manos la carne si éstas no se encuentran limpias o cubiertas con guantes, a fin de no contaminarla.

El tipo de guante seleccionado debe ser de fácil limpieza, material impermeable, preferentemente de color claro para poder verificar sus condiciones de higiene y desechables.²⁵

Sin embargo, es muy común observar manipuladores de alimentos usando guantes y no lavarse las manos adecuadamente. Es importante que el operario entienda que El uso de guantes no exime al operario de la obligación de lavarse las manos cuidadosamente.

2.2.5 Herramientas de trabajo

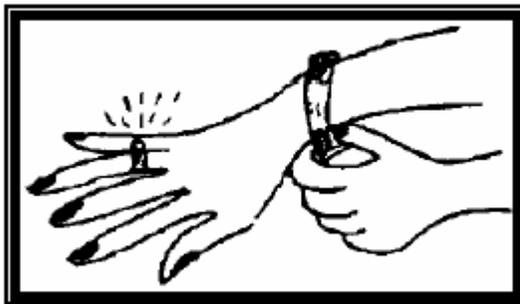
En la zona de manipulación se proporcionaran los utensilios de trabajo para realizar los procesos: cuchillos, porta cuchillos, afiladores, cascots, entre otros. Las herramientas de trabajo deben ser de un material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores. Por otra parte las superficies de trabajo no deben tener hoyos, ni grietas. Se recomienda evitar el uso de maderas y de materiales que puedan corroerse.

Todos los utensilios deben mantenerse en buen estado higiénico, de conservación y de funcionamiento. Para la limpieza y la desinfección es necesario utilizar productos que no tengan olor ya que pueden producir contaminaciones además de enmascarar otros olores o ser tóxicos.

Para organizar estas tareas, es recomendable aplicar los **POES (Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento)** que describen qué, cómo, cuándo, quién y dónde limpiar y desinfectar, así como los registros y acciones correctivas en caso de falla que deben llevarse a cabo. (Ver **POES**)

2.3 Restricciones del personal.

Durante los periodos en que se manipula la carne, debe quitarse de las manos cualquier objeto de adorno que no pueda ser desinfectado de manera adecuada: anillos, pulseras, relojes, joyas, etc., ya que las bacterias pueden localizarse dentro y debajo de las mismas, también existe el peligro de que alguna parte de estas alhajas se desprendan y caigan en el producto o alimento.¹⁵



Para evitar la posibilidad de algún objeto caiga en el producto, no se permite llevar consigo en el uniforme lapiceros, lápices, anteojos, monedas, etc., particularmente de la cintura para arriba.¹⁵ También está prohibido el uso de maquillaje para evitar la posibilidad de que caigan residuos de este al producto.

Las áreas de trabajo deben mantenerse limpias todo el tiempo, no se debe colocar ropa sucia, materias primas, envases, utensilios o herramientas en las superficies de trabajo donde puedan contaminar los productos alimenticios.²⁵

Fumar, escupir, mascar o comer, estornudar o toser sobre los alimentos son actos inaceptables, pues aumentan la probabilidad de contaminación de la boca y labios para las manos o directamente para el alimento.^{17,23}

No se permite introducir alimentos o bebidas al establecimiento, excepto en las áreas autorizadas para este propósito (comedor) [ver imagen del comedor]. Los almuerzos o meriendas deben guardarse en los lugares destinados para tal fin, y además estar contenidos en cajitas o bolsas (papel o plástico). No se permite guardar alimentos en los armarios (casilleros) [ver imagen de casilleros] de los empleados.

Durante el proceso es importante evitar que el personal se desplace de un área de trabajo a otra debido a que si un área esta contaminada el traslado puede contaminar otra. Una de las formas para delimitar zonas es por medio de uniformes del color distinto.

También debe evitarse que el personal cuando porte el uniforme de trabajo transite por diversas áreas del establecimiento, debido a que el uniforme se encuentra limpio y si se utiliza fuera de las áreas de proceso se contamina con el medio externo.

En cada área debe existir la misma codificación tanto de uniformes, como de utensilios de trabajo (escobas, recogedores, cubetas, jergas, trapos, jaladores, cuchillos, afiladores, mangueras, botes de basura, entre otros), para evitar que se realice el préstamo entre áreas, hecho que puede provocar una contaminación cruzada ¹⁰ Por ejemplo: en el área donde se realiza el aturdimiento eléctrico se utiliza uniforme de trabajo de color crema, mientras que el área de proceso utiliza color blanco, y así sucesivamente para distinguir al personal en cada área. La empresa y los médicos responsables de la planta decidirán que color se portará en las diferentes áreas de trabajo.

2.4 Conducta personal

En las zonas en donde se manipulen alimentos debe prohibirse todo acto que favorezca la contaminación de los alimentos, como comer, fumar, masticar o realizar practicas antihigiénicas (rascarse la cabeza u otras partes del cuerpo, tocarse la frente, introducir los dedos en las orejas, nariz y boca, arreglarse el cabello, jalarse los bigotes, exprimir espinillas, escupir, etc.)

Si por alguna razón la persona incurre en cualquiera de las conductas antes señaladas, debe lavarse inmediatamente las manos.

El personal antes de toser o estornudar deberá alejarse del alimento que está manipulado, cubrirse la boca y después lavarse las manos con jabón desinfectante, para prevenir la contaminación bacteriana. ¹⁵

2.5 Supervisión

El cumplimiento de los requisitos señalados debe asignarse específicamente a una persona capacitada. El encargado supervisará diariamente el cumplimiento de las disposiciones de higiene personal y llenar la hoja de registro correspondiente. ^{1,10,15}

2.6 Control de enfermedades

2.6.1 Examen médico

Las personas que entran en contacto con los alimentos deberán gozar de salud, la que se confirma con un examen médico antes de asignarles funciones. Si el médico considera que por razones epidemiológicas, por la naturaleza del alimento o por la historia médica del personal que manipula alimentos, puede sugerir someter a examen médico y de laboratorio a todo el personal en las diferentes áreas de proceso que ha de contratarse Estas pruebas se realizan con el objetivo de detectar portadores de enfermedades que pueden contaminar el producto con microorganismos dañinos para los consumidores.

El examen medico debe repetirse en cuando esté indicado por razones clínicas o epidemiológicas, por ejemplo cuando alguna persona se encuentre enferma (fiebre, gripa, tos, diarrea o vómito) debe informarse a los encargados de la planta, para que el trabajador enfermo sea incorporado a sus labores hasta su recuperación o bien ser trasladado a otra área de trabajo en la que no pueda contaminar el producto. Los análisis deben realizarse en un laboratorio y el diagnostico médico por un médico con cedula profesional. Esta información debe mantenerse en la oficina del médico responsable del establecimiento. ^{1,9}

2.6.2 Enfermedades contagiosas y heridas

Es cierto el hecho de que los manipuladores de alimentos pueden transmitir patógenos para alimentos, aún durante el periodo de incubación de una enfermedad. Los operarios y gerentes deben saber que las bacterias y virus son diseminados durante la fase aguda de la enfermedad ²³. Por lo tanto, la administración tomará las medidas necesarias para que no se permita que ninguna persona, que se sepa o sospeche, que padece o es portador de una enfermedad susceptible de transmitirse por los alimentos o que esté aquejada de heridas infectadas, infecciones cutáneas, llagas o diarreas, trabaje en alguna zona de manipulación de alimentos en la que haya posibilidad de contaminar directa o indirectamente los alimentos con microorganismos patógenos. Toda persona que se encuentre en estas condiciones debe comunicar inmediatamente a la administración su estado físico.

Por ejemplo, el virus de la hepatitis A puede ser diseminado a través de las heces y de la orina, también en la fase aguda de la enfermedad. Las heridas supuradas de la piel, normalmente están infectadas por

Staphylococcus o *Streptococcus*, que pueden ser trasladados a los alimentos durante las operaciones de manipulación.²⁵

Es importante que en la medida de lo posible implementar cursos dirigidos a los trabajadores del establecimiento de sacrificio sobre enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's) para concientizarlos.¹⁵

En cuanto a heridas, es importante mencionar que ninguna persona que sufra de heridas o lesiones puede seguir manipulando alimentos ni superficies en contacto con los alimentos mientras la herida no haya sido completamente protegida por un revestimiento impermeable firmemente asegurado y de color bien visible.¹⁵

Los establecimientos que procesan alimentos deberán tener un estuche de primeros auxilios disponible, para el caso de cortes, quemaduras y otro tipo de lesiones.

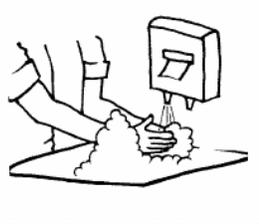
2.6.3. Lavado de manos

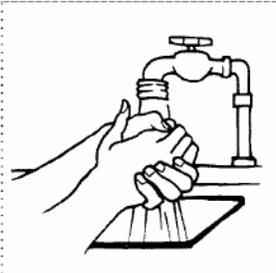
Toda persona que trabaje en una zona de manipulación de alimentos tiene que lavarse las manos de manera frecuente y minuciosa con un preparado conveniente para este fin y con agua corriente caliente. El lavado de las manos es eficiente para eliminar la suciedad por remoción física. Solamente el lavado es capaz de eliminar algunos patógenos penetrantes de la mano. Una combinación de la acción emulsificante de los jabones sobre los lípidos y otros aceites y grasas, más la acción abrasiva de la fricción en el estregado y el agua diseminarán y removerán partículas conteniendo estos microorganismos.²⁵

Lavarse siempre las manos, inmediatamente después de haber hecho uso de los retretes, después de manipular algún objeto o producto contaminado y todas las veces que sea necesario. Lavarse y desinfectarse las manos inmediatamente después de haber manipulado cualquier material que pueda transmitir enfermedades o contaminar el producto. Colocar avisos que indiquen la obligación de lavarse las manos. Deberá haber una inspección adecuada para garantizar el cumplimiento de este requisito.¹⁵

Todo esto debido a la frecuencia con la que las enfermedades transmitidas por los alimentos provienen de las manos de quien los procesó, además que existen muchas enfermedades contagiosas que pueden transmitirse a través de las manos de los operadores.¹ Los patógenos transmitidos por las manos, generalmente, son oriundos de contaminación fecal, o sea, hábitos higiénicos inadecuados del manipulador, por lo tanto, el entrenamiento de manipuladores de alimentos en higiene y comportamiento y el control de la higiene de los alimentos es muy importante.

La Técnica para el lavado de manos, se realiza de la siguiente manera⁵:

	<p>Humedezca las manos bajo un flujo de agua constante, antes de comenzar a lavarlas.</p>
	<p>Obtenga jabón de un dispensador y enjabone hasta los codos.</p>
	<p>Cepille vigorosamente, dorso, frente, entre dedos, uñas, y hasta los codos durante 15 a 20 segundos.</p>

	<p>Tallado vigoroso de manos a codos.</p>
	<p>Enjuagar con agua hasta eliminar todo el residuo de jabón existente.</p>
	<p>Secar con toalla de papel desechable o con secador de aire.</p>

Nota: Todo el personal debe lavarse las manos antes de entrar al área de proceso, el lavado de manos, constante y hacerlo al inicio, reanudación o tan frecuente como sea necesario de acuerdo a la naturaleza de sus labores. Al tener contacto directo las manos con el producto, el lavado de manos se considera muy importante de realizar, garantizar se realice adecuadamente, para ello se contar con personal para la supervisión de esta actividad quien llevará un formato que le permitirá verificar realmente cómo se lleva a cabo el procedimiento. La remoción de microorganismos patógenos de las manos puede ser reforzada por el uso de sustancias antisépticas después del lavado. Las sustancias antisépticas más usadas son ²⁵:

Jabones: son casi ineficientes como antisépticos para la piel. La *Pseudomona aeruginosa* puede crecer en algunos jabones líquidos. La principal acción de los jabones es su actividad detergente, disminuyendo a las bacterias transitorias de las manos.

Alcohol: los alcoholes etil e isopropil son buenos antisépticos para la piel, pero no son eficaces contra esporas.

Compuestos cuaternarios de amonio: los residuos de jabón limitan su acción antiséptica en las manos.

Compuestos de yodo: compuestos de yodo combinados con detergentes son considerados buenos agentes de limpieza y no son irritantes para la piel, sin embargo, su acción antiséptica es moderada.

Hipoclorito: soluciones de hipoclorito (50 ppm de cloro residual) son usadas en los establecimientos de procesamiento de alimentos, pero hay poca evidencia de su acción antiséptica, porque son inhibidos por la presencia de materia orgánica. Estas sustancias irritan la piel.

2.7 Capacitación y sensibilización del personal

La capacitación en higiene de los alimentos tiene una importancia fundamental si se requiere conseguir carne realmente higiénica. Todo el personal involucrado en la producción, obtención, procesamiento y comercialización deberá estar enterado de sus funciones y responsabilidades así como tener conocimientos y capacidades para guardar buenas prácticas higiénicas. ¹⁵

Dado que el estado de salud, la vestimenta y el comportamiento del personal tienen una importancia primordial para la higiene, deberá hacerse todo lo posible para motivar a quienes manipulan alimentos para que adopten prácticas y actitudes consistentes con la higiene de los alimentos.

Es esencial que todos los empleados estén conscientes de las buenas prácticas de higiene y las técnicas a emplear para proteger la carne de la contaminación bacteriana mientras se trabaja. Este punto es de suma importancia para obtener un resultado favorable del programa de higiene y desinfección y, por consiguiente, carne de buena calidad higiénica. Si al trabajador se le dan a conocer los beneficios que traerá a su persona y al establecimiento de sacrificio el aplicar estas prácticas higiénicas, las llevará a cabo con más cuidado e interés.¹⁵

Una vez que el trabajador comprenda la necesidad de las normas de higiene difícilmente trabajará de otro modo. La falta de higiene, generalmente, es el resultado de la ignorancia y la pereza, teniendo consecuencias significativas al trabajador, establecimiento de sacrificio y consumidor.

El personal asignado a corrales, también debe ser capacitado en cuestiones relativas a manejo, bienestar y comportamiento animal, para comprender y analizar las repercusiones que su trabajo puede tener sobre el animal y sobre la calidad de la carne obtenida.

Es importante capacitar al personal en los aspectos relacionados con el traslado del área de corrales a la de sacrificio, el evitar que los animales no sean golpeados con palos o fierros, patadas o piedras, al uso excesivo del látigo y empleo del bastón eléctrico, entre otros.^{8, 9, 10}

Quienes manipulan productos químicos (limpieza, plaguicidas, etc.) potencialmente peligrosos deberán recibir cursos o instrucciones sobre técnicas de manipulación inocua.

Deben implementarse cursos sobre higiene y salud personal, enfermedades contagiosas y zoonosis, entre otros. El conocimiento de las buenas conductas higiénicas no es suficiente, han de ponerse en práctica siempre.¹⁵

La dirección del establecimiento debe organizar cursos de capacitación continua e información en materia de métodos de manipulación de alimentos para todas las personas responsables de la manipulación de alimentos, de manera que comprendan las precauciones y responsabilidades necesarias para la inocuidad y calidad del alimento.² Es recomendable presentar la información en textos impresos, preferentemente ilustrados, de manera que el personal pueda consultarlo con facilidad. Resulta conveniente fijar carteles permanentes que señalen las reglas de higiene.

Todos los empleados deberán recibir una copia impresa de las reglas del establecimiento pertinentes a la política de higiene.² El personal que se especializa en ciertas tareas recibir además descripciones detalladas del trabajo que debe realizar.² Es importante que en la capacitación del personal que esta en contacto directo con el producto cárnico en cualquier nivel del proceso, se les explique con claridad y exactitud los mecanismos a través de los cuales el hombre es el principal vehículo de transmisión de los microorganismos involucrados en la contaminación alimentaria.^{1,13} Tal instrucción comprende los siguientes puntos:

2.8 Costos de una práctica higiénica deficiente¹⁵

- a) Cierre del establecimiento.
- b) Pérdida de reputación.
- c) Pago de indemnización a las víctimas de intoxicación alimentaria.
- d) Aparición de brotes de intoxicación alimentaria que pueden llegar a causar la muerte de personas.
- e) Contaminación de los alimentos, y las consiguientes quejas de los consumidores y del personal.
- f) Devolución de la carne alterada.
- g) Pérdida de la moral en el personal, una menor motivación en el trabajo, baja de rendimiento, mayor movilidad de plantillas y menores beneficios para los trabajadores (menores salarios y pérdida del empleo).

Para evitar acontecimientos como los señalados, es importante implementar un programa de higiene y salud ya que la higiene y salud personal es un asunto vital.

Mientras un establecimiento esté en operaciones debe existir un programa constante de higiene y salud personal.¹⁵ A pesar de las condiciones de flexibilidad del programa; lo que permite la adaptación a las condiciones del establecimiento, han de incluirse los siguientes puntos:

- ✓Objetivo
- ✓Descripción de funciones y requisitos
- ✓Establecimiento de una comisión de calidad que éste conformada por representantes de todos los sectores (patrón, trabajadores, usuarios, etc.)

✓Determinar los requisitos que cumplirá la persona encargada de la ejecución del programa así como sus funciones

✓Disposiciones generales:

- a) Personal
- b) Control de enfermedades
- c) Uniformes
- d) Mandiles de plástico
- e) Cofia
- f) Cubrebocas
- g) Guantes
- h) Botas
- i) Limpieza persona
- j) Manos (procedimiento correcta de lavarse las manos)
- k) Conducta personal
- l) Visitantes
- m) Supervisión
- n) Formatos para el registro y control del programa

10. Diseño Sanitario para la Construcción y Mantenimiento

Cuando escuchamos hablar sobre Diseño Sanitario lo primero que nos preguntamos es: *¿Cuales son las características de un diseño sanitario? y ¿Cuál es la influencia del diseño sanitario sobre la calidad del producto final?* En rigor el diseño sanitario no debe influir sobre la calidad del producto, pero sí preservar las condiciones que éste trae al estar en contacto con el equipo. El diseño sanitario permite que el producto pase por muchas operaciones unitarias, sin que se vean afectadas sus características por el medio o proceso a que es sometido.

Un producto o equipo se considera sanitario si cumple, desde el punto de vista de diseño, con cinco características:

- Todos los materiales en contacto con alimentos ser inertes, en las condiciones de uso.
- Las superficies en contacto con alimentos ser lisas, pulidas, no porosas.
- Todas las superficies en contacto con los alimentos estar accesibles para su inspección.
- Todas las zonas interiores de los equipos en contacto con los alimentos tener una disposición que permita el drenado total de los líquidos alimentarios.
- El equipo contar con un diseño que proteja de la contaminación exterior a los alimentos que se procesan.

El establecimiento debe contar con condiciones que permitan ser fácilmente lavado y desinfectado. La colocación del equipo tiene impacto directo sobre la facilidad para la limpieza y la accesibilidad. Al dejar suficiente espacio para una limpieza y desinfección apropiadas, el proceso será mucho más fácil. Los pisos, paredes y techos deben ser fácilmente lavados y mantenidos en condiciones sanitarias. Los pisos tener una leve inclinación para permitir un drenaje apropiado y evitar acumulamientos de agua. La iluminación, ductos y tuberías estar colgados lejos de las áreas de trabajo y pasillos, y las áreas de trabajo mantenerse libres de obstrucciones. Es importante contar con ventilación e iluminación apropiadas; y las luces estar contenidas en dispositivos de seguridad para evitar la contaminación en caso de que se rompan. Para reducir el potencial de contaminación, es necesario separar el área de procesamiento de alimentos del resto de las instalaciones. Para minimizar las plagas, los protectores de las puertas y ventanas estar bien ajustados. Las ventanas y otras aberturas que pudieran permitir la entrada de plagas no deseadas estar protegidas con mallas. Los desagües requieren rejillas apropiadas.^{18, 19}

3.1 Construcción y Diseño del Establecimiento

El lugar en el que se sitúa el establecimiento, incluyendo el perímetro que lo rodea, tiene importancia desde el aspecto sanitario. Es necesario cuidar, especialmente, que no haya lugares cercanos donde se produzca acumulación de basuras, malezas, aguas residuales, etc., puesto que se constituyen en una fuente permanente de plagas y contaminaciones. También es esencial la disponibilidad de servicios como energía eléctrica, gas, transporte, provisión de agua potable, la posibilidad de eliminación de residuos sólidos y líquidos con bajos costos entre otros. Es muy importante que las vías de tránsito utilizadas para la circulación dentro del perímetro del establecimiento dispongan de *sistemas de desagüe* y estar incluidas en los programas de limpieza evitando contaminación ambiental.²¹

3.2 Edificio

3.2.1 Consideraciones Generales

En los principios generales de higiene de los alimentos se establece que los edificios, equipos e instalaciones deberán emplazarse, proyectarse y construirse de manera que reduzcan la contaminación, permitan el mantenimiento y saneamiento correspondientes, faciliten el control de los procesos y eviten las plagas.¹⁵ Se recomienda, que en el exterior, los edificios tengan superficies que sean de superficies duras, libres de polvo y drenadas, de manera que no se generen por su arquitectura, encharcamientos, ni lugares que puedan servir de refugio o anidación de plagas.^{17,20, 21}

Se recomienda que en la medida de lo posible, el interior del edificio se construya con materiales, diseño y acabados tales que faciliten el mantenimiento, las operaciones de limpieza y la operación sanitaria de los procesos. Las superficies de paredes, pisos y techos, equipos y estructuras, ser lisas, continuas, impermeables, sin ángulos, ni bordes para evitar la acumulación de contaminación.

Disponer de dimensiones proporcionadas a los equipos y a las operaciones que se realicen, contar con espacios suficientes para la colocación de los equipos, maniobras de flujo de materiales, libre acceso a la operación, limpieza, mantenimiento, control de plagas e inspección.

Entre los equipos, o las estibas de materiales y entre éstos y las paredes debe dejarse un espacio libre para un fácil acceso de limpieza.

Las áreas de proceso estar separadas o aisladas, para cada proceso y de las áreas destinadas a servicios, por cualquier medio eficaz, para evitar acciones, movimientos o procedimientos que puedan causar contaminación entre ellas, con microorganismos, ingredientes, materias primas, sustancias químicas, polvo, mugre u otros materiales extraños.

La circulación del personal, materias primas, productos en proceso, productos terminados o materiales para cualquier uso (empaques, envases, material eléctrico, utensilios de limpieza, etc.), debe diseñarse cuidando que no haya cruzamientos.

3.3 Cimientos y Estructuras

Se recomienda, la construcción con bases de concreto para el anclaje de equipos pesados, motores o cualquier equipo que efectúe movimientos que ocasione ondas vibratorias.

Los materiales de construcción pueden seleccionarse según convenga: de concreto con superficie pulida y sellada, de preferencia para áreas donde no se derrama mucha agua; es muy recomendable para áreas de elaboración muy húmedas el piso recubierto con adoquines de cerámica o mosaicos, cuidando de sellar muy bien las uniones con material impermeable. Los recubrimientos de los pisos deben colocarse cuidadosamente o construirse a nivel adecuado para evitar encharcamientos.

3.4 Pisos

Los pisos de los establecimientos, se recomienda sean construidos con materiales tales, que sean resistentes a la carga que van a soportar, a los cambios de temperatura y a los productos químicos o materiales que se manejan y posean propiedades que no alteren las características del mismo, ya que no se permiten pisos deteriorados y no presentar fisuras o irregularidades en su superficie.²⁰

Se recomienda que los pisos presenten una superficie lisa, pero no resbalosa, sin grietas y con uniones selladas, impermeables, impenetrables, sin ranuras ni borde y con una pendiente mínima para el fácil desalojo y escurrimiento del agua hacia el drenaje evitando los encharcamientos.

Los pisos, cualquiera que sea su tipo, no deben formar ángulo recto con la pared, la unión con ésta ser curva para facilitar la limpieza y evitar la acumulación de suciedad en la que pueden alojarse y proliferar cualquier microorganismo.²⁰

3.5 Pasillos

Se recomienda que los pasillos tengan una amplitud proporcional al número de personas que transiten por ellos y a las necesidades de trabajo que se realicen.²⁰

Los pasillos no son sitios de almacenamiento, ya que la acumulación de materiales o productos pueden favorecer el refugio de plagas, sobre todo si se almacena por largo tiempo.²⁰ y son una superficie de contacto ya que muchas veces el producto terminado atraviesa los pasillos sin protección extra.

3.6 Paredes

Las paredes tener superficies lisas, continuas, impermeables, impenetrables, sin ángulos ni bordes, para que sean accesibles a la limpieza.

Para la construcción de las paredes exteriores se pueden emplear los siguientes materiales: ladrillos, tabicón, bloques de concreto y materiales similares que confieran superficies duras, libres de polvo, drenadas, sin huecos o aleros que puedan dar lugar a la anidación y refugio de plagas.

Las paredes interiores que se construyen para la separación y aislamiento pueden construirse con los materiales antes señalados o con materiales más ligeros que reúnan las características antes descritas, incluyendo lámina de acero, tablaroca, cancelería de vidrio, etc. Una característica de la unión de estas paredes con el piso es no tener un ángulo recto, sino redondeada y sellada a prueba de agua (acabado sanitario) para facilitar la limpieza.²⁰

3.7 Techos

Los techos tener superficie lisa, continua, impermeable, impenetrable, sin grietas ni aberturas, lavable y sellada.

Los materiales que se utilicen en su construcción tener características tales que confieran superficies duras, libres de polvo, sin huecos y que satisfagan las condiciones antes descritas.

Los techos pueden ser planos horizontales o planos inclinados. La altura depende de las dimensiones de los equipos, se recomienda que no sea menor a los 3.00 m en las áreas de trabajo.

Impedir la acumulación de polvo, suciedad y evitar al máximo la condensación debida a los vapores de agua, ya que al condensarse caen y arrastran la contaminación; además de que ésta facilita la formación de mohos y bacterias. Para evitar esto considerar para los techos un programa de limpieza continua, con un intervalo que asegure su sanidad.

Cuando la altura del techo sea excesiva, se puede colocar falso plafón con algunas condiciones: entre el falso plafón y el techo conservar una altura mínima de 1.80 m que permita realizar el control de plagas, evitando que dicho espacio sea lugar de anidación y refugio de éstas. Los materiales de construcción pueden ser a base de metal desplegado, asbesto, pero lo más recomendable es lámina galvanizada.

3.8 Ventanas y Mallas

Los marcos de las ventanas deben construirse con materiales que proporcionen superficies lisas, impermeables, impenetrables, sin bordes y lavables. Hasta donde sea posible, los vidrios de las ventanas deben reemplazarse con materiales irrompibles o por lo menos con láminas de plástico transparente, como el acrílico, para evitar el riesgo de roturas y por lo tanto la posible contaminación con partículas de vidrio del producto o heridas en el personal que trabaja en el establecimiento.

Cuando en un área de elaboración se prefiera la ventilación a través de ventanas, lo que no es recomendable si se quiere tener un ambiente controlado, libre de polvo, de plagas y de contaminantes en general, se requiere que en las ventanas se instalen marcos con tela o malla de alambre para impedir la entrada de insectos, por lo menos. La limpieza de las ventanas y los marcos con tela o malla de alambre debe programarse con mucha frecuencia. Además, las redes estarán colocadas de tal forma que se puedan quitar fácilmente para su limpieza y conservación. Las soleras de las ventanas, por el lado interior, presentarán una pendiente o superficie inclinada para reducir la acumulación de polvo y suciedad. Los vidrios de las ventanas que se rompan deberán reemplazarse inmediatamente. Se recomienda tener mucho cuidado de recoger todos los fragmentos y asegurarse de que ninguno de los restos ha contaminado ingredientes o productos en la cercanía.²¹

3.9 Puertas y Cortinas

Las puertas se recomienda que cuenten con superficies lisas, de fácil limpieza, sin grietas o roturas, que estén bien ajustadas en su marco. Si las puertas contienen compartimientos de vidrio, es recomendable sustituirlos por materiales irrompibles o materiales plásticos, para evitar el riesgo de roturas.

Es recomendable que las puertas estén bien señaladas y de preferencia con cierre automático y con abatimiento hacia el exterior, o con cierre automático donde las puertas se abran hacia los lados, para evitar así las corrientes de aire ya que siempre se mantienen cerradas.

Cuando sea necesario, se recomienda separar adecuadamente las áreas de entrada de materias primas y de salida de producto terminado.²¹

La parte inferior de las puertas, marcos y umbrales se recomienda sean cubiertos con protecciones tales que impidan el acceso a las plagas, por ejemplo el uso de la hoja de hierro galvanizada. De preferencia esta lámina quedará engargolada o doblada alrededor del marco de la puerta.

También pueden protegerse con mallas metálicas o protecciones de material anticorrosivo para impedir el paso a toda clase de plagas. Deben ser fácilmente desmontables para realizar su limpieza.

3.10 Iluminación

Disponer de buena luz es otra condición básica para asegurar el deseado curso higiénico de la fabricación y control de productos cárnicos, así como para una limpieza y desinfección adecuadas. Es necesaria una adecuada iluminación, pues ello influye sobre la salud, la seguridad y la eficiencia de los trabajadores además de la correcta inspección tanto de los animales como de los productos cárnicos.

Por ejemplo, en los lugares donde se manejan porcinos deben estar apropiadamente iluminados evitando la formación de sombras profundas o puntos brillantes en el área que se mueven los animales porque esto puede confundirlos y evitar una correcta movilización hacia el área de sacrificio. En el caso de la inspección post-mortem es de vital importancia contar con iluminación suficiente para llevarla a cabo ya que el dictamen del MVZ es realizado en base a lo que observa y una mala iluminación puede afectar en el resultado de si es rechazada o se acepta la canal que se esta procesando. Además, una buena iluminación previene accidentes, facilita el trabajo y colabora con la comodidad del operario. Sus efectos se ven reflejados en un aumento de la producción y una mejor supervisión del trabajo e inspección de los resultados de la limpieza y desinfección.

Para la iluminación no solamente hay que tener en cuenta la cantidad de luz a suministrar, sino también la ubicación de la fuente de luz, los colores y la reflectividad de las paredes. En general los ambientes deben ser de colores claros y la luz utilizada difusa, a fin de lograr iluminación uniforme en toda la superficie de trabajo, sin sombras ni brillos que cansen la vista.

Las fuentes de luz artificial suspendidas del techo o aplicadas a la pared no tiene que alterar los colores, este tipo de colocación evitar la acumulación de suciedad y hallarse ubicadas de tal manera que no implica riesgos de contaminación sobre el producto a elaborar o los equipos, sin embargo es necesario dotarlas de protección contra roturas.

3.11 Servicios para Empleados

Ver Instalaciones para Empleados en el Módulo 6 Flujo del Personal

3.12 Pintura y revestimientos.

Para recubrir las paredes del área de proceso y los almacenes que así lo requieran, se recomienda: losetas, ladrillo vidriado, cerámica, azulejo, mosaico, láminas de P.V.C. o pintura: acrílica, vinílica, alquídica u otras que confieran una superficie lisa e impermeable.

En las áreas donde hay mucha humedad, poco ventiladas y que se haya observado crecimiento de hongos en las paredes, se recomienda aplicar pinturas adicionadas con productos que contengan agentes fungicidas o germicidas; la pintura deberá ser lavable e impermeable. El recubrimiento de la pared con láminas o superficie continua, debe ser de cualquier material que sea lavable y ofrezca muy buenos resultados para eliminar los hongos. Además hay que programar la limpieza con mayor frecuencia y aplicar soluciones de limpieza que contengan fungicidas, además de la pintura.

Se recomienda, la aplicación de pinturas de colores claros, con la finalidad de facilitar la supervisión de la limpieza.

3.13 Sistemas eléctricos

Además de los requisitos propios de seguridad para el operario, las instalaciones deben ser a prueba de agua, de forma que permitan una correcta y rápida higienización de paredes, techos y otras superficies. No se pueden permitir cables sueltos sobre las líneas de elaboración.

3.14 Equipo

3.14.1 Principios básicos de diseño sanitario de la maquinaria

Tan importante como el diseño sanitario de plantas alimenticias es el diseño sanitario de la maquinaria y equipo que se utiliza en ellas. Aunque en general puede decirse que en ambos casos la industria aún tiene mucho por hacer, este último ha recibido quizás menos atención que el primero, con lo cual los peligros de contaminación derivados persisten y se suman a otras fuentes sobre las que los procesadores de alimentos deben dedicar particulares esfuerzos.

El criterio dominante en estos casos incluye requerimientos que eviten la acumulación de suciedad en el equipo, faciliten su limpieza y eviten la contaminación y adulteración del producto. El diseño sanitario de equipo y el saneamiento guardan estrecha relación, debido a que si el equipo no está bien diseñado, construido e instalado para ser limpiado, no va a ser bien limpiado. En el caso contrario, el saneamiento va a ser más eficiente y más efectivo, incrementando el factor de inocuidad. Como es lógico, para lograr las

características deseables, tanto el fabricante del equipo como el procesador de alimentos deben estar concientes de que el enfoque tradicional que enfatizaba en la funcionalidad del equipo debe integrar hoy en día el componente sanitario.²¹

3.14.2 Materiales de fabricación

Los materiales de fabricación más usados son materiales plásticos y acero inoxidable. Por lo que la pregunta inmediata que nos hacemos es *¿Porqué utilizar acero inoxidable en la industria alimentaria?* El acero inoxidable es utilizado extensamente en la fabricación de equipos de proceso alimentarios, por su resistencia mecánica, excelente terminación sanitaria y buena resistencia a los agentes ambientales, agentes de limpieza e insumos químicos. En estos casos, igual que en el de los materiales plásticos, deben controlarse que sean adecuados para el contacto con el tipo de alimento que se procesa y con los productos para limpieza y desinfección. Hay que considerar su resistencia mecánica, que no cedan alguno de sus componentes al alimento y que no sean agredidos por los limpiadores. Descuidar estos materiales implica un acortamiento de su vida útil dado por la aparición de superficies ásperas y agrietadas que dificultan la limpieza. Hay que evitar el uso de materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, por ejemplo, la madera.²¹

3.14.3 Detalles sanitarios a considerar de los equipos de proceso

Los equipos destinados al procesamiento también deben ser de **diseño sanitario**, para que protejan a los alimentos de contaminación y permitan una fácil limpieza y desinfección. Esta premisa resulta esencial a la hora de elegir un nuevo equipamiento en remodelaciones de líneas de elaboración, adopción de nuevas tecnologías, etc.

Una primera consideración que se debe tener en cuenta, en el diseño sanitario de un equipo, es el material de construcción. Todas las partes que puedan estar en contacto con el alimento deben ser inertes, o sea, que no cedan contaminantes al mismo. La mayoría de los equipos disponibles en la actualidad son de acero inoxidable, el cual combina una buena resistencia química y mecánica.²¹

Un segundo aspecto a tener en cuenta en el diseño sanitario del equipo son sus detalles de construcción, pero la pregunta es *¿Cuál es la importancia del diseño exterior de un equipo desde el punto de vista sanitario?* La respuesta es muy simple, el diseño exterior de un equipo también tiene importancia en las características sanitarias. Un equipo con una superficie exterior que permita o facilite la acumulación de residuos, va a producir focos de contaminación que perjudican el ambiente de la sala de producción. Este problema tiende a disminuir cuando se utilizan equipos diseñados de tal forma que se puedan limpiar y evitar la generación de puntos muertos. Un típico ejemplo de esto es la utilización de patas redondeadas en mesas, etc.

Todas las superficies que tomen contacto con el alimento a elaborar deben ser muy lisas, sin poros, arrugas, grietas, remaches, esquinas de difícil limpieza, etc., de tal forma que no puedan quedar partículas de alimento, huevos de insectos o microorganismos adheridos a pequeñas irregularidades de las superficies. Tienen que estar diseñados de tal manera que permitan el total y fácil desmontaje para limpieza (manual o automática) de las partes que se hallen en contacto con el alimento y faciliten un montaje rápido.

Tanto en la construcción de los equipos como de la planta en general, deben evitarse:

- *Soldaduras, salientes y toda estructura que permita acumular suciedad.*
- *Pernos, tornillos, remaches, etc. que sobresalgan.*
- *Esquinas de difícil acceso, superficies desparejas y depresiones.*
- *Bordes afilados.*
- *Bordes huecos.*

La distribución de los equipos y líneas de elaboración dentro de la planta tiene que permitir una buena circulación del personal, de los materiales y de los equipos de limpieza, así como el fácil acceso a todas las partes de las máquinas para su higienización y mantenimiento.

3.14.4 Extractores de vapores y solventes

Cuando en los establecimientos se generen vapores tóxicos o solventes, es importante contar con extractores de vapores y solventes ya que éstos pueden causar irritación moderada con lesión de córnea al contacto con los ojos del personal que labora en el establecimiento, la exposición prolongada o repetida puede causar irritación en la piel ya que con una exposición única y corta se puede absorber suficiente material para provocar una lesión. Además la aspiración de estos tipos de productos pueden producir irritación, náuseas, y en algunas ocasiones depresión del sistema nervioso.²¹

3.14.5 Detectores de metales

Los detectores de metales se emplean para detección de contaminantes, en este caso los contaminantes metálicos habituales, como el acero inoxidable. Existen sistemas para detectar metales que reconocen partículas de hierro y acero inoxidable, el sensor de metal detecta el magnetismo residual presente en los productos contaminados por las partículas de hierro y acero inoxidable, y los aparta del flujo de producción. Este tipo de sistema (sensor de metal y cinta transportadora) se puede integrar de una forma rápida y sencilla en la línea de producción de carne.²¹

4. Equipo, Utensilios e Instalaciones Físicas y Sanitarias

4.1 Características de las Instalaciones

4.1.1 Ventilación

Una ventilación adecuada para proporcionar el oxígeno suficiente, evitar el calor excesivo, la condensación de vapor, el polvo, y eliminar el aire contaminado. Evitando que la dirección de la corriente de aire sea de un área sucia a un área limpia. Colocar en las aberturas de ventilación una pantalla, u otra protección de material anticorrosivo. Una característica de las pantallas es poderse retirar fácilmente para su limpieza.²¹

Los factores de los que depende un sistema general de ventilación son:

Número de personas que ocupan el área, oficina o planta.

Condiciones interiores del ambiente físico del local, (temperatura, luz, humedad).

Tipo de productos que se elaboran.

Condiciones ambientales exteriores.

Tipo de actividad realizada (proceso) en las áreas que requieren ser ventiladas y grado de contaminación de las mismas.

Una ventilación natural se puede lograr mediante, ventanas, puertas, tragaluces, ductos conectados a rejillas y aberturas especialmente diseñadas para tal fin.

En caso de contar con equipo de ventilación o de extracción de aire, no deberán ser fuentes de contaminación al proceso por arrastre de partículas en el aire.

La contaminación de los productos a partir del medio ambiente puede ser importante tanto por razones sanitarias como económicas.

Algunos organismos patógenos, especialmente los causantes de infecciones respiratorias, pueden llegar por medio del aire a los empleados que manipulan el producto en las empresas, y a los mismos productos.

El aire carece de una flora microbiana propia, ya que todos sus gérmenes se encuentran allí accidentalmente y, en general, se hallan sobre partículas sólidas en suspensión o en pequeñas gotas de agua. Los microorganismos llegan al aire por medio del polvo, tierra seca, salpicaduras de las corrientes de agua, lagos o mares, gotitas expulsadas al toser, estornudar o hablar, hongos esporulados que crecen en paredes, techos, suelos, productos e ingredientes.

De aquí que el medio ambiente que rodea una instalación deba ser cuidado y controlado adecuadamente.

Según las necesidades se recomienda instalar aparatos de extracción y ventilación para remover efectivamente el aire, olores de la planta y para proporcionar ambiente adecuado de trabajo.

Periódicamente, se recomienda de acuerdo con la naturaleza de las actividades de los establecimientos, realizar análisis microbiológicos con placas expuestas al medio ambiente.

4.1.2 Tubería

La tubería será de un tamaño y diseño adecuado e instalada y mantenida para que lleve a través de ella la cantidad de agua suficiente para todas las áreas que se requieren, transportar adecuadamente las aguas negras o aguas servidas del rastro, evitar que las aguas negras o aguas servidas constituyan una fuente de contaminación para los alimentos, agua, equipos, utensilios, o crear una condición insalubre, proveer un drenaje adecuado en los pisos de todas las áreas, donde están sujetos a inundaciones por la limpieza o donde las operaciones normales liberen o descarguen agua, u otros desperdicios líquidos y finalmente, prevenir que no exista un retroceso en el flujo, o conexión cruzada entre el sistema de tubería que descarga los desechos líquidos y el agua potable que se provee a los alimentos o durante la elaboración de los mismos.²¹

Una condición de las tuberías, conductos, rieles, vigas, cables, etc., es estar libres, evitar su colocación encima de tanques y áreas de trabajo donde el proceso esté expuesto, ya que éstos constituyen riesgos de condensación y acumulación de polvo que contaminan los productos. Y en donde existan deben tener libre acceso para su limpieza.²⁰

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana expedida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1993. NOM-027-STPS-1993, Señales y avisos de Seguridad e Higiene. México, D.F
Se recomienda observar el siguiente, código de colores para pintar las tuberías: NOM-026-STPS-1998, Colores y Señales de Seguridad e Higiene, e Identificación de Riesgos por Fluidos Conducidos en Tuberías.

4.1.3 Suministro de agua

Disponerse de suficiente abastecimiento de agua, a presión adecuada y temperatura conveniente, así como de instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución. Dotar de los implementos necesarios que garanticen que ésta no será contaminada (como dispositivos de clorinación automática con sistema de alarma).

En establecimientos TIF el establecimientos contar con líneas de agua caliente, fría y de vapor, y distribuirse por toda el establecimiento en cantidad suficiente, con el equipo que garantice una presión constante para asegurar la limpieza de las instalaciones, equipo y producto.

El agua no potable que se utilice para la producción de vapor, refrigeración, lucha contra incendios y otros propósitos similares no relacionados con los productos, transportarse por tuberías completamente separadas identificadas por colores, sin que haya ninguna conexión transversal ni de retroceso con las tuberías que conducen el agua potable.²¹

Realizar cada seis meses, las siguientes determinaciones en el agua de abastecimiento:

- Contenido de Cloro
- Dureza de agua (Contenido de calcio)
- Análisis microbiológicos: (Mesófilos aerobios, Coliformes totales)

4.1.4 Aguas residuales, Drenaje, Trampas de grasa

Los efluentes más voluminosos y que requieren mayor atención en este tipo de industria suelen ser los residuos sólidos y los líquidos. Los residuos sólidos están conformados principalmente por las partes no comestibles de los alimentos, la materia prima no apta para ser procesada, así como por los lodos resultantes de los tratamientos de los efluentes líquidos.

En general, es muy importante que las rutas de eliminación de estos desechos sean cortas, directas y no atraviesen áreas de producción abiertas o zonas limpias de la sala de elaboración. El equipamiento para la recolección de los mismos suele no ser sanitario. Asimismo, los desechos deben disponerse en forma sanitaria en áreas alejadas de la planta, ubicadas de tal forma que no puedan afectar tampoco las entradas de aire limpio de la misma.

Es necesario retirarlos tan pronto como sea posible para evitar fermentaciones, malos olores, proliferación de plagas y microorganismos, etc. y pueden destinarse, según los casos, a alimentación de ganado, abonos orgánicos, etc.

En lo que respecta a los efluentes líquidos, hay que tener en cuenta que el costo de tratamiento y el tamaño de las instalaciones necesarias, estarán en relación directa con la cantidad de agua evacuada.

Por otra parte, si no se recircula parte del agua utilizada en los procesos, casi la totalidad de la misma deberá tratarse como efluente.

Por esta razón es importante que se separen en el interior de la fábrica, con sistemas de evacuación completamente independientes entre sí:

- Aguas negras (efluentes cloacales, procedentes de servicios sanitarios del personal, etc.), que deben canalizarse hacia redes cloacales u otros sistemas de tratamiento autorizados en la zona donde se ubique el establecimiento.
- Aguas grises (procedentes del proceso), que contienen contaminantes orgánicos propios del producto elaborado, algunos insumos y productos de limpieza, que deben ser tratadas y acondicionadas para su depuración.
- Aguas blancas (utilizadas para refrigeración o para producción de vacío, las cuales suelen constituir volúmenes muy grandes frente al resto) que no contienen materia orgánica ni otros contaminantes y por lo tanto pueden ser eliminadas sin necesidad de tratamientos de depuración.

Como ya se dijo, los desagües en el interior de la planta es conveniente que estén protegidos con rejillas finas para impedir la llegada de sólidos gruesos y tener un diseño de fondo y paredes que permitan una buena limpieza y desinfección, a la vez que una pendiente suficiente para asegurar un drenaje rápido y completo.

Cuando se realiza la limpieza de las instalaciones, es conveniente asegurarse que el agua utilizada es suficiente para arrastrar todo el contenido de las alcantarillas y que éstas quedan absolutamente limpias.

Un adecuado **drenaje** dentro del rastro cuenta con sistemas e instalaciones de desagüe y eliminación de desechos, además, están diseñados, construidos y mantenidos de manera que se evite el riesgo de contaminación de los alimentos o del abastecimiento de agua potable. No existe un adecuado drenaje si este no se encuentra correctamente distribuido por todo el rastro y estar provisto de trampas contra olores y rejillas para evitar entrada de plagas provenientes del drenaje. Tanto los pisos, así como los drenajes tener la inclinación adecuada para permitir un flujo rápido y eficiente de los líquidos desechados.

Los establecimientos disponer de un sistema eficaz de evacuación de efluentes y aguas residuales, el cual debe mantenerse en todo momento en buen estado. Todos los conductos de evacuación (incluidos el sistema de alcantarillado) ser lo suficientemente grandes para soportar cargas máximas y se construirán separados de las instalaciones de abastecimiento de agua potable, a manera de evitar contaminación de la misma.

En los establecimientos que así lo requieran, se instalarán **trampas de grasa**. Estas se instalan únicamente cuando se eliminan grasas en gran cantidad, como es el caso de hoteles, restaurantes, rastros, plantas de alimentos, etc. Se recomienda que se diseñen con una tapa liviana para facilitar su limpieza y en lo posible se ubicarán en zonas sombreadas para mantener bajas temperaturas en su interior. Es importante instalar trampas de grasa en el rastro de porcino ya que muchos de los desperdicios pueden irse al drenaje y estos generalmente contienen grasa, la cual puede causar que se tapen y se llenen los drenajes. Los drenajes tapados pueden desbordarse y representar un foco de contaminación.²¹

4.1.5 Recipientes para basura

Los establecimientos que se dediquen al proceso de productos contarán con un área exclusiva para el depósito temporal de desechos. Los recipientes de basura en la planta estar convenientemente ubicados, mantenerse de preferencia tapados e identificados. El uso de contenedores adecuados para los residuos, ubicados en lugares estratégicos y apropiados, facilitará que sean sacados y vaciados con la frecuencia necesaria. Dichos recipientes tienen que estar diseñados y construidos con material que permita su rápida limpieza y desinfección, operaciones que es conveniente realizar frecuentemente. Cuando el orden y la limpieza son adecuados, las plagas no encuentran alimento ni asilo en el interior de los establecimientos.

Es necesario especificar, naturaleza y estado físico de los desechos, métodos de recolección y transporte, frecuencia de recolección y otras características mínimas de la basura como: aristas cortantes, toxicidad, inflamabilidad y otras.

El área central de colección de basura debe tener una construcción sanitaria que facilite la limpieza evitando acumulación de residuos y malos olores. Esta área estar delimitada y fuera de las áreas de producción. Se recomienda tomar en cuenta los vientos dominantes para evitar que éstos acarreen malos olores dentro del establecimiento.

La basura ser removida de la planta, por lo menos, diariamente. Y se recomienda separar los desechos orgánicos de los inorgánicos.²¹

4.1.6 Manejo de desperdicios sólidos

La industria de alimentos produce grandes volúmenes de efluentes con diferentes concentraciones de sólidos suspendidos. Los desechos sólidos, que provienen principalmente del tamizado y la limpieza, se recuperan, normalmente, y se envían a la planta de extracción de grasa. Si bien las emisiones gaseosas no son mayores, los olores presentan un problema. Se originan del proceso de cocción de los materiales, residuos de animales y de la descomposición de materia orgánica.

En el caso del establecimiento de sacrificio de porcinos TIF, deben presentar un horno incinerador o Planta de rendimiento, la cuál se define como el área provista del equipo apropiado para la industrialización de animales muertos en los corrales o de las canales, partes o vísceras no aptos para consumo humano, huesos, sangre, cerdas y demás productos no comestibles y en el caso de que no cuenten con ella, es aceptado que cuente con un contrato con otro establecimiento para la movilización e industrialización de los mismos. Los desechos descargados por la industria de alimentos pueden ser reducidos a niveles deseados mediante el manejo efectivo del agua, control de los desperdicios dentro de la planta de rendimiento y los sistemas de tratamiento de las aguas. Para mayor información consultar el Módulo 8. Residuos, despojos y Aguas residuales del Proceso de Sacrificio de Porcinos.

5. Procedimientos de Operación Estándar de Sanidad (POES)

5.1 Desarrollo de los POES

5.1.1 Conceptos Generales de los POES

El mantenimiento de la higiene de los alimentos en una planta procesadora de ellos es una condición esencial para asegurar la inocuidad de los productos que allí se elaboren, una manera eficiente y segura de llevar a cabo las operaciones de saneamiento es la implementación de los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES). El procedimiento POES se le conoce comúnmente a los Procedimientos de Operación Estándar de Sanitización, con siglas en inglés SSOP's que significan *Procedures Operation Standard Sanitation*, estas siglas son utilizadas en inglés en las regulaciones de FSIS-USDA.²⁸ En cada etapa de la cadena alimentaria desde la producción primaria hasta el consumo son necesarias prácticas higiénicas eficaces. Así, se podrían mencionar muchos más ejemplos de la influencia de la higiene en la calidad de los productos alimenticios. Asimismo la aplicación de POES es un requerimiento fundamental para la implementación de sistemas que aseguren la calidad de los alimentos. Para la implantación de los POES, al igual que en los sistemas de calidad, la selección y capacitación del personal responsable cobra suma importancia. Al leer los cinco temas que consideran los POES entenderá esta afirmación.

Marco regulatorio

Los POES se encuentran vigentes dada su obligatoriedad en la Modificación de la NOM-008-ZOO-1994 como criterio para obtener la Certificación Tipo Inspección Federal (documentos y planos con que deberá contar un establecimiento TIF)^{29,30} y en el FSIS Regulation 416.

5.1.2 Definición de POES

Son procedimientos operativos estandarizados que describen las tareas de saneamiento. Se aplican antes, durante y después de las operaciones de elaboración. Los procedimientos pre-operativos y operativos normalizados de saneamiento deberán reducir en la mayor medida posible la contaminación directa e indirecta del alimento. Un sistema de POES indebidamente aplicado deberá asegurar la limpieza y saneamiento de las instalaciones y los equipos antes de dar comienzo a las operaciones, y el mantenimiento de una higiene adecuada durante las operaciones. La autoridad competente podrá establecer directrices para los POES, que podrán incluir requisitos reglamentarios mínimos para el saneamiento general.²⁸

5.1.3 Forma de abordar el desarrollo de los POES

Para facilitar el desarrollo de los POES pueden formularse preguntas específicas como por ejemplo: ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuando?, ¿dónde?, ¿quien?, entre otras.

5.1.4 Objetivo de aplicar POES

Evitar la contaminación de los productos alimenticios mediante la aplicación de un programa que contemple los procedimientos de limpieza y sanitización de instalaciones, equipo y utensilios que intervienen directa o indirectamente en su elaboración.

5.1.5 Definiciones importantes

Para poder comprender en su totalidad la definición y el objetivo debemos detenernos en realmente comprender las definiciones de limpieza y sanitización.

La limpieza se define como la remoción de cualquier tipo de suciedad, ejemplo: tierra, residuos de alimento, grasa u otras materias objetables y sanitización es la aplicación de métodos físicos y químicos destinados a reducir la contaminación a niveles aceptables.

Por lo que un equipo, utensilio, botas, etc. limpias se define como aquel que se encuentran libre de materiales extraños como grasa, sangre, óxido, polvo, detergente, otros químicos, etc. y sanitizado cuando se ha aplicado un método físico y químico para reducir la contaminación.

Otra definición que debemos entender a la perfección es la de superficie, ya que se empleará en repetidas ocasiones durante este módulo, además de que nos servirá para entender la importancia de LIMPIAR y SANITIZAR las superficies en contacto con alimentos.

Los residuos de alimentos en las superficies y equipos pueden proveer el ambiente ideal para el crecimiento de bacterias que causan enfermedades, y pueden fácilmente contaminar otros alimentos. Si los residuos de alimentos no se LIMPIAN con la frecuencia requerida, las bacterias pueden multiplicarse a niveles peligrosos. LIMPIANDO y sanitizando rutinariamente las superficies y equipos en contacto con alimentos, ya sea después de cada uso o en intervalos de tiempo programado, es necesario para prevenir el crecimiento de bacterias. Además, los residuos atraen insectos, roedores y otras plagas. Es por estas razones que todas las áreas del establecimiento deben LIMPIARSE CON frecuencia.

Existen tres tipos de superficies involucrados con los alimentos, las cuales se clasifican como las siguientes:

Las superficies en contacto directo con los alimentos corresponden al contacto inmediato que existe entre el lugar donde se realiza el proceso de limpieza y sanitización, las superficies en contacto indirecto con los alimentos corresponden al contacto o relación que pueda existir entre un lugar físico capaz de llegar a contaminar el producto a través de fomites, con el producto alimentario y finalmente, las superficies sin contacto con los alimentos en donde se incluyen superficies y estructuras internas de la planta, anexas de aquellas instalaciones en donde se procesan los alimentos.

5.1.6 Diferencia entre las BMP y POES

Las BPM abarcan ampliamente muchos aspectos operacionales de la planta y el personal, los POES son procedimientos aplicados en las plantas procesadoras de alimentos para mantener las BPM en las operaciones de producción.²⁹

5.1.7 Origen de los POES

La propuesta del FSIS se basó en que la efectividad de la limpieza y sanitización es esencial para la seguridad de los alimentos y el no aplicarse crea las posibilidades que conducen a la contaminación de los productos por bacterias patógenas.

Fue el resultado de observaciones entre septiembre de 1993 y febrero de 1995 sobre las prácticas de sanitización en 1000 plantas con el resultado de que más del 60% de las deficiencias encontradas involucraron observaciones de sanitización inadecuadas.

La observación que más se repitió fue la falta de registros de las deficiencias de sanitización.

También se determinó que la diferencia entre aquellos establecimientos que tienen condiciones sanitarias adecuadas y aquellos con deficiencias es que los primeros tenían programas efectivos de control de calidad y sanitización, incluyendo procedimientos por escrito.

5.2 Pasos a seguir en el desarrollo de los POES

- Identificar los procedimientos o tareas a desarrollar. Ejemplo: lavado y sanitización antes del sacrificio de los animales (pre-operacional); o bien, lavar y sanitizar los cuchillos durante el sacrificio de los animales (operacional).
- Definir el equipo de personas involucrado en llevar a cabo la tarea:
 - Operarios, personal de línea responsable para realizar la tarea.
 - Supervisores responsables del trabajo de los operarios.
 - Personal capacitado responsable para evaluar la tarea.
- Definir cuales son las actividades relevantes para desarrollar el procedimiento, describiendo cuales son los procedimientos correctos a llevar a cabo al realizar una tarea específica.
 - o Determinar la mejor forma de realizar la tarea (En otras palabras ¿quien es el experto en hacer el trabajo?)
 - o Revisar documentación correspondiente, como reglamentos, procedimientos y directivas.
- Técnicas o medios que pueden ser utilizados para facilitar el entendimiento:
 - ✓ Videos, fotografías y/o diagramas de cómo se debe llevar a cabo la tarea.
 - ✓ Observaciones visuales *in situ* de la tarea que se lleva a cabo desde el principio hasta su término.
 - ✓ Identificación de problemas pasados.
 - ✓ Realizar un análisis comparativo de cómo se lleva a cabo actualmente la tarea.

Ejemplo:

 - ¿Existen problemas históricos asociados con los procedimientos actuales?
 - ✓ Preguntas que deben ser contestadas durante el desarrollo de los POES:
 - ¿Por qué se hace esto?
 - ¿Quién llevará a cabo la tarea?
 - ¿Qué están haciendo?
 - ¿Cuál es la frecuencia?

→ ¿Cuáles son los límites?

Describe límites bacterianos, visuales, u otros.

→ ¿Cuáles son las acciones inmediatas y a largo plazo que se deben llevar a cabo si se exceden los límites?, ejemplos:

- Re-evaluar.
- Aumentar la frecuencia de las pruebas.
- Retener / Rechazar.

Todos los establecimientos deben desarrollar, implementar y mantener por escrito los procedimientos del POES.

Cada establecimiento debe tener un plan escrito que describa los **procedimientos diarios** que se llevarán a cabo durante y entre las operaciones, así como las **medidas correctivas previstas** (mecanismo de reacción inmediato frente a una contaminación), la **frecuencia** con la que se realizarán para prevenir la contaminación directa o adulteración de los productos e identificar el cargo o nombre del empleado responsable para la implementación y mantenimiento de dichos procedimientos.

El programa POES debe describir todos los procedimientos de limpieza y sanitización que se realiza diariamente el establecimiento para prevenir la contaminación de los productos.

Cada POES debe estar firmado por una persona de la empresa con total autoridad in situ o por una persona de alta jerarquía en la planta. Debe ser firmado en el inicio del plan y cuando se realice cualquier modificación.

Los encargados de la inspección del plan deben exigir que el personal lleve a cabo aquellos procedimientos establecidos y actúe si se producen contaminaciones directas de los productos.

Un establecimiento puede tener uno o más empleados responsables para la implementación y mantenimiento, por ejemplo: uno puede ser responsable de los procedimientos pre-operacionales y otro para los operacionales.

Las plantas tienen flexibilidad para determinar quien será la persona a cargo siempre y cuando tenga autoridad in situ. La importancia de este punto radica en que la higiene constituye un reflejo de los conocimientos, actitudes, políticas de la dirección y los mandos medios. La mayoría de los problemas asociados con una higiene inadecuada podrían evitarse con la selección, formación activa, y motivación del equipo de limpieza.

Se requiere que el programa POES sea fechado y firmado por la autoridad oficial del establecimiento al inicio y también cuando se realice cualquier modificación.

Cada POES debe estar firmado por una persona de la empresa con total autoridad in situ o por una persona de alta jerarquía en la planta. Debe ser firmado en el inicio del plan y cuando se realice cualquier modificación.

Debido a que existen establecimientos que realizan diferentes actividades y en consecuencia los requerimientos sanitarios pueden ser diferentes, los programas POES pueden ser flexibles.

El énfasis de este tópico está puesto en la prevención de una posible contaminación directa o adulteración del producto. Por ello cada establecimiento tiene la posibilidad de diseñar el plan que desee, con sus detalles y especificaciones particulares.

Las plantas deben desarrollar procedimientos que puedan ser eficientemente realizados, teniendo en cuenta la política de la dirección, el tamaño del establecimiento, y la naturaleza de las operaciones que se desarrollan.

El POES debe cubrir los procedimientos diarios de sanitización pre-operacional y operacional.

Los POES deben identificar procedimientos de saneamiento pre-operacionales y deben diferenciarse de las actividades de saneamiento que se realizarán durante las operaciones.

<i>Se debe identificar el personal responsable del monitoreo de las actividades diarias de sanitización, el personal responsable de su evaluación y efectividad.</i>
La empresa debe identificar los individuos que son responsables de la implementación y del Mantenimiento diario de las actividades de saneamiento que fueron descritas en el plan.
<i>El programa POES debe mencionar las acciones correctivas y preventivas que se aplicarán en caso de existir desviaciones.</i>
Todos aquellos establecimientos que desarrollen procesos complejos, necesitarán algunos procedimientos adicionales para prevenir contaminaciones cruzadas y asegurar un ambiente apto.
<i>Los establecimientos deben llevar registros diarios que demuestren la aplicación del POES, desviaciones y acciones correctivas y preventivas tomadas y mantener estos registros por lo menos 6 meses.</i>
Los establecimientos deben tener registros diarios que demuestren que se están llevando a cabo los procedimientos de sanitización que fueron delineados en el plan de POES, incluyendo las acciones correctivas que fueron tomadas.
<i>En un establecimiento, los procedimientos pre-operacionales y operacionales, y todos los registros deben permanecer disponibles para ser verificados en las áreas correspondientes de la planta por 48 horas y estar disponibles para ser verificados antes de 24 horas después de ser solicitados.</i>
No hay ningún requerimiento en lo que respecta al formato. Los registros pueden ser mantenidos en diskette o en papel o de cualquier otra manera que resulte accesible al personal que realiza las inspecciones.
<i>Para la limpieza y sanitización se deben utilizar productos químicos con registro oficial y el uso y concentración será de acuerdo con las indicaciones del fabricante, se debe agregar al programa las fichas técnicas de dichos productos químicos.</i>
Los productos químicos de limpieza y sanitización deben estar etiquetados y almacenados en áreas separadas y cerrados con llave, los lugares de almacenamiento deben ubicarse lejos de las áreas de proceso e identificados, no se debe almacenar en la misma área productos de limpieza y sanitizantes con plaguicidas u otro tipo de producto.

5.3 Procedimientos de Operaciones Estándares Sanitarios Específicos

Los POES se dividen, para efectos de procedimientos, en:

- Pre-operacionales
- Operacionales

A su vez, las Operaciones de Limpieza y Sanitización pre-operacionales y operacionales se dividen en:

- ✓ Según contacto directo con el producto
- ✓ Según contacto indirecto con el producto
- ✓ Sin contacto

Dentro de cada una de estas subdivisiones existen cuatro pasos, que son:

- ⇒ Etapas en el desarrollo del procedimiento.
- ⇒ Procedimientos de monitoreo.
- ⇒ Acciones correctivas y preventivas.
- ⇒ Registros.

5.4 Sanitización Pre-Operacional

Son todos aquellos procedimientos o actividades de limpieza y sanitización que se realizan antes de iniciar los procesos productivos, los lugares donde se realiza el proceso de limpieza y sanitización pre-operacional, pueden tener contacto directo con los productos cárnicos, ejemplo: cintas transportadoras; contacto indirecto, ejemplo: mango del cuchillo; o bien, sin contacto, ejemplo: paredes del edificio que dan al exterior de las salas.

5.4.1 Superficies en Contacto directo con el producto

Corresponde al contacto inmediato que existe entre el lugar donde se realiza el proceso de limpieza y sanitización, con el producto cárnico, ejemplo: mesones, cuchillos, cintas transportadoras, entre otras.

- Limpieza de superficies en contacto directo con el producto:

- Describir como se debe limpiar, que procedimientos de limpieza deben aplicarse (por ejemplo: de arriba hacia abajo).

- Equipo.

- Higiene personal.

- Equipos e instalaciones:

- Desarmado y pre-limpieza del equipo.

Identificar piezas y partes del equipo que serán desarmadas cada vez que se realicen los procesos de limpieza. Por ejemplo:

- Sierra para el corte de las canales, ejemplo: Retiro de la hoja y limpieza de engranaje.

- Registrar el rearmado del equipo después de su limpieza y sanitización.

- ¿*Cuando se debe rearmar?*, ejemplo: previo a la faena y después de la evaluación de personal competente.

- ¿*Quien lo rearmará?*, personal autorizado.

- Uso de productos químicos registrados:

- Identificar el nombre del producto de limpieza y fabricación.

- Lista del equipo y/o instalaciones en los cuales se aplican los productos químicos.

- Estudiar la ficha técnica del producto que aplique y la hoja de datos de seguridad, con el fin de utilizar los productos químicos siguiendo las instrucciones del fabricante o de las etiquetas, usarlo de acuerdo con las limitaciones y concentraciones indicadas en las etiquetas.

- Técnicas de limpieza y procedimientos:

- Retiro de desechos sólidos antes de la limpieza, ejemplo: retiro de contaminantes físicos de las mesas, cintas transportadoras y otras superficies.

- Uso de agua potable.

- Efectuar el lavado con productos de limpieza registrados.

- ⇒ Describir qué método de aplicación se utilizará. Ejemplo: con bombas de alta presión.

- ⇒ Temperatura del agua.

- ⇒ Tiempo de acción que se le dará al detergente para efectuar la limpieza de la superficie.

- Enjuague después de la limpieza.

Es importante describir cómo se lleva a cabo, por ejemplo la aplicación de agua en forma de spray de alta presión y la temperatura del agua.

Uso de productos sanitizantes

Los sanitizantes se usan como un agregado a la limpieza en si para reducir o destruir las bacterias que pueden permanecer después de la limpieza y es necesario que se identifique el nombre del sanitizante y el fabricante, el número de registro, el listado de máquinas, equipos, implementos e instalaciones en los cuales se aplicará el sanitizante y finalmente estudiar la ficha técnica del producto que aplique y la hoja de dato de seguridad, con el fin de utilizar los productos químicos siguiendo las instrucciones del fabricante o de las etiquetas y usarlos de acuerdo con las limitaciones y concentraciones indicadas en las etiquetas. Es importante conocer el modo y tiempo de aplicación, así como saber si es necesario que se enjuague con agua.

5.4.2 Superficies en Contacto indirecto con el producto

Corresponde al contacto o relación que pueda existir entre un lugar físico capaz de llegar a contaminar el producto a través de fomites, con el producto cárnico, ejemplo: patas de las mesas, mango de los cuchillos, entre otras.

La limpieza de superficies en contacto indirecto con el producto debe describir como se debe limpiar, que procedimientos de limpieza deben aplicarse (por ejemplo: de arriba hacia abajo) y el equipo.

Equipo e instalaciones

Para llevar a cabo una adecuada limpieza es necesario considerar el o desarmado y la pre-limpieza del equipo, en donde se debe identificar piezas y partes del equipo que serán desarmadas cada vez que se realicen los procesos de limpieza. Por ejemplo:

- La base de soporte de la máquina evisceradora, la cubierta de la máquina, las tapas de protección de la máquina, etc.

Una vez que se realizó la limpieza y sanitización es necesario registrar el rearmado del equipo respondiendo a las preguntas:

¿Cuándo se debe rearmar?, ¿Quién lo rearmará?, en este caso personal autorizado.

Uso de productos químicos registrados

Para el uso correcto de productos químicos registrados es necesario:

- Identificar el nombre del producto de limpieza y fabricación.
- Lista del equipo y/o instalaciones en los cuales se aplican los productos químicos.
- Estudiar la ficha técnica del producto que aplique y la hoja de dato de seguridad, con el fin de utilizar los productos químicos siguiendo las instrucciones del fabricante o de las etiquetas y usarlo de acuerdo con las limitaciones y concentraciones indicadas en las etiquetas.

Técnicas de limpieza y procedimientos

Para realizar una adecuada técnica de limpieza es necesario que primero se lleve a cabo el retiro de desechos sólidos antes de la limpieza, por ejemplo: retiro de contaminantes físicos de las mesas, y otras superficies, usar agua potable y efectuar el lavado con productos de limpieza registrados así como describir qué método de aplicación se utilizará. Por ejemplo: con bombas de alta presión, la temperatura del agua, el tiempo de acción que se le dará al detergente para efectuar la limpieza de la superficie y si es necesario que se enjuague después de la limpieza.

Uso de productos sanitizantes

Los sanitizantes se usan como un agregado a la limpieza en si para reducir o destruir las bacterias que pueden permanecer después de la limpieza.

- Identificar el nombre del sanitizante y el fabricante.
- Número de registro.
- Listado de máquinas, equipos, implementos e instalaciones en los cuales se aplicará el desinfectante.
- Estudiar la ficha técnica del producto que aplique y la hoja de dato de seguridad, con el fin de:
- Utilizar los productos químicos siguiendo las instrucciones del fabricante o de las etiquetas.
 - Usarlo de acuerdo con las limitaciones y concentraciones indicadas en las etiquetas.
 - Modo de aplicación.
 - Tiempo de aplicación.
 - Enjuague con agua si se requiere.

5.4.3. Sin contacto con el producto

Se incluyen superficies y estructuras internas de la planta, anexas de aquellas instalaciones en donde se procesan las carnes.

Ejemplo: paredes, techos, entre otras.

- Limpieza de superficies sin contacto con el producto:
 - o Describir como se debe limpiar, que procedimientos de limpieza deben aplicarse.
 - o Equipo
 - o Paredes, techos.
- Equipo e instalaciones:
 - o Desarmado y pre-limpieza del equipo.
 - o Identificar piezas y partes del equipo que serán desarmadas cada vez que se realicen los procesos de limpieza. Ejemplos:
 - Compresores de los equipos de enfriamiento.
 - Tableros eléctricos.
 - Base de plataforma de las balanzas.
 - o Registrar el rearmado del equipo después de su limpieza y sanitización.
 - o ¿Cuándo se debe rearmar?
 - o ¿Quién lo rearmará?
- Uso de productos químicos registrados:

- o Identificar el nombre del producto de limpieza y fabricación.
- o Lista del equipo y/o instalaciones en los cuales se aplican los productos químicos.

Estudiar la ficha técnica del producto que aplique y la hoja de dato de seguridad, con el fin de:

- Utilizar los productos químicos siguiendo las instrucciones del fabricante o de las etiquetas.
- Usarlo de acuerdo con las limitaciones y concentraciones indicadas en las etiquetas.
- Técnicas de limpieza y procedimientos:
 - o Retiro de desechos sólidos antes de la limpieza, ejemplo: barrido de pisos.
 - o Uso de agua potable, ejemplo: pisos.
 - o Efectuar el lavado con productos de limpieza registrados.
- Describir qué método de aplicación se utilizará. Ejemplo: con bombas de alta presión.
- Temperatura del agua.
- Tiempo de acción que se le dará al detergente para efectuar la limpieza de la superficie.
 - o Enjuague después de la limpieza.
- Describir cómo se lleva a cabo. Ejemplo: aplicación de agua en forma de spray de alta presión.
- Temperatura del agua.
 - Uso de productos sanitizantes: Los sanitizantes se usan como un agregado a la limpieza en si para reducir o destruir las bacterias que pueden permanecer después de la limpieza.

Identificar el nombre del sanitizante y el fabricante.

- o Número de registro.
- o Listado de máquinas, equipos, implementos e instalaciones en los cuales se aplicará el sanitizante.
- o Estudiar la ficha técnica del producto que aplique y la hoja de dato de seguridad, con el fin de:
 - Utilizar los productos químicos siguiendo las instrucciones del fabricante o de las etiquetas.
 - Usarlo de acuerdo con las limitaciones y concentraciones indicadas en las etiquetas.
- o Modo de aplicación.
- o Tiempo de aplicación.
- o Enjuague con agua potable si se requiere.

Este proceso garantiza que la instalación, los productos y utensilios se encuentren limpios y libres de agentes contaminantes e incluye:

- Identificación de áreas en toda la planta para el desarrollo del POES.
- Elaborar un inventario por área de las instalaciones, maquinaria y equipo, como paredes, techo, pisos, puertas, difusores, estructuras, tuberías, lámparas, esterilizadores, lavamanos, equipos y utensilios de proceso, etc.
- Controles de calidad de agua, dosificación de detergentes y sanitizantes, así como los materiales necesarios para realizar la limpieza y sanitización.
- Procedimientos de desarmado y armado de los equipos para su limpieza y sanitización.
- Procedimientos de monitoreo, verificación y corrección en caso de fallas y desviaciones.
- Procedimiento para acondicionamiento de áreas y equipo antes de iniciar el lavado aplicando medidas de seguridad como apagar equipos y cubrir partes eléctricas, retirar residuos sólidos de pisos, equipo y limpieza de coladeras o trampas de grasa.
- Cada procedimiento debe especificar que, como, con que, cuando, donde y quien.
- Procedimientos de muestreo para la evaluación de limpieza y sanitización, deben de existir criterios cualitativos y cuantitativos para esta evaluación.
- Procedimientos para la eliminación de desechos no comestibles orgánicos e inorgánicos.
- Procedimiento para la capacitación, adiestramiento y evaluación del personal que realiza, supervisa, evalúa la limpieza y sanitización del establecimiento.

Instalaciones

Para poder iniciar el desarrollo del procedimiento pre-operacional de las instalaciones de un establecimiento se debe contener lo siguiente:

- ✓ Nombre del área
- ✓ Fecha
- ✓ Superficies a limpiar
- ✓ Frecuencia
- ✓ Método manual o mecánico
- ✓ Productos de limpieza, sanitización y utensilios
- ✓ Observaciones
- ✓ Criterios de evaluación
- ✓ Acciones correctivas y preventivas
- ✓ Responsable de la operación

Equipo, Maquinaria y Utensilios

Para desarrollar este procedimiento pre-operacional del equipo, maquinaria y utensilios se debe contar con lo siguiente:

- ✓ Nombre del área
- ✓ Fecha
- ✓ Nombre del equipo, maquinaria o utensilios.
- ✓ Frecuencia diaria
- ✓ Método manual o mecánico
- ✓ Productos de limpieza, sanitización y utensilios
- ✓ Observaciones
- ✓ Criterios de evaluación
- ✓ Acciones correctivas y preventivas
- ✓ Responsable de la operación

Los registros de verificación o formatos de control de frecuencia pre-operacional, deberán contener la fecha, área en instalaciones, maquinaria, equipo y utensilios, hora de inicio, hora de término, responsable y visto bueno del supervisor.

Método general de lavado

Para poder implementar un método general de lavado se debe:

→ Cubrir partes eléctricas, desarmar maquinaria, proteger material de empaque, retirar residuos cárnicos, hacer un pre-enjuague con agua, aplicar un detergente, tallar el equipo, enjuagar con agua, evaluar el lavado y sanitizar.

Selección de Productos, Equipos y Utensilios de Limpieza

Para elegir un producto, equipo o utensilio de limpieza es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Tipo de superficie a ser limpiada, material de construcción.
- Tipo de suciedad a ser removida (orgánica, inorgánica o ambas)
- Métodos de aplicación, manual, alta presión, espuma, etc.
- Selección de sanitizantes entre los que se recomiendan:
 - Cloro
 - Sales cuaternarias de amonio
 - Anfóteros

Este tópico puede generar muchas preguntas a la industria, en lo que se refiere al detalle con el cual se deben especificar estos procedimientos. Las empresas deben detallar minuciosamente la manera de limpiar y desinfectar cada equipo y sus piezas, en caso de desarmarlos. Si lo desean, también pueden describir la metodología para desarmar los equipos³⁴.

Recordemos que:

La **limpieza** está referida a la eliminación de tierra, restos de alimentos, polvo u otras materias objetables.

La **desinfección** es la reducción, mediante agentes químicos (desinfectantes) o métodos físicos adecuados, del número de microorganismos en el edificio, instalaciones, maquinarias y utensilios, a un nivel que no de lugar a contaminación del alimento que se elabora.

El **saneamiento** involucra ambas operaciones.

Los procedimientos sanitarios adicionales para el saneamiento pre-operacional incluyen la identificación de los productos de limpieza y desinfectantes, y la descripción del desarme y rearme del equipamiento antes y después de la limpieza. Se detallarán también las técnicas de limpieza utilizadas y la aplicación de desinfectantes a las superficies de contacto con los productos, después de la limpieza.

La efectividad de los procedimientos de saneamiento pre-operacionales se determinará a través de la verificación y no a través de procedimientos de evaluación.

La comprobación o monitorización está basada en inspecciones para determinar que parece o huele a limpio y que se están llevando a cabo aquellas operaciones incluidas en el plan.

La confirmación o verificación requiere pruebas microbiológicas de áreas determinadas de las superficies donde se manipulan los productos o de los equipos. Se pueden realizar también pruebas del producto terminado o del diagrama de flujo, lo que implicaría sacar muestras del producto en elaboración en las distintas etapas del proceso y asociar el nivel de higiene de los equipos y del ambiente de producción con el nivel de contaminación del producto en dicha instancia.³⁴

5.5 Sanitización Operacional

Los procedimientos de saneamiento operacional, se realizarán durante las operaciones. Deben ser descritos al igual que los procedimientos pre-operacionales y deben, además, hacer referencia a la higiene del personal en lo que hace al mantenimiento de las prendas de vestir externas (delantales, guantes, cofias, etc.), al lavado de manos, al estado de salud, etc. También debe considerarse que durante los intervalos en la producción, es necesario realizar la limpieza y desinfección de equipos y utensilios.³⁴

La sanitización operacional debe tener como resultado un ambiente limpio para la preparación, manipulación y almacenamiento de cualquier producto alimenticio.

En otras palabras, es el conjunto de procedimientos que se realizan durante las operaciones para garantizar un ambiente sanitario donde se procese o se manipule producto que incluye:

- Procedimientos de limpieza y sanitización en puntos de acceso y salida de las diferentes áreas del establecimiento.
- Procedimientos que utilizan los empleados para limpiar y sanitizar durante el proceso los guantes, cuchillos, porta cuchillos, las veces que sea necesarias durante el proceso para prevenir la contaminación de los alimentos.
- Procedimientos para la limpieza y sanitización de bandas, mesas y otros equipos que tengan contacto con el producto, las veces que sea necesaria durante el día.
- Procedimientos para el cambio de equipo de los empleados las veces que sean necesarias durante el proceso en caso de requerirse.
- Procedimientos de desalojos y basura en las áreas de proceso.
- Procedimientos para la eliminación de desechos no comestibles, peligrosos y no peligrosos.
- Procedimiento de limpieza y sanitización de vehículos.

6. Procedimientos de Monitoreo

6.1 Monitoreo de sanitización pre-operacional

El monitoreo de la limpieza y sanitización pre-operacional debe incluir la evaluación y documentación de la eficacia de los procedimientos de limpieza y sanitización de todas las instalaciones, equipos y/o utensilios en contacto con el producto que serán utilizados al comenzar la producción.

6.1.1 Identificación de la persona responsable de llevar a cabo las tareas de monitoreo

Esta persona evaluará los procedimientos sanitarios apropiados para las superficies del equipo o utensilios en contacto con el producto utilizando uno o más de los métodos siguientes, como por ejemplo: Inspecciones y Observaciones visuales, al tacto y olfato; y procedimientos de monitoreo de productos químicos, por ejemplo: la concentración del nivel de sanitizantes.

6.1.2 Frecuencia del Monitoreo

Se debe realizar la inspección visual diaria previa al comienzo de la faena y los controles periódicos de áreas que no están en contacto, por ejemplo: paredes, techos, drenajes, aire. Toda esta información debe estar en registros, en donde se incluya la documentación escrita, incluyendo cualquier acción correctiva que se haya tomado y/o acciones preventivas necesarias para asegurar que se mantiene un ambiente sanitario en la planta.

6.1.3 Registros y Monitoreo de sanitización operacional

El monitoreo de limpieza y/o sanitización operacional debe documentar los procedimientos que identifican y corrigen casos y circunstancias de contaminación directa del alimento. Por ejemplo: equipos, superficies, máquinas. O por prácticas del personal. Ejemplo: higiene del personal, manipulación de los productos. Para realizar un adecuado monitoreo de limpieza y/o sanitización operacional es necesario identificar y corregir los casos de contaminación directa del producto y tomar todas las acciones correctivas adoptadas, tanto las acciones inmediatas cuando ocurre la contaminación del producto y acciones preventivas a largo plazo.

7. Acciones Correctivas/ Preventivas Posteriores

Las acciones correctivas / preventivas deben adoptarse cuando ocurren desviaciones en los procedimientos sanitarios establecidos dentro de los POES.

7.1 Acciones correctivas (acciones inmediatas)

- Las acciones correctivas escritas deben quedar registradas.
- Identificar y describir las acciones correctivas inmediatas, por ejemplo:
 - o Equipo rechazado para su uso, identificado y vuelto a limpiar antes de comenzar las operaciones

Acciones Correctivas

Se tienen que realizar las acciones correctivas adecuadas cada vez que un POES, un procedimiento específico, o la implementación o mantenimiento de un POES fracase al prevenir la contaminación o adulteración de un producto. Las acciones correctivas tienen que incluir procedimientos para la correcta disposición del producto afectado, medios para restablecer las condiciones sanitarias y procedimientos para prevenir la recurrente contaminación o adulteración directa del producto. Los POES y los procedimientos específicos tienen que ser re-evaluados y, si es necesario modificados.³²

Ejemplos de Acciones Correctivas

A continuación se plantea un ejemplo de acciones correctivas en un establecimiento dedicado a la producción de alimentos, en este ejemplo sólo se menciona lo que se debe hacer para restablecer las condiciones sanitarias y no la disposición del producto afectado ni los procedimientos para prevenir la recontaminación o re adulteración del producto.

Tipo de problema	¿Qué es lo que ocurrió?	Acción Correctiva ¿Qué se va realizar para solucionar ese problema en el momento y a futuro?
Grave	Resultados de análisis microbiológicos de una superficie inerte acabada de limpiar y sanitizar se encuentra fuera de parámetros establecidos	Hablar con el proveedor para un cambio inmediato del detergente o sanitizante utilizado. Evaluación de la causa de dichos resultados, si es por falta de capacitación o porque el personal no realiza los POES adecuadamente; capacitar y concientizar al personal sobre la importancia del cumplimiento de los POES.
	Resultados de análisis microbiológicos de una superficie viva acabada de limpiar y sanitizar fuera de parámetro.	Cambio de detergente y sanitizante para manos Evaluación de la causa de dichos resultados, si es por falta de capacitación o porque el personal no realiza los POES adecuadamente;

		capacitar y concientizar al personal sobre la importancia del cumplimiento de los POES.
Mediano	El área de trabajo se encuentra sucia después de realizar los POES.	Limpieza y sanitización del área de trabajo
	En la revisión de procedimientos operacionales, el drenaje tapado por falta de aplicación de POES.	Aislamiento del área hasta que se corrija el problema
	En la revisión de procedimientos pre-operacionales y operacionales, las áreas, superficies o utensilios de trabajo se encuentran sucios, sin lavar ni sanitizar.	Reporte de dicha incidencia al encargado de área, limpieza y sanitización inmediata del área, superficie o utensilios de trabajo.
Leve	El área, equipo o utensilios de trabajo no están sanitizados.	Sanitizar el área, equipo o utensilios de trabajo.
	El área, equipo o utensilios de trabajo que se va ocupar esta sucio en el momento de la revisión.	Lavar y sanitizar dicha superficie.
	El personal no se lavo las manos ni realizo la sanitización de las mismas	Lavar y sanitizar sus manos
	El personal del área operativa usa botas sucias y sin sanitizar.	Limpieza y sanitización de botas

7.2 Acciones Preventivas (acciones a largo plazo)

- Las acciones preventivas escritas deben quedar registradas.
 - o Re-entrenamiento del operario
 - o Revisión de los procedimientos.
 - o Aplicación de nuevos métodos.

Verificación del Programa POES

Se puede llevar acabo a través de:

- Análisis de cronogramas
- Análisis de registros pre-operacionales, operacionales, y de acciones correctivas y preventivas.
- Implementación de programas de muestreo de superficies y equipos que tengan contacto con el producto para confirmar la eficacia del programa (este procedimiento deberá estar descrito en el manual pre-operativo y operativo del POES).
- Se sugiere que el departamento de control de calidad audite la aplicación del POES.

Beneficios de la implementación de POES

Proporcionar al consumidor productos con una garantía de calidad sanitaria, con una mayor vida de anaquel, conservando sus cualidades y características intrínsecas.

8. Ejemplo Formato POES Pre-operacional, Contacto Directo Lavado y sanitizado de cintas transportadoras

Ejemplo 1. A continuación se presenta un registro de verificación POES pre-operacional y Operacional sugerido para implementarlo dentro del establecimiento:

Turno:

Fecha:

AREA	CALIFICACIÓN		OBSERVACIONES	ACCIONES		RESPONSABLE	SUPERVISOR Vo.Bo.
	Limpio	Sucio		Preventivas	Correctivas		
Anden de carga							
Techo							
Lámparas							
Tuberías							

Paredes							
Puertas							
Cortinas Hawaianas							
Piso							
Coladeras							
Báscula							
Lavamanos							
Criterio de Calificación: Limpio: Lavado y Sanitizado Sucio: Fallas y Desviaciones							

Los POES son procesos dinámicos que sufren cambios en el tiempo, ya sea por cambios de equipos, de productos químicos, en los procesos, cambios por requisitos de los clientes, entre otros. Ejemplos a considerar cada vez que se realice algún cambio:

- Razón por el cambio.
- Tarea a ser cambiada.
- Beneficios secundarios.
- Personal actual para la tarea.
- Personal propuesto para la tarea.
- Métodos de evaluación de los objetivos. Ejemplo: ensayos con nuevos detergentes o desinfectantes, montaje de nuevas máquinas.
- Otros comentarios.

MODIFICACIONES EN LOS PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES ESTANDARIZADOS DE SANITIZACIÓN (POES)

	POES PRE-OPERACIONAL		Código
	Contacto Directo		Revisión
	POES Lavado y sanitizado de cintas transportadoras		Página
Preparado por: Firma:	Revisado por: Firma:	Aprobado por: Firma:	

1. OBJETIVO:

Remover la suciedad y reducir la contaminación y propagación de contaminantes de origen biológico, físico o químico presentes en las cintas transportadoras, a un nivel aceptable.

2. ALCANCE:

Se aplica a las cintas transportadoras presentes en las diferentes secciones de proceso tales como: sala de sacrificio, sala de eviscerado, sala de subproductos, sala de desposte, sala de empaque.

3. DESARROLLO:

3.1. Equipos y Materiales

- Paletas
- Baldes
- Máquina generadora de espuma
- Máquina de espalda para aplicación de sanitizantes
- Esponjas abrasivas
- Soluciones detergentes y desinfectantes
- Paños
- Bolsas de basura
- Mangueras
- Escobillas

3.2. Responsables

Empresa contratista de aseo o personal del área.

3.3. Frecuencia

- Diario (aseo pre-operacional)
- Fin de semana (aseo pre-operacional con mayor profundidad)

3.4. Instrucción**3.4.1. Diario (aseo pre-operacional)**

Los pasos a seguir para realizar el aseo de cintas transportadoras, son los siguientes:

Preparación de la sala:

- Despejar el sector a lavar de materiales que interrumpen el aseo
- Cubrir con bolsas de polietileno paneles de control, monitores de máquinas, equipos electrónicos, y cualquier otra superficie que potencialmente se pueda dañar por efecto de la aplicación de agua.
- Antes de comenzar el aseo, si es necesario, se deben realizar cualquier tipo de desarmes.

Barrido seco:

- Dirigir con escobillas o paños hacia recipientes acondicionados, los desperdicios orgánicos e inorgánicos situados en las superficies de las cintas transportadoras.
- Trasladar los desperdicios a los contenedores que corresponda.

Barrido húmedo:

- Aplicar agua de red (caliente o tibia) sobre las cintas transportadoras, removiendo la mayor cantidad de materia orgánica presente (pre-enjuague).

	POES PRE-OPERACIONAL Contacto Directo	Código	
		Revisión	
POES Lavado y sanitizado de cintas transportadoras		Página	
Preparado por: Firma:	Revisado por: Firma:	Aprobado por: Firma:	

Limpieza:

- Aplicación de espuma: Preparar en los recipientes acondicionados la solución de detergente correspondiente, y aplicar homogéneamente en las cintas transportadoras. Dejar que actúe.
- Acción manual: Restregar con escobillas y/o esponjas abrasivas cada cinta transportadora desde su extremo superior al inferior. Hasta que las superficies no presenten ninguna suciedad adherida.

Enjuague:

- Aplicar agua de red (fría o caliente) hasta eliminar por completo la suciedad desprendida por la acción manual realizada.

Sanitizado:

- Preparar la solución sanitizante en los recipientes acondicionados, aplicar homogéneamente en las cintas transportadoras, cubriendo la totalidad de la cinta.

Retiro de agua:

- Retirar todo el exceso de agua que se encuentre sobre la cinta transportadora.

Término:

- Retirar ordenadamente los materiales de aseo ya utilizados.
- Retirar las bolsas de polietileno (protectores) de los equipos electrónicos o sensibles a la aplicación del agua.
- En el caso de efectuarse desarmes, dejarlos limpios y armarlos.
- Todo el sector ya lavado, debe quedar ordenado y listo para la verificación y autorización de los procesos.

3.4.2. Aseo fin de semana (aseo pre-operacional con mayor profundidad)

El procedimiento a realizar el fin de semana debe efectuarse siguiendo los pasos descritos anteriormente, además se debe llevar a cabo lo siguiente:

Preparación de sala:

- Realizar desarmes programados para el fin de semana.
- Aplicar según corresponda los detergentes desincrustantes para cada área.

3.5. Monitoreo

- 3.5.1. Responsable de Monitoreo
- 3.5.2. Frecuencia
- 3.5.3. Parámetros a monitorear
- 3.5.4. Metodología de Monitoreo
- 3.5.5. Registro de Monitoreo

3.6. Acciones correctivas y preventivas:

- 3.6.1. Responsable
- 3.6.2. Tiempo de Resolución
- 3.6.3. Registro:

	POES PRE-OPERACIONAL Contacto Directo		Código	
			Revisión	
	POES Lavado y sanitizado de cintas transportadoras		Página	
Preparado por: Firma:	Revisado por: Firma:	Aprobado por: Firma:		

4. VERIFICACIÓN

- 4.1. Responsable de verificación
- 4.2. Frecuencia de verificación
- 4.3. Verificación

5. DOCUMENTACIÓN RELACIONADA**6. TABLA DE REVISIONES**

Número de revisión	Fecha de última revisión	Descripción del cambio
001	22/03/07	

Conclusiones

Una de las características invaluable de la aplicación de los POES, es la posibilidad de responder inmediatamente frente a fallas en la calidad de los productos, debidas a un problema de higiene. Sin olvidar que un buen procedimiento de saneamiento, tiende a minimizar la aparición de tales fallas.

Entonces, más allá de la obligatoriedad de los POES, es indispensable entender que la higiene determina un conjunto de operaciones que son parte integrante de los procesos de fabricación y que, por ello son complementarios de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Así, la eficacia de un POES depende sólo del procedimiento y los agentes de saneamiento utilizados.

9. Control de Fauna Nociva**9.1 Introducción**

Un programa de control de Fauna Nociva debe existir en toda industria alimentaria porque los productos que se generan en este deben ser de buena calidad, sanos, saludables, y sobre todo inocuos, capaces de competir y mantener satisfecho a los consumidores. Es por esto que se requiere que las personas involucradas en la cadena de producción de alimentos, en el caso de productos cárnicos, desde la engorda hasta el consumidor final, se responsabilicen del control de plagas. Actualmente existe un incremento en las relaciones comerciales internacionales aunado a un aumento en el nivel de exigencia de los consumidores. Antes se hablaba de alimentos de buena calidad, sanos y nutritivos; sin embargo, debido al desarrollo de epidemias ocasionadas por alimentos de agentes patógenos, los gobiernos han establecido leyes que permitan mantener niveles de inocuidad aceptables en dichos productos.

Tenemos que tomar en cuenta que todos los alimentos son susceptibles de contaminación por lo tanto si nosotros consumimos un producto contaminado que contenga cantidades suficientes de sustancias venenosas o de microorganismos patógenos, será causa de una Enfermedad Transmitida por Alimentos

(ETA's). Es por esto que durante el proceso de producción de cualquier animal es importante la calidad de los insumos utilizados en la producción, el buen uso de productos químicos como medicamentos, estimulantes del crecimiento y plaguicidas, y los cuidados adecuados en el transporte de las granjas al rastro.

Es importante mencionar que si bien la presencia de plagas no afecta directamente a la salud humana, la mala aplicación de plaguicidas si tiene efectos adversos tanto en la inocuidad del producto como en la salud humana y un Programa de Control de Fauna Nociva nos sirve para saber que acciones se deben llevar a cabo para combatir y controlar las poblaciones de especies plagas, a fin de prevenir posibles transmisiones de enfermedades, evitar perjuicios a la salud de la población y el deterioros en sus bienes.

9.1.1 Plaga o Fauna Nociva

Definiremos **plaga** a todos aquellos animales que compiten con el hombre en la búsqueda de agua y alimentos, invadiendo los espacios en los que se desarrollan las actividades humanas. Su presencia resulta molesta y desagradable, pudiendo dañar estructuras o bienes, y constituyen uno de los más importantes vectores para la propagación de enfermedades, entre las que se destacan las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's). Durante este módulo se empleara el término de **Fauna Nociva y plaga**.

Establecemos que Fauna nociva son todos aquellos animales capaces de contaminar al producto por medio de sus excreciones, secreciones o por acción mecánica. Por lo que dentro de la fauna nociva se consideran a las plagas, pero la mayoría de la literatura relativa al tema se refiere a plagas como fauna nociva. Por lo que hablaremos en este Módulo sobre el Control de Plagas.

Comenzando con un cuadro en donde se presentan las plagas más usuales en las industrias alimentarias.

Cuadro 1. Principales plagas en la industria alimentaria

Tipo	Características
Insectos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Son rastreros (como cucarachas, hormigas, etc) ▪ Comen de noche y aún en presencia humana ▪ Son voladores
Roedores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta adaptabilidad al medio ambiente ▪ Prolíficos ▪ Son voraces ▪ Comen durante la noche ▪ Comen cerca de los nidos
Aves	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Son Voraces ▪ Reinvaden

Para combatir con éxito una plaga es necesario que el personal encargado de plagas conozca:

- ♦ Características de la plaga (si es voladora, terrestre, etc.)
- ♦ Ciclo biológico (cómo, cuándo se reproduce)
- ♦ Hábitos de la plaga (si es nocturna o diurna, dónde hace sus nidos, de que se alimenta, etc.).

9.1.2 Daños ocasionados por las plagas

Las pérdidas económicas que pueden causar las plagas son productos arruinados, potenciales demandas por alimentos contaminados y los productos mal utilizados para su control. A estos impactos económicos deben sumarse los daños en las estructuras físicas del establecimiento, y por sobre todas las causas la pérdida de imagen de la empresa.

Las plagas más comunes, como las moscas y los roedores, son capaces de contaminar e inutilizar grandes cantidades de alimentos. Por ejemplo, 20 ratas son capaces de contaminar 1.000 Kg de producto en 15 días. De esta cantidad, sólo la cuarta parte será recuperable para su utilización.¹¹

En lo referente a las enfermedades, las plagas actúan como vectores de las mismas. Es decir, son capaces de llevar consigo agentes tales como bacterias, virus y protozoos (Cuadro 2). Estos son los auténticos responsables de un sin número de afecciones, tanto en el hombre como en los animales, (corrales de inspección).

Cuadro 2. Principales enfermedades causadas por agentes de las plagas

Agente	Ejemplo de enfermedades asociadas
Bacterias	Conjuntivitis; Diarrea infantil; Tifus; Cólera; Tuberculosis; Salmonelosis.
Protozoos	Amebiasis; Tripanosomiasis, etc
Virus	Poliomelitis; Hepatitis

De la misma forma que en los programas de limpieza (POES) , para la prevención y el control de las posibles plagas, es conveniente que en cada industria se disponga de instrucciones escritas referidas a las medidas a adoptar, y la forma y frecuencia de hacerlo efectivo.

Para ello, en primer lugar, deben identificarse los animales y/o parásitos que pueden representar un problema tanto desde el punto de vista de la higiene como de la conservación de los productos. En general los animales y parásitos más comunes incluyen las aves (pájaros, palomas, gorriones y otros), mamíferos (murciélagos y roedores) e insectos. Cada uno de estos grandes grupos o, a veces, cada especie en particular, tienen formas diferentes de control de acuerdo a sus características y ciclo de vida.

10. Diferencias comparativas entre el control de plagas tradicional y el manejo integrado de plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es la utilización de todos los recursos necesarios (métodos químicos, físicos y/o biológicos), por medio de Procedimientos Operativos Estandarizados, para minimizar los peligros ocasionados por la presencia de plagas hasta un valor tal que no produzca daños de ningún tipo. Esto significa que se busca reducir la plaga a niveles poblacionales lo más cercano a cero, o por lo menos mantener las poblaciones de plagas por debajo de los límites de daño económico o de transmisión de ETAS (Enfermedades Transmitidas por Alimentos). A diferencia del control de plagas tradicional, el MIP es un sistema que se adelanta a la incidencia del impacto de las plagas en los procesos productivos. El Manejo Integrado de Plagas se puede realizar a través de un control directo, de un control indirecto o por la combinación de ambos.

El control directo es aquel que actúa sobre las poblaciones de plagas en cualquier estado de desarrollo, provocándole la muerte u otro tipo de alteraciones o daños irreversibles. El control indirecto actúa sobre el medio ambiente de las plagas, convirtiéndolo en un medio hostil o inaccesible. Este control es tan importante como el directo ya que éste último falla a corto o largo plazo si no se aplica el indirecto.

Para comprender mejor a continuación se presentan unos ejemplos:

-Son ejemplos de control directo, los recursos químicos, constituidos por los plaguicidas, o los recursos físicos como las trampas de luz, las trampas de cebo, etc. En cuanto a recursos biológicos tenemos, trampas de feromonas, reguladores de crecimiento, etc.

-Son ejemplos de control indirecto, la aplicación de las BPM y POES, en lo que respecta a aspectos de limpieza y constructivos por ejemplo en lo que se refiere a ventilación, puertas y ventanas con cerramientos de protección o tela mosquitero, y con respecto a las rutinas y procedimientos, lo referente a manejo de residuos, efluentes, ingreso y egreso de mercadería, insumos y productos, etc. Aquí juega un rol muy importante la capacitación y concientización del personal respecto a la importancia del mantenimiento del orden y la limpieza para evitar el desarrollo de las plagas en el establecimiento.

-Elementos alternativos en el control indirecto pueden ser los repelentes, el ultrasonido, las cortinas de aire, trampas adhesivas, trampas para captura de vivos, trampas de luz, trampas mecánicas, etc.

Para garantizar la inocuidad de los alimentos, es fundamental protegerlos de la incidencia de las plagas mediante un adecuado manejo de las mismas además y si ya existen tiene como finalidad reducir las poblaciones a niveles lo más cercanos posible a cero. El MIP es un sistema que permite una importante interrelación con otros sistemas de gestión y constituye un prerrequisito fundamental para la implementación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control³² (HACCP, según su sigla en inglés). (Ver Módulo 9. Breve Introducción al HACCP e ISO 22000).

Dentro de la industria transformadora, los canales de distribución y los consumidores intermedios, las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son el primer escalón hacia el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos. Buena parte de las BPM se asientan sobre procedimientos estandarizados dentro de los cuales se destaca el MIP. Este camino continúa con la implementación del sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), importantísimo a la hora de lograr alimentos saludables y seguros para los consumidores. El MIP como prerrequisito del sistema HACCP consiste en realizar tareas en forma racional, continua, preventiva y organizada para brindar una mayor seguridad en la inocuidad de los

alimentos, mejorar la calidad de los mismos, disminuir las pérdidas por productos alterados, y lograr un sistema de registro del programa implementado para mejorar de manera continua su gestión.

Si bien el diseño, la puesta en marcha y la verificación de la evolución de un programa MIP es fundamental para la industria alimentaria, el mismo debe estar acompañado del diseño de registros de cada una de las tareas que se desarrollen en los distintos sectores del establecimiento.

Esta documentación es sumamente importante para registrar el tipo de operaciones realizadas, los productos utilizados y las capturas producidas en cada uno de los sectores del establecimiento. Con la obtención de esta información, se podrán generar cuadros estadísticos, los cuales permitirán validar el programa implementado, logrando un mayor control sobre el sistema y generando una base de consulta a la hora de auditorías y verificaciones.

11. Infraestructura del rastro

Los principales elementos participantes en la problemática de plagas en una industria: infraestructura, materia prima, y proceso de manufactura.

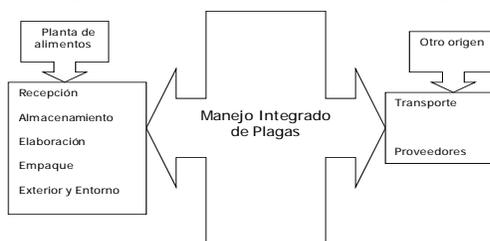
Previo a la toma de decisiones respecto al tratamiento a aplicar se debe realizar una recopilación de datos como son: características del lugar, plagas más frecuentes, tipo y características de los alimentos que se elaboran, procesan o fraccionan en el lugar, tratamientos aplicados hasta la fecha, etc. Enseguida se debe realizar una inspección interna, perimetral y de los alrededores de la instalación. Por lo tanto, los componentes a tener en cuenta son: recursos del medio, reproducción, enemigos naturales, clima y factores humanos.

Respecto de los recursos del medio tienen que ver con el albergue de las plagas y su alimentación. La reproducción con respecto a: ciclos anuales, cantidad de progenie², etc. Los enemigos naturales son: los predadores, parásitos, patógenos y agresores. El clima puede restringir o aumentar las plagas que se ven en general favorecidas por altas temperaturas, humedad, etc. Todos estos factores se combinan con los factores humanos.

El MIP constituye una actividad que debe aplicarse a todos los sectores internos y externos de la establecimiento, que incluyen las zonas aledañas a la misma, la zona de recepción de animales o materia prima en el caso de producir un producto cárnico, de elaboración, de empaque y almacenes, la zona de vestidores, cocinas y baños de personal.

Al mismo tiempo, deben tenerse en cuenta otros aspectos fundamentales donde pueden originarse problemas, como por ejemplo, los medios de transporte (desde y hacia la establecimiento) y las instalaciones o depósitos de los proveedores. Recordemos que los insectos y/o roedores no se generan de la nada, sino que llegan a los establecimientos ingresando a las mismas desde el exterior, o bien con mercaderías o insumos desde los depósitos de los proveedores o a través de los vehículos de transporte.

Imagen 3. Manejo Integrado de Plagas ³⁶



11.1 Exterior y Entorno

Aunque parezca obvio debemos recalcar que debe ser una zona limpia y ordenada ya que es de suma importancia que los alrededores perimetrales del establecimiento se encuentren libres de cualquier tipo de residuos, basurales, depósito de chatarra, charcos, agua estancada y malezas.

Los alrededores deben lucir en buenas condiciones de limpieza y orden, el pasto o césped que rodea al establecimiento debe estar cortado, todo esto evita la acumulación de plagas en los alrededores de la establecimiento. Todo lo que se refiera a manejo de desperdicios y de la basura tiene que realizarse de forma tal que permanezcan en el establecimiento el menor tiempo posible. Los drenajes también deben ser inspeccionados con frecuencia (por lo menos semanalmente) ya que se constituyen en refugio de plagas, como roedores. ³⁶

² Descendencia; producto de la reproducción o la replicación

11.2 Interior

En el interior del establecimiento hay que controlar e inspeccionar todo lo referente en cuanto a grietas y rajaduras en paredes y pisos, éstas no deben existir, deben estar muy bien selladas si es que las hay. En el caso de los techos debemos evitar las goteras y la condensación ya que pueden ser un área de refugio para plagas. Los drenajes deben estar siempre limpios, no debe haber olores de descomposición en el establecimiento, si existen estos olores, significa que en los desagües hay acumulación de materia orgánica y esto constituye alimento para las plagas. Las puertas deben cerrar bien y tener mosquitero en perfecto estado. Las ventanas deben ser fijas, y si abren deben ser corredizas y tener tela mosquitero en perfecto estado de conservación.

La instalación eléctrica debe ser inspeccionada, evitando cables sueltos y cajas de luz sobre las paredes. Estas de no estar empotradas deben estar distantes de las paredes para evitar la acumulación de suciedad y el refugio de plagas.

Los sitios destinados al almacenaje, tanto de materias primas como de producto terminado, son lugares apropiados para el escondite de plagas, por lo tanto es importante mantenerlos ordenados, con la mercadería correctamente apilada en tarimas fáciles de limpiar e inspeccionar, separada de las paredes formando un pasillo por el que pueda pasar la persona encargada de la inspección. Si existe producto derramado, o materias primas desparramadas por los pisos es necesario limpiar inmediatamente. Cuando una plaga accede al interior las medidas a tomar son siempre de erradicación.

La prevención es desde el exterior, cuanto más eficiente sea ésta menos trabajo en el combate se tendrá en el interior y además se evita el uso y manipulación de cualquier tipo de plaguicida en el interior del establecimiento que siempre se constituyen en un peligro no sólo desde el punto de vista de la posible contaminación de los alimentos sino también de los peligros que ocasiona al personal.

Si ocurre esto último se debe ser sumamente cauteloso y cuidadoso de los métodos de combate a aplicar, cómo aplicarlos, en qué momento, dónde y quién será él o los encargados de realizar dicha tarea. Suele ocurrir que aunque se tomen las precauciones más extremas muchas veces ciertas plagas pueden acceder al interior del establecimiento escondidas entre bolsas u otro tipo de embalajes de los distintos insumos o materias primas.

12. Principales plagas en la industria alimentaria

El ambiente que se genera dentro y fuera de la industria alimentaria favorable para que se creen hábitats en los que interactúan las diferentes especies biológicas, generando factores de riesgo tanto para la producción como para la economía del establecimiento, lo que aumenta sus costos de producción, por pérdida de la materia prima o producto final consumido, sino por el deterioro que las plagas a los mismos.³⁸

Las principales plagas presentes en la industria de alimentos, desde su producción primaria hasta su comercialización, son los roedores e insectos, cuyas características principales se resumen a continuación.

12.1 Roedores

Su rasgo anatómico más característico es la dentadura, los roedores poseen dos grandes incisivos encorvados en la mandíbula superior y dos en la mandíbula inferior que están separados de los restantes dientes por un espacio desdentado. Roen principalmente con los incisivos inferiores, mientras los incisivos superiores sirven para mantener la cabeza en posición. La forma y el tamaño de las señales de dientes proporciona una pista para identificar a la especie que queremos controlar.

Los roedores comprenden alrededor de la tercera parte de todas las especies de mamíferos existentes, e incluyen varias de la plaga más graves para el hombre.

Las ratas y los ratones pertenecen a la familia de los múridos, y sus principales especies, son: ratón doméstico (*Mus músculos*), rata noruega (*Rattus norvegicus*), rata negra o de techo (*Rattus rattus*) y rata de campo (*Sigmodon hispidus*).^{44,45}

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LOS ROEDORES

	Rattus Norvegicus	Rattus rattus	Mus musculus
Cuerpo	Grueso, pesado, hocico achatado.	Delgado, liviano, hocico puntiagudo.	Pequeño, delgado.
Peso	250-500 g	150-340 g	15-30 g
Cola	Bicolor, más corta que la cabeza y el cuerpo juntos.	Más larga que la cabeza y el cuerpo juntos.	Semiplana, casi tan larga como la cabeza y el cuerpo juntos.
Orejas	Pequeñas, poco separadas de la cabeza, cubiertas con pelo fino.	Largas y prominentes.	Prominentes.
Largo total	325-460 mm	340-455 mm	150-190 mm
Patas traseras	Miden 40 mm desde el talón a la punta del dedo más largo.	Miden 40 mm desde el talón a la punta del dedo más largo.	Miden 20 mm desde el talón a la punta del dedo.
Actividad	No trepa.	Muy trepadora.	Trepador.
Excrementos	Grandes, 2 cm, en forma de cápsula.	De tamaño mediano, hasta 1.5 cm de largo y fusiforme.	Pequeños, entre 0.3 a 0.5 cm de largo y en forma de bastón.
Madurez sexual	A partir de 3 a 5 meses de edad.	A partir de 3 a 5 meses de edad.	Al 1.5 mes de edad.
Gestación	Promedio de 22 días.	Promedio de 22 días.	Promedio de 19 días.
Camadas por año	De 3 a 6.	De 3 a 6.	De 7 a 8.
Tamaño de la camada	Un promedio de 7 a 8.	Un promedio de 7 a 8.	Un promedio de 7 a 8.
Madrigueras	Al nivel de suelo, debajo de los edificios, en las alcantarillas y basureros.	Suelen trepar por los árboles. Raramente en madrigueras.	En cualquier lugar, en paredes, armarios, enseres abandonados.
Radio de acción	30-45 m	30-45 m	3-10 m<>
Alimentos	Es omnívora; su alimentación es polivalente, aunque prefiere los cereales. Requiere 30 g de alimento diario y 15-30 ml de agua.	Es omnívora pero prefiere verduras, frutas y granos. Necesita 15-30 g de alimento sólido y 15 ml de agua.	Es omnívoro, prefiere los granos. Requiere 3 g de alimento sólido y muy poca agua.

12.1.1 Rata común (*Rattus Norvegicus*)

La rata común es un roedor parásito que suele vivir generalmente en el suelo, en madrigueras o en las redes de alcantarillado, y se desplaza al interior de los edificios en busca de alimentos, ya que su radio de acción en cuanto a movimientos es bastante amplio. Esta especie puede alcanzar gran tamaño: algunos ejemplares llegan a ½ kilogramo de peso. Como todos los roedores, las ratas son muy prolíficas y se reproducen con gran facilidad.^{44,45}

Características reproductoras.

- Periodo de gestación: 3 semanas
- Núm. Camadas al año: 3-6
- Tamaño medio de la camada: 7-8 crías
- Período desde el nacimiento hasta la madurez sexual: 12 semanas

- Potencial de reproducción a partir de una pareja por año: 200 individuos.



Las ratas son omnívoras, es decir, pueden consumir cualquier tipo de alimento. La rata común necesita ingerir unos 30 gramos de alimento sólido y unos 60 gramos de líquido al día; de donde se deduce que una infestación produce graves pérdidas económicas.

La actividad es generalmente nocturna, ya que las ratas se orientan bien en la oscuridad. La rata común suele seguir rutas previamente exploradas y aprendidas. Si las condiciones le son favorables, con refugios, alimentos y humedad suficientes, estos roedores se reproducen rápidamente.

El control de esta especie es importante no sólo por las pérdidas económicas que pueden ocasionar como consecuencias de contaminaciones y daños en productos almacenados sino por la posibilidad de transmisión de enfermedades graves: infecciones intestinales (*Leptospirosis*), la peste (transmitida por la pulga de la rata) y el tifus (trasmitida por el piojo de la rata).

12.1.2 Rata Negra (*Rattus Rattus*)

Se denomina también "rata de barco", ya que esta especie actualmente se encuentra limitada casi exclusivamente a las áreas costeras de los países, y suelen vivir en zonas portuarias, por lo que es frecuente que se introduzca en los barcos al cargar en ellos alguna mercancía infestada por estos roedores.

^{44,45}

<p>Características reproductoras.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Periodo de gestación: 3 semanas ▪ Núm. Camadas al año: 3-6 ▪ Tamaño medio de la camada: 5-10 crías ▪ Período desde el nacimiento hasta la madurez sexual: 12 – 16 semanas ▪ Potencial de reproducción a partir de una pareja por año: 200 individuos. 	
--	---

Es una rata más pequeña que la rata común; con el cuerpo delgado, el hocico puntiagudo, grandes orejas y una cola más larga que el cuerpo. Esta especie es muy ágil y puede trepar con facilidad, moviéndose generalmente por las partes más altas de los edificios, deslizándose sobre las vigas y otras estructuras, y utilizando a menudo árboles y cableados eléctricos para acceder al interior de los mismos, donde pueden anidar. Una vez dentro de los edificios, su radio de acción es más amplio.

Esta especie resulta más difícil de controlar que la rata común debido a su conducta errática.

Se debe tener en cuenta que existen varias subespecies de *Rattus Rattus* con colores variados, por lo que este carácter no puede ser considerado a la hora de identificarlas:

12.1.3 Ratón casero (*Mus Musculus*)

Los ratones son pequeños roedores de color gris, que suelen vivir en el interior de viviendas y locales. Los ratones caseros alcanzan su madurez sexual muy pronto y son muy prolíficos.⁴⁴

<p>Características reproductoras.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Periodo de gestación: 3 semanas ▪ Núm. Camadas al año: 7-8 ▪ Tamaño medio de la camada: 4-16 crías ▪ Período desde el nacimiento hasta la madurez sexual: 8-10 semanas <p>Potencial de reproducción a partir de una pareja por año: 2.000 individuos.</p>	
---	---

Como todos los otros roedores, esta especie es omnívoro y puede consumir cualquier tipo de alimento. Ingieren sólo unos 3 gramos de alimento diariamente, pero en sucesivas tomas de pequeñas cantidades, realizadas en puntos diferentes; con lo que los daños que pueden producir son enormes aún cuando la infestación no sea muy grave en cuanto al número de individuos. Son más activos durante la noche. Suelen hacer los nidos en el suelo o viven en madrigueras, pero a veces trepan y aprovechan los huecos de las paredes, cartonajes de productos almacenados, etc. El crecimiento de las poblaciones está limitado por factores de refugios, alimentos y humedad disponibles. En el caso de que las condiciones sean favorables, debido a la falta de higiene en los locales o mala disposición de almacenes principalmente, se reproducirán con rapidez, con lo que las contaminaciones de productos por orinas y heces serán frecuentes, con la posibilidad de transmisión de enfermedades tales como infecciones intestinales (los ratones son portadores de salmonellas), produciendo además grandes pérdidas económicas, lo que hace que el control de este tipo de roedor parásito sea muy importante.⁴⁵

12.1.4. Técnicas de control

En el control de roedores es fundamental descubrir cual es el punto de entrada del roedor. Esto puede parecer relativamente sencillo, pero no siempre es así. En muchas ocasiones existe un elevado número de candidatos a ser puntos de entrada o, misteriosamente, no hay ninguno. A veces el punto de entrada es muy claro, pero es extremadamente difícil determinar donde anidan o las zonas por las que se mueven. De esta manera se entiende que una desratización no consista solamente en distribuir raticida de forma más o menos inteligente, sino que necesita un operario que mantenga la atención sobre todo lo que le rodea, para descubrir agujeros que pueden estar siendo utilizados por los roedores. Por ejemplo un agujero en una pared puede ser una entrada de ratas, si hay o no telarañas, en ese lugar nos indicará un posible paso de roedores.⁴⁵

Con respecto a los cebos exteriores, es importante usar sólo los raticidas autorizados para ese uso y en las condiciones que marca el fabricante. Se localizarán en dispositivos específicos que garanticen la debida eficacia contra los roedores y protección, con objeto de evitar el acceso a los mismos de animales que no son el objetivo y de personas (niños), así como para proteger el rodenticida de las inclemencias meteorológicas.

De manera preventiva, es necesario abordar la eliminación de malas hierbas, escombros, proliferación de vegetación y otras condiciones que contribuyan a la supervivencia de los roedores. Los botes de basura deben limpiarse regularmente, los de dentro y los de fuera de la instalación. En el interior de las dependencias, los puntos de entrada son los de mayor interés, por ser considerados de alto riesgo, y debe prestarse especial atención al tipo de cebos tóxicos seleccionados para estas zonas. Los cebos deben estar situados en dispositivos herméticos que únicamente permitan el acceso de entrada y salida del roedor.

Métodos para combatir los roedores

Pueden usarse cebos (en paquetes granulados) dispuestos sobre bandejas especiales y señalizadas para tratar zonas inaccesibles o fuera del acceso normal, pero no deben ser esparcidos indiscriminadamente por la instalación.

Entre los métodos no químicos de control se incluyen dos tipos de trampas: las viscosas (de adherencia) y las de golpe seco o atrapamiento que, si bien tienen un carácter puntual en operaciones de desratización, pueden alcanzar importancia en ciertos edificios. Se situarán en la trayectoria de los roedores (junto a las paredes), con objeto de asegurar su eficacia, y deben ser revisadas diariamente, al menos durante dos semanas para evaluar la situación y en su caso definir actuaciones de otra naturaleza, bien de tipo preventivo (pasivo) o químico (rodenticidas).^{44,45}



12.2 Insectos

Los insectos son animales pequeños que por lo general tienen un par de antenas en la cabeza, tres pares de patas en el tórax y uno o dos pares de alas en su etapa adulta. Muchos insectos tienen dos pares de alas; algunos pueden volar y otros no. Todos los insectos tienen el cuerpo dividido en tres partes: cabeza (parte anterior), tórax (parte media) y abdomen (parte trasera o posterior). Las patas y las alas están adheridas al tórax. Los insectos no tienen huesos y las partes suaves de su cuerpo están protegidas por un armazón duro llamado exoesqueleto.

Los insectos muerden, raspan o mastican el alimento usando sus mandíbulas. Tienen una longitud de 2 a 20 mm de largo.

La mayoría de los insectos nacen de huevecillos, después pasan a una fase llamada larva, luego a otra llamada pupa y finalmente llegan al estado de adulto.

Cada insecto hembra puede ovipositar una gran cantidad de huevecillos. Algunas hembras ponen cientos de ellos y cada uno de estos se puede transformar en un nuevo adulto. Los insectos ponen sus huevecillos tanto en el grano almacenado como en el que está en el campo, dependiendo del tipo de insecto.

La mayor parte de los artrópodos son Hexápodos, conocidos vulgarmente como Insectos, aunque hoy ambos términos no son idénticos. Aquí, sin embargo, los utilizamos como sinónimos. Los artrópodos, comprenden las especies que están asociadas con las plagas en general y las que interfieren con los sistemas productivos y el hábitat humano.

12.2.1 Moscas

Hay más de 90.000 especies de moscas en el mundo, pero hay investigaciones que han demostrado que algunas de ellas pueden transportar y diseminar a gran variedad de patógenos causantes de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA). Los pelos que cubren el cuerpo de las moscas son ideales para el transporte de varios tipos de microorganismos, y sus hábitos alimentarios (que a menudo incluyen vómitos durante el proceso de alimentación) hacen que estos insectos sean indeseables en las áreas de procesamiento de alimentos.

Algunas de las moscas que tienen las características necesarias para diseminar patógenos en los alimentos son: moscas caseras (*Musca domestica*, *Fannia canicularis*); moscas de las letrinas (*Fannia scalaris*, *Chrysomya megacephala*); moscas verdes y azules (*Cynomyopsis cadaverina*, *Calliphora vomitoria*, *C. vicina*) y moscas de la fruta o del vinagre (*Drosophila spp.*).

Son particularmente preocupantes recientes hallazgos científicos que involucran a las moscas como potenciales contribuyentes a la ocurrencia de brotes de una grave enfermedad causada por *Escherichia coli* O157:H7 presente en carnes o en frutas.

12.2.1.1 Ciclo de vida

El ciclo biológico de la mosca se puede resumir en: Huevo-Larva-Pupa-Adulto.

Los **huevos** se depositan en materia orgánica, incluyendo abono animal, que tiene olores atrayentes y una humedad entre 40 y 70%. El huevo es blanco, ovalado y de 1 mm de longitud.

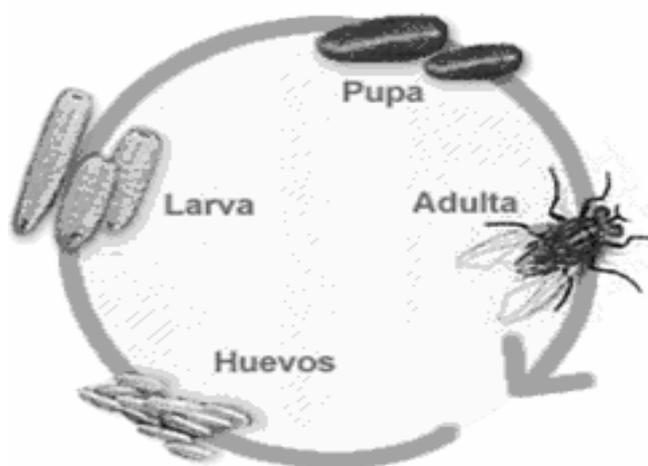
Las **larvas**, llamadas vulgarmente gusanos, necesitan de esta humedad para vivir. La detección de los lugares adecuados, alrededor de las viviendas y establecimientos alimenticios es importantísima. La larva es cilíndrica, pero coniforme en uno de sus extremos y de color blanco; hay tres estadios de larva.

La **Pupa** es el estado en el que la larva se transforma en adulto.

Su ciclo de vida tiene 4 estadios: huevo, larva, pupa y adulto, y tarda en completarse unas 3 semanas en condiciones favorables. La pupa o crisálida es un estadio de reposo.

Los insectos adultos se aparean 2-20 días después de haber emergido y pueden vivir aproximadamente 1 mes; las hembras ponen en total alrededor de 500 huevos, en grupos de 2-7 huevos, 4 días después del apareamiento.

Imagen 3. Ciclo de Vida de la Mosca Domestica, el ciclo entero puede completarse entre 8 y 20 días



12.2.1.2 Hábitat y comportamiento

Se reproduce en estiércol, excretas de seres humanos, basura, aguas residuales, residuos vegetales y otras materias orgánicas en descomposición.

Durante el día se la encuentra cerca de sus fuentes de alimento y de los lugares de reproducción. Durante la noche descansa en los cielos rasos, en la parte superior de las paredes, en cables, cordeles, bordes y superficies en general y especialmente en las que son ásperas. Como alimentos humanos, basura, excretas y material animal y vegetal en descomposición. Transmite mecánicamente disentería, diarrea, fiebre tifoidea, cólera, lepra, poliomieltis y lombrices parásitas; también puede causar infecciones cutáneas.

Deja sobre los alimentos y los platos excrementos que pueden contaminar la comida.

Las moscas son vectores de enfermedades como salmonellosis, cólera, disentería, además de ser un molesto compañero alterando la tranquilidad de los animales de producción, no permitiéndoles alimentarse o bajando la calidad de los productos que se elaboran. Es por lo cual y por otras muchas razones que su control se debe basar en el control físico-químico de larvas y de adultos. Ya que el potencial de supervivencia de la mosca está dado por su gran capacidad de reproducción, en una temporada puede llegar a 12 generaciones. Por lo tanto es aconsejable que los controles se inicien lo más temprano posible, siempre teniendo en cuenta las condiciones ambientales reinantes y la localización de los lugares de cría para la aplicación de los larvicidas en el período de control de larvas. El secreto es matarlas antes de que alcancen el estado reproductivo.

12.2.1.3 Técnicas de control

En el control de adultos la tendencia mundial es la utilización de diversas formulaciones y productos en varios puntos del lugar donde se debe efectuar el control. Esta estrategia tiene el fin de evitar la aparición de resistencia en insectos, un fenómeno muy común en este insecto.

Método

Un ejemplo de estrategia de control de moscas es el plan de cebos en los lugares frecuentados por estas plagas, aplicación de larvicidas en exteriores y aerosoles en interiores.

Los establecimientos destinados a la elaboración de alimentos deben extremar las medidas físicas para el ingreso de este insecto: sistemas de doble puerta, cortinas, telas mosquiteras, cortinas de aire, colocación de tapas en los recipientes donde se acumulan desechos.

Para su control se deben utilizar insecticidas con o sin acción residual dentro de fábricas, salas de trabajo, en aerosoles, nebulización en frío o caliente. En los corrales y construcciones para animales deben rociarse las paredes, cielos rasos y ventanas con insecticidas residuales. En los sitios donde se procesan o almacenan alimentos, debe prestarse primordial atención de no contaminar alimentos al aplicar insecticidas para el control de moscas.

12.3 Cucarachas

Entre las 3,500 o más especies de cucarachas existentes en el mundo, hay cuatro: la cucaracha americana (*Periplaneta americana*), las marrón con bandas (*Supella longipalpa*), la cucaracha alemana (*Blattella germanica*) y la oriental (*Blatta orientalis*), que son conocidas diseminadoras de patógenos en los alimentos. Son de alimentación omnívora (comen de todo), pero tienen especial preferencia por excrementos, basuras y desperdicios, materia orgánica en descomposición y alimentos humanos.

Las cucarachas son importantes plagas porque: pueden contaminar productos alimenticios, utensilios de cocina y las superficies de elaboración; pueden molestar o causar temor a las personas; tienen un olor particularmente desagradable; están asociadas a reacciones alérgicas; pueden morder y están asociadas a la transmisión de numerosas enfermedades.

Se han aislado unas 40 especies de bacterias patógenas naturalmente presentes en cucarachas. Entre las enfermedades asociadas a cucarachas podemos mencionar: *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus spp.* y muchos otros microorganismos (helmintos, virus, hongos, protozoarios, etc).

Una cucaracha, con un solo bocado, puede levantar un patógeno, retenerlo en su cuerpo, especialmente en su intestino grueso (colon) durante unos 14 a 16 días y luego liberarlo al ambiente con sus heces. La bacteria *Salmonella spp.* ha mostrado poder sobrevivir en la materia fecal de cucarachas durante 4.24 años en galletitas, 3.63 años sobre vidrio y 3.5 años en hojuelas de maíz.

12.3.1.1 Técnicas de control

Desde hace unos cuantos años se han ido ahondando los conocimientos en la biología y en el comportamiento de los insectos. Bien es sabido que los insectos utilizan el "olfato" con diversos fines, pero los "olores" que entran en juego constituyen un complejo sistema de formación-emisión-captación de sustancias que actúan como mensajeros químicos indicando circunstancias que determinan distintas actividades o acciones realizadas por los insectos, ya sea en forma colectiva como individual.⁷

Los insectos producen sustancias que actúan como señales o marcadores químicos, o como gatillos desencadenantes de determinados comportamientos en insectos de una misma especie.

Métodos

Esos mensajeros químicos, olores o aromas altamente especializados, han sido denominados feromonas y se definen como: " *Sustancias complejas sintetizadas por los insectos en forma específica con fines de reproducción, para indicar alarma, para señalar territorios o caminos hacia donde se encuentran los refugios o fuentes de alimentación, de reconocimiento de individuos de una misma especie o de una misma colonia*".

La identificación, síntesis y utilización de tales sustancias ha sido motivo de gran interés de los científicos. Las feromonas se han mostrado como nuevas y muy útiles herramientas en el control de plagas de insectos. Con ellas por ejemplo, es posible confundir a los machos de una especie haciendo que liberen el esperma en cualquier sitio, también pueden ser atraídos hacia una fuente de alimento conteniendo un insecticida o solo quedar atrapados en un material pegajoso, en este último caso sirven para determinar especies y para monitoreo de poblaciones.

Actualmente los progresos han sido muy positivos y se han logrado mejorar las técnicas de monitoreo y control de muchas especies de insectos dañinos de gran importancia económica.

El uso de **trampas de feromonas** no solo permite mejorar los trabajos de monitoreo ante un problema real o presunto de una infestación de cucarachas, sino que facilita la obtención de buenos niveles de control, sobre todo en infestaciones incipientes, o después de la fase de ataque o tratamiento intensivo de control de una población importante de *Blatella ya establecida*. La feromona de agregación para cucarachas ejerce su atracción sobre machos, hembras y ninfas de todos los tamaños por igual y se ha comprobado que una trampa pegamentosa con feromona es por lo menos tres veces más efectiva que otras sin feromonas.

Por otra parte es mucha y muy valiosa la información que podemos obtener de estos dispositivos de monitoreo y control. En primer lugar podemos identificar las especies infestantes. Luego es posible determinar los refugios desde donde las cucarachas se desplazan, efectivamente si se observa que hay cucarachas solamente en una de las entradas de la trampa, el refugio ha de estar en esa dirección. Cuando hay capturas en varios lados de la trampa, se está ante indicios de la presencia de numerosos refugios a su alrededor.

Dentro de los *beneficios* del uso de trampas de feromonas podemos encontrar que estas trampas permiten detectar a las cucarachas que pueden haber pasado inadvertidas en la inspección con otros métodos de detección (sin feromonas), además de que permite eliminar cucarachas sin utilizar insecticidas, por lo cual son aptas para programas de MIP en industrias alimentarias, cocinas, hospitales y otros sitios de alta sensibilidad. En conclusión, las trampas de feromonas son una excelente herramienta de monitoreo y control cuando se implementan programas de MIP dentro del marco del HACCP (control de los puntos críticos de riesgo) en industrias alimentarias. (Ver Módulo 9. Breve Introducción a HACCP e ISO 22000).

Actualmente, existe otra opción y estas son las **técnicas de control no tóxicas** (sin utilizar pesticidas químicos) y procedimientos alternativos de baja toxicidad. Las trampas para monitoreo o para control de cucarachas constituyen un importante aporte en todo programa de MIP, con ellas es posible determinar los sitios específicos de refugio, permitiendo una menor utilización de insecticidas pero no son útiles como elementos directos de control pues por sí solas no alcanzan a solucionar un problema de cucarachas.

Tanto las trampas para control de cucarachas como las de monitoreo pueden ser utilizadas en los comienzos de una infestación. Facilitan la identificación del problema antes de llegar a una situación crítica. También son de gran utilidad para monitoreo de lugares donde es muy difícil realizar inspecciones, como suele ocurrir dentro de los equipos y máquinas que pueden encontrarse en establecimientos de procesamiento de alimentos.

Normalmente las trampas para monitoreo son de medidas reducidas y permiten determinar la presencia o ausencia de cucarachas en un determinado sitio, o la actividad de estos insectos entre dos tratamientos. Por otra parte, para tener un efecto de control, se utilizan trampas de mayores dimensiones e, inclusive, de diferente diseño. Los modelos existentes son realizados tomando en cuenta el comportamiento de los insectos y las condiciones de los sitios donde van a ser utilizadas para brindar una máxima duración y muchas capturas.

12.4 Hormigas

Con unas 14.000 especies de hormigas conocidas, tarde o temprano alguna de ellas encontrará el camino para entrar. Así por ejemplo la hormiga faraón, *Monomorium pharaonis*, es conocida como portadora y transmisora mecánica de unos 20 microorganismos oportunistas de importancia médica entre los que se

encuentran: *Bordetella bronchiseptica*, *Clostridium spp.*, *Klebsiella spp.*, *Neisseria sicca*, *Proteus spp*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, etc.

Es notable que algunas de estas bacterias patógenas puedan permanecer viables en las colonias de hormigas durante varios días permitiendo que otras hormigas forrajeras los transfieran en sus cuerpos. Tanto el alimento compartido por las hormigas como el de sus fuentes de alimentación resultarán infestados con numerosas bacterias que luego se multiplicarán en los hormigueros, nuevas hormigas contaminadas saldrán en busca de mas alimento dispersando así cada vez más la infección.

La contaminación que pueden causar diversas especies de hormigas aparece como muy lógica cuando se puede comprender su comportamiento alimentario. Las fuentes de alimentación de las hormigas pueden ser: aves, roedores o insectos muertos; piel humana; melaza secretada por insectos chupadores (cochinillas, pulgones, moscas blancas) y todo tipo de alimento que encuentren disponible (en el suelo, armarios, cajones, basuras, etc.) Las fuentes de agua y de otros líquidos normalmente disponibles para las hormigas son los drenajes, aguas estancadas, sangre, y otros líquidos derramados o presentes en diversos recipientes, piletas, e etc.

12.4.1.1 Técnicas de control

Los expertos no coinciden a la hora de apuntar el proceso más conveniente para la desaparición de estas concentraciones de insectos. Uno de los métodos es, de forma similar al tratamiento contra ratas y ratones, la utilización de sustancias venenosas de acción retardada, que las hormigas obreras introducen en el interior de su colonia. El problema radica en que cada tipo de hormiga tiene unas preferencias alimenticias y que dentro de un mismo tipo los hábitos pueden cambiar incluso varias veces a lo largo de una única semana. Es por ello que lo que resulta verdaderamente difícil es la elección del soporte adecuado. Entre las técnicas más novedosas está la utilización de microcápsulas con un complemento activo en su interior que, por contacto, extingue la vida de las hormigas. Estas cápsulas microscópicas quedan suspendidas en el aire después de haber sido pulverizadas y se abren debido a condiciones atmosféricas de humedad o a cambios bruscos de temperatura.

12.5 Aves

Se consideran como fauna nociva por las grandes cantidades de grano que consumen, porque contaminan los productos, contenedores y edificios con sus heces, nidos, plumas. Las más comunes son las palomas y los gorriones. En lo referente a las enfermedades, las plagas actúan como vectores de las mismas. Son capaces de llevar consigo agentes tales como bacterias, virus y protozoos. Estos son los auténticos responsables de un sin número de afecciones tanto en el hombre como en los animales. Dentro de los **ectoparásitos** que portan las aves encontramos a la chinche del nido de la paloma (*Cimex columbarius*), Garrapata de la paloma (*Argas relexus*), Mosca de la paloma (*Pseudolynchia canariensis*), Pulga de la gallina (*Ceratophyllus ciata*), Pulga (*Ceratophyllus columbae*), Chinche de la nariz cónica (*Triatoma tubrofasciata*), Acaro rojo de la gallina (*Dermanissus gallinae*), entre otros.

A diferencia de los insectos y los roedores, las aves están consideradas por la mayoría de las personas como animales beneficiosos, pero desafortunadamente, las aves también tienen aspectos negativos cuando se asocian muy cercanamente con la gente. Ciertas especies de aves, frecuentemente son molestas o plagas capaces de transmitir enfermedades, contaminar nuestros alimentos y dañar nuestras estructuras. Como plagas que pueden llegar a afectar a la salud pública, las aves pueden reservar organismos patógenos que pueden afectar a la gente y animales domésticos. Sin embargo las enfermedades directamente atribuibles a estas aves son muy raras, además la incidencia actual de enfermedades transmitidas por las aves, es difícil de calcular, pero, como en los roedores, cuando las aves habitan áreas y edificios conviviendo cercanamente con la gente, el potencial de transmisión de enfermedades es muy real. Dentro de las enfermedades que pueden provocar las aves en general encontramos: Histoplasmosis (ver glosario), Ornitosis, Salmonelosis, Gastroenteritis transmisible, Criptococosis, entre otras.

Las aves que en principio pueden considerarse plaga son: **Palomas, Gorriones, pichones, golondrinas.**

12.5.1.1 Técnicas de control de aves

El Control de Aves es un tema complejo y especializado. Las aves son móviles adaptables y persistentes y por lo tanto difíciles de controlar. Si no se emplean los medios adecuados para cada situación se puede fracasar. Es necesario planificar los trabajos muy bien, con suficiente tiempo de antelación para poder saber que tipo de equipos se necesitan y poder obtenerlos, así poder presupuestar el trabajo entero y obtener un

buen resultado, ya que si se falla en un tratamiento contra aves el volver a instalar andamios, escaladores o grúas puede llegar a ser muy costoso. Una buena inspección previa y una cuidadosa planificación son esenciales para poder garantizar el éxito de cualquier operación de Control o Previsión de Aves.

12.6 Soluciones Generales para el Control de Plagas o Fauna Nociva

La visita de una cucaracha, de una rata o de una población de hormigas, salvo muy raras excepciones, indica que una deficiencia física en las instalaciones ha servido de puerta de acceso del animal a la vivienda. Además, detectar la existencia de un roedor o de una cucaracha (así como de cualquier otro insecto) en un establecimiento que produce alimentos hace suponer, de forma generalizada, que probablemente no se encuentre solo o que esté diseminada por otros puntos cercanos, lo que obliga a actuar inmediatamente para evitar que la plaga pueda extenderse de una forma desproporcionada. Es por ello que, junto al empleo de métodos químicos adecuados para cada caso que traten de erradicar el problema de inmediato, es tan importante o más descubrir el auténtico origen de la plaga, si lo que se busca es una solución a largo plazo y realmente eficaz. Para ello es preciso realizar, en ocasiones, reformas o mejoras de las instalaciones que, con el paso del tiempo, se han ido deteriorando y facilitando el acceso a estos animales. Sólo subsanando el mal estado de una tubería o sustituyendo ese cemento que había perdido fuerza evitaremos que estas plagas vuelvan a instalarse de nuevo en nuestras casas. Incluso, en determinadas ocasiones, lo mejor es efectuar tratamientos preventivos.

En general se debe evitar, como ya se señaló, lugares de asilo y cría en los alrededores del establecimiento, ya sea en zonas aledañas o en el mismo predio exterior. Es necesario mantener el orden y la limpieza en los lugares de disposición de los residuos sólidos y retirarlos con suficiente frecuencia. Así como impedir, en lo posible, su entrada al establecimiento. En el caso de pájaros y moscas resulta relativamente fácil la utilización de mallas para proteger las aberturas. Asimismo, la protección de los desagües con rejillas finas impide el acceso a los roedores por esa vía. Y finalmente, mantener en el interior de los depósitos y de todo el establecimiento el orden y la limpieza, de tal manera que las plagas carezcan de lugares donde anidar o esconderse.

Además, con frecuencia, será necesario un plan de revisión cuidadosa de las instalaciones a fin de detectar deterioros que posibiliten el acceso o el refugio de las plagas, los que, en caso de ser encontrados, deben repararse de inmediato.

NO se debe permitir el acceso a perros o gatos al interior del establecimiento, depósitos, etc. ya que ellos también contaminan las instalaciones, los materiales de empaque, etc.

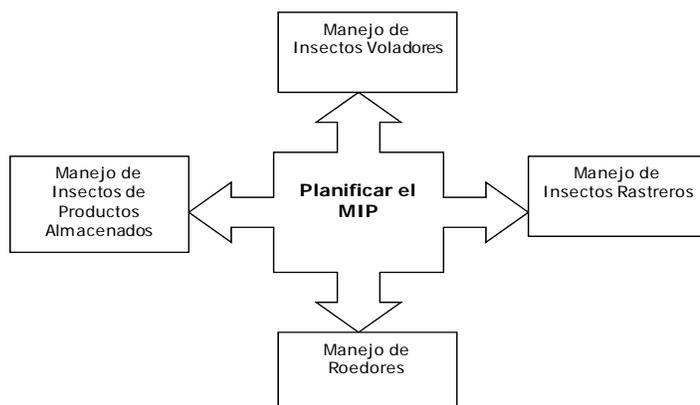
Si a pesar de las precauciones y medidas indicadas se hace necesario combatir alguna plaga en el interior o exterior del establecimiento, la utilización de plaguicidas debe hacerse bajo estrictas normas de seguridad, evitando contaminar los alimentos o sus envases.

Los plaguicidas pueden ser aplicados por personal del establecimiento convenientemente entrenado para ello o por personal externo.

13. Requisitos Básicos

La Industria alimentaria debe contar con un plan de Manejo Integrado de Plagas. El mismo debe ser desarrollado por personal idóneo, capacitado y concientizado para tal fin.

Al implementar un plan MIP se tendrá como objetivo minimizar la presencia de cualquier tipo de plagas en el establecimiento ejerciendo todas las tareas necesarias para garantizar la eliminación de los sitios donde los insectos y roedores puedan anidar y/o alimentarse.



Para lograr un adecuado plan de tareas y un óptimo resultado del mismo, se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Diagnóstico de las instalaciones e identificación de sectores de riesgo.
- 2) Monitoreo.
- 3) Mantenimiento e higiene (control no químico)
- 4) Aplicación de productos (control químico)
- 5) Verificación (control de gestión)

13.1 DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES E IDENTIFICACIÓN DE SECTORES DE RIESGO

En esta etapa inicial, se determinan las plagas presentes, los posibles sectores de ingreso, los potenciales lugares de anidamiento y las fuentes de alimentación, para lo cual es recomendable la confección de un Plano de ubicación, en el cual se localizan los diferentes sectores del rastro y se vuelca esquemáticamente la información relevada.

A modo de ejemplo este diagnóstico puede incluir la inspección de los siguientes:

Como potenciales vías de ingreso se observan: agua estancada, pasto alto, terrenos baldíos, instalaciones vecinas, desagües, rejillas, cañerías, aberturas, ventilación, extractores, mallas anti-insectos, sellos sanitarios, etc.

Como potenciales lugares de anidamiento se observan: grietas, cañerías exteriores, cajas de luz, estructuras colgantes, desagües, piletas, espacios entre equipos, vestidores, etc.

Como potenciales lugares de alimentación se observan: suciedad, desechos, decomisos, productos retenidos, pérdidas de agua, agua estancada, depósitos, etc.

Como signos de las plagas presentes se observa la posible presencia de: en el caso de aves, podrían ser nidos, excrementos; en el caso de insectos, huevos, pupas, excrementos, daños, y en el caso de roedores podrían ser, pisadas, excrementos, pelos, sendas, madrigueras, roeduras, etc.

Esta información se vuelca en el Plano de ubicación a los fines de poder identificar la problemática de las diferentes zonas del rastro. El estudio inicial involucra el chequeo de todos los elementos que existan para el Manejo Integrado de Plagas, confeccionándose un registro de los equipos utilizados. Esta información se suma al Plano, con la ubicación de las trampas de luz, cortinas de aire, cortinas y otras barreras de ingreso.

El registro de estos equipos puede incluir:

- Identificación de los equipos.
- Fecha de instalación de los mismos.
- Frecuencia de monitoreo

13.2 MONITOREO

Los monitoreos son una herramienta sumamente eficaz, ya que registra la presencia o no de plagas, y su evolución en las distintas zonas críticas determinadas.

La población de plagas y los posibles nidos se registran en forma permanente en una planilla diseñada para tal fin. Deben llevarse dos tipos de registros: un registro de aplicación (donde se vuelca la información del control químico) y otro de verificación (donde se vuelca la comprobación de que el monitoreo fue realizado correctamente). Estos chequeos deben ser realizados por distintos responsables, a los fines de garantizar un adecuado contralor.

Los registros deben contener:

- Fecha / Hora
- ¿Qué se está registrando?
- ¿Dónde?
- ¿Quién?
- ¿Cuándo?
- Observaciones
- Medidas Correctivas
- Firma del Responsable

Con los registros del monitoreo y las inspecciones, se fijan umbrales de presencia admisible de plagas dentro del establecimiento, y para cada sector de riesgo en especial.

El plano realizado en el diagnóstico de las instalaciones e identificación de sectores de riesgo se completa con la ubicación de los dispositivos para el monitoreo instalados en el rastro, con los registros de datos de las estaciones de referencias y la identificación de los riesgos. A partir de estos datos se determinan otras acciones para un adecuado manejo de plagas.

13.3 Mantenimiento e Higiene (control no químico)

El plan de mantenimiento e higiene debe ser integral e incluir todas las estrategias para lograr un adecuado manejo de plagas. Se entiende por integral a la implementación del conjunto de operaciones físicas, químicas y de gestión para minimizar la presencia de plagas. Recordemos que los insectos y roedores necesitan ambientes que les provean:

- Aire
- Humedad
- Alimento
- Refugio

Para ello se deben generar acciones correctivas teniendo en cuenta las siguientes medidas.

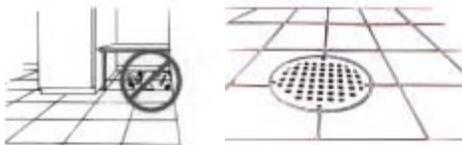
Medidas Preventivas

Son medidas que deben realizarse en forma continua a los fines de minimizar la presencia de plagas.

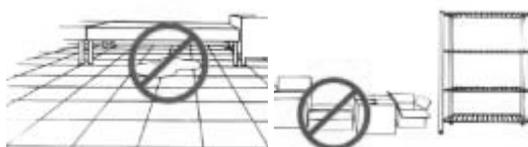


Las mismas consisten en:

- Limpiar todos los restos de comidas en superficies o áreas al finalizar cada día.
- Limpiar la grasa retenida en las zonas de cocina.
- Barrer los suelos, inclusive debajo de las mesadas y las máquinas, especialmente cerca de las paredes.
- Limpiar los desagües.



- Limpiar toda el agua estancada y derrames de bebidas cada noche
- Recoger trapos, delantales, servilletas y manteles sucios. Lavar los elementos de tela con frecuencia.
- No guardar cosas en cajas de cartón y en el suelo. Guardar las cajas en estantes de alambre y en estantes de metal si es posible.



- No depositar la basura en cercanías del establecimiento.
- Mantener cerradas las puertas exteriores. Las puertas que quedan abiertas para la ventilación deben contener un alambrado de tejido fino para evitar el ingreso de insectos voladores.
- Utilizar telas de alambres para las aberturas que dan al exterior.



- Reemplazar las luces blancas por luces amarillas (atraen menos los insectos por la noche) en las entradas de servicio y de distribución.
- No mover los aparatos de lucha contra las plagas instalada por la empresa o grupos dedicados al manejo integral de plagas.
- Comunicar la presencia y ubicación de los insectos al responsable del control de plagas.

Con la aplicación de estas acciones creamos condiciones adversas lo cual dificulta el desarrollo de las distintas plagas.



Además de las medidas de prevención es importantes las medidas de:

Control físico

El control físico está basado en el uso de criterios que permiten generar las mejores acciones de exclusión de las plagas en el establecimiento. Por lo tanto, el personal dedicado al control de plagas deberá generar los informes necesarios para indicar qué tipo de mejoras se deberán realizar en el establecimiento para minimizar la presencia de plagas en el lugar.

El uso de distintos elementos no químicos para la captura de insectos, como por ejemplo las trampas de luz UV para insectos voladores y las trampas de pegamentos para insectos o roedores también son consideradas acciones físicas. Otro tipo de barreras es el control de malezas, pasto, basura que rodeen el establecimiento o caminos de acceso.

13.4 Aplicación del producto (control químico)

13.4.1 Plaguicidas

Antes de aplicar plaguicidas, hay que proteger de la contaminación del alimento y a todos los equipos, utensilios y contenedores que puedan entrar en contacto directo con el mismo² y una vez conocido el tipo de plagas que hay que controlar, se procede a planificar la aplicación de productos. La aplicación debe ser realizada por personal idóneo y capacitado para tal fin el cual puede ser contratado. Es necesario aclarar que la aplicación de cualquier tipo de producto tanto como preventivo o para la erradicación de una plaga debe ser aplicado por personal calificado y responsable para tal fin con equipo de protección adecuado y supervisado por personal que conozca a fondo los riesgos que el uso de estos agentes pueden entrañar para la salud, como así también los residuos que pueden quedar en el lugar o como contaminantes.



La planificación para el uso de productos químicos debe tener en cuenta:

- ¿Que área tratar?

Poner énfasis en los tratamientos de control externos para minimizar aplicaciones en el interior.

- Reglamentación vigente

- ¿Que producto/s aplicar? (principio activo, nombre comercial, banda toxicológica)

Utilizar cebos y geles plaguicidas, leer muy bien la etiqueta, no adquirir productos sin etiquetar, fraccionados, abiertos, o en lugares no especializados.

- ¿Cómo aplicarlo/s?

Seguir estrictamente las indicaciones del fabricante en cuanto a usos, formas de aplicación, manipulación, toxicidad del producto, etc.

- ¿Cada cuánto tiempo aplicarlo?

- ¿Dónde aplicarlo/s?

- ¿Con qué equipo aplicarlo/s?

- ¿Quién es el responsable de la aplicación / es?

- ¿Qué cuidados deben tenerse en cuenta durante el almacenamiento, la preparación y la aplicación de los productos?

Tener en cuenta la rotación de productos para reducir la resistencia a plaguicidas.

- ¿Qué debe hacerse con los envases vacíos?
- ¿Qué tareas de mantenimiento deben realizarse a los equipos?
- ¿Qué medidas correctivas se prevén para los derrames?
- ¿Qué medidas correctivas se prevén por intoxicaciones, y quién es el responsable en la establecimiento?
- ¿Qué medidas correctivas se prevén ante la contaminación de alimentos o producto terminados, quién es el responsable en la establecimiento?

Se debe contar con documentación en la que conste el listado de productos a utilizar con su correspondiente instructivo, el cual indicará el nombre comercial de cada uno de ellos, el principio activo, indicaciones del fabricante en cuanto a usos, formas de aplicación, manipulación, toxicidad del producto, dosificación y que sean productos aprobados que cuenten con registro de **CICOPLAFEST** [<http://www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/>] en México, así como también **EPA, FDA** y **USDA** en EUA.

13.4.2 Normatividad Mexicana

Actualmente, la **CICOPLAFEST** (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas) es la encargada de emitir registros y autorizaciones de uso e importación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Es decir que se lleve a cabo un procedimiento uniforme e integral para la resolución de solicitudes de registro, autorizaciones (permisos y registros) relativos a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (en materia de: explotación, elaboración, fabricación, formulación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación transporte, distribución aplicación, almacenamiento, comercialización tenencia, uso y disposición final).

Incluye en sus estrategias la participación de la iniciativa privada; facilita el cumplimiento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en relación con la emisión de Normas Oficiales Mexicanas que integren los contenidos básicos de las Normas Técnicas en materia de sustancias químicas; sus acciones se apoyan en la Ley General de Salud como un instrumento básico en la materia, enfocado a la protección de la salud; incluye a la Ley Federal de Sanidad Vegetal para el manejo adecuado de plaguicidas y fertilizantes en la agricultura y medidas fitosanitarias; así mismo, incorpora criterios contenidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.³

La CICOPLAFEST elaboró un Catalogo de Plaguicidas en el año 2004, éste se encuentra dividido en 7 secciones principales: introducción, hojas de seguridad, hojas de uso, sinonimia, mezclas, fracciones arancelarias y coadyuvantes. Esta información está organizada en 7 diferentes archivos, para poder tener un fácil acceso a la información que estos contienen se elaboraron tres índices y se puede consultar en el siguiente sitio Web: [<http://www.cofepris.gob.mx/cis/tramites/infpynv/InfRegPlagNutVeg.htm>] y consultar el catalogo de plaguicidas.

México tiene compromisos internacionales que involucran a la **CICOPLAFEST**, como **EPA, FDA**, el Foro Intergubernamental de Seguridad Química del Protocolo de Montreal, la Conferencia de las Naciones Unidas, el Convenio de Basilea y el de La Paz, entre otros.

De acuerdo a la Modificación de la Norma 008, dentro de la Documentación y planos con que deberá contar un establecimiento TIF, se debe contar con una **Programa de control de fauna nociva o plagas**, el cual tiene como objetivo establecer una serie de normas o disposiciones que forman los lineamientos del Programa de Control de Fauna Nociva del establecimiento de sacrificio de porcinos TIF, con el cual se pretende prevenir el ingreso de insectos, roedores u otros animales al rastro. Para lograr la aplicación efectiva del Programa de Control de Plagas se requiere no solo un establecimiento construido apropiadamente, sino también que se cumpla con medidas de higiene en el interior del mismo y alrededores. Un establecimiento debidamente higienizado y con predios o alrededores bien limpios, se convierte en un lugar inhóspito para cualquier tipo de plaga. Este Manual deberá indicar toda la metodología para el control de las principales plagas presentes en (moscas e insectos voladores, roedores, etc.) del establecimiento de sacrificio TIF.

Los establecimientos deberán contar con un manual para el control de fauna nociva que incluya un programa (ver Anexo 1) el cual debe contener: áreas a controlar, el tipo de productos con dosis a usar (con registro CICOPLAFEST), fechas de aplicación y responsable técnico, croquis de ubicación de trampas para roedores, insectos voladores y rastros (ver Plano A). Además de la siguiente información³⁵:

✓ El nombre o razón social y domicilio de la empresa especializada encargada de su desarrollo e implementación en el Establecimiento, así como copia del contrato de prestación de estos servicios.

³ Definición tomada de la página electrónica de CICOPLAFEST <http://www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/>

- ✓ Los productos que se utilizarán, frecuencia de su uso y la rotación que se les dará a los mismos, incluyendo fichas técnicas y programa anual de aplicación.
- ✓ Los métodos empleados para la fumigación.
- ✓ Diagrama de ubicación de las trampas para los roedores, las cuales deben numerarse.
- ✓ Métodos de monitoreo para evaluar la eficacia del programa.
- ✓ Acciones correctivas que se implementaran en el caso de fallas.
- ✓ Los registros que se utilizarán para determinar la correcta aplicación del programa.
- ✓ Relación de los plaguicidas regulados por la SAGARPA. SSA, o bien demostrar que no se requiere de autorización para su uso.
- ✓ Esta debe incluir el nombre comercial del producto, su uso y el número de registro otorgado por la SSA y/o SAGARPA de los distintos productos plaguicidas empleados en el Establecimiento.

13.4.3 Normatividad EUA

La fabricación, distribución, venta y usos de todos los plaguicidas químicos, incluyendo los químicos utilizados para sanitizar las superficies que tengan contacto con los alimentos (insecticidas, raticidas, fungicidas, herbicidas, reguladores de establecimientos, etc) están regulados muy de cerca por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), bajo la autoridad del Decreto Federal para Insecticidas Fungicidas y Raticidas (FIFRA) y el decreto FD&C, según enmienda del Decreto de Calidad y Protección de los Alimentos (FQPA). Además, las sustancias para el control de plagas tienen que estar autorizadas antes de su uso por el FSIS.³²

La aprobación de la formulación de plaguicidas por parte de la EPA incluye limitaciones específicas con respecto a los medios por los cuales el químico puede aplicarse, condiciones de aplicación, concentraciones permitidas, el organismo objetivo contra el cual el químico puede ser utilizado, restricciones de uso y exigencias para el desecho del plaguicida y sus envases. La legislación aprobada en 1998 da al FDA jurisdicción sobre los productos utilizados para controlar la población microbiana en aguas de proceso. El uso de cualquier pesticida, incluyendo aquellos utilizados en el programa de control de plagas de un establecimiento, tiene que cumplir estrictamente con las instrucciones e informaciones de la etiqueta. Adicionalmente, con el fin de determinar qué plaguicidas puede utilizarse en los alimentos, la EPA también tiene la responsabilidad de determinar tolerancias o excepciones de tolerancia para residuos de plaguicidas en materias primas agrícolas y alimentos procesados (40 CFR 180). El FDA regula el cumplimiento de la tolerancia de plaguicidas en materias primas agrícolas y alimentos procesados, mientras que el USDA lo hace en productos cárnicos y avícolas.

Como criterio general, se debe evitar las aplicaciones indiscriminadas de plaguicidas. No se debe utilizar más producto del que sugiere el fabricante en la etiqueta. Pensar que sólo el 10% de lo aplicado llega a la plaga, el 90% restante se dispersa en el ecosistema contaminándolo. Por lo que después de aplicar los plaguicidas autorizados, hay que lavar minuciosamente el equipo de proceso y los utensilios antes de volverlos a usar, así existe la seguridad de que han sido eliminados todos los residuos de plaguicidas.³⁶

En todo caso deben respetarse los tiempos entre la aplicación y la utilización de las instalaciones, conforme lo recomiende el fabricante del plaguicida.³⁶

Los registros de control de plagas serán archivados y disponibles durante un año.

Otro punto a tener en cuenta es, qué tipo de requerimientos o limitaciones tiene cada establecimiento en cuanto al uso de los diferentes principios activos en los distintos sectores, a fin de adaptarse a la hora de seleccionar los mismos.

Es necesario tener en cuenta algunas medidas de seguridad a la hora de aplicarlos:

1) *Se debe leer la etiqueta para comprobar que se trata del producto correcto para el tipo de plagas.*

Los plaguicidas, solventes u otras sustancias tóxicas que puedan representar un riesgo para la salud y una posible fuente de contaminación de los alimentos, deben estar etiquetados visiblemente con un rótulo en el cual se informe sobre su toxicidad y su uso apropiado. Estos productos se deben almacenar en salas separadas o armarios especialmente destinados para ello, cerrados con llave. Los lugares de almacenamiento deberán estar ubicados lejos de las áreas de proceso y estar claramente identificados con carteles o etiquetas.³⁶

2) *Utilizar ropa de protección adecuada.*

3) *Utilizar los equipos de aplicación adecuados.*

4) *En caso de contacto con el producto seguir las indicaciones de la etiqueta.*

La inadecuada manipulación y/o aplicación de estos productos puede traer aparejados problemas de intoxicaciones a los aplicadores u operarios del establecimiento. Es responsabilidad directa del aplicador efectuar la correcta aplicación de los productos.

De presentarse un problema toxicológico (operario, animal, producto elaborado, etc.) se deberá dar aviso a los centros de Toxicología que aparecen en los marbetes del producto para una atención de emergencia, y al fabricante del plaguicida quienes prestarán la asistencia necesaria. Nunca tirar los marbetes o rótulos de los envases.

13.5 Verificación (control de gestión)

El beneficio de implementar un sistema de control de gestión está basado en obtener la información necesaria para lograr su permanente verificación y mejora. Esta tarea es de suma importancia y colabora directamente en el momento de hacer un análisis de la evolución del MIP, y ayuda notablemente a detectar el origen de la presencia de plagas.

Para ello es imprescindible llevar al día los registros que se detallan en el presente boletín, los cuales deben ser confeccionados por el personal dedicado al control de plagas, y estar disponibles en establecimiento.

Esta tarea fundamentalmente, dará las respuestas al responsable de la establecimiento y generará un permanente sistema de auditoría interna, al mismo tiempo suministrará los datos necesarios ante cualquier auditoría externa.

14. Personal encargado y requisitos para contratar una empresa en el control de plagas

La aplicación de estos productos debe ser a través de personal propio capacitado y certificado (que conozca el riesgo que representa para la salud la presencia de sustancias contaminantes, o mediante la contratación de empresas especializadas y que tengan licencia autorizada por la SSA, ya que constituyen un importante vehículo de transmisión de enfermedades), que conozcan sobre la rotación de productos plaguicidas y rodenticidas.

El responsable de la aplicación del plaguicida, debe estar provisto de ropa y equipo de seguridad para evitar el contacto con la piel y debe utilizar ropa de uso exclusivo para esta tarea. Además, se deberá prestar especial atención al lavado de la ropa, el cual debe hacerse por separado, ya que se debe eliminar una sustancia tóxica.³⁶

El establecimiento deberá contar con las especificaciones y cartas de seguridad de los plaguicidas y raticidas utilizados y los reportes de servicio de inspección de la compañía contratada o los registros de inspección, si la aplicación y responsabilidad es interna.

Una vez que se ha identificado la plaga presente, es necesario establecer cual será la estrategia a implementar para lograr el control esperado. Los profesionales del control de fauna nociva que trabajan en establecimientos alimenticios deberán tener en cuenta lo siguiente:

- a) Prestar su servicio cumpliendo las normas legales existentes y con las debidas habilitaciones para áreas específicas de su actividad.
- b) Conocer las reglamentaciones o leyes de la FDA o Administración de Alimentos y Medicamentos y la Normatividad mexicana, plaguicidas aprobados por CICOPLAFEST; especialmente las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP).
- c) Estar capacitados para trabajar en las distintas industrias alimenticias.
- d) Tener reuniones de actualización y algún sistema de motivaciones para evitar el cansancio y la rotación del personal.
- e) Suministrar al cliente información actualizada relacionada con el programa de manejo integrado de plagas (MIP) o sea: planos o croquis con el emplazamiento de las estaciones de cebado o de las trampas de luz, informes de las inspecciones, etc.
- f) Realizar evaluaciones de Control de Calidad en las instalaciones de los clientes en cooperación con auditores externos de instituciones tales como Bureau Veritas, BSI, ASI American Safety Institute) o consultores independientes.
- g) Estar respaldados por organizaciones tales como las cámaras de empresas de control de plagas locales, nacionales o internacionales, estando asociados a alguna de ellas.

¿CUÁLES SON LAS PREGUNTAS QUE SE HACEN LOS CONTROLADORES DE PLAGAS?

Los controladores de plagas deberían tener en cuenta los siguientes OCHO interrogantes:

1. *¿Cuál es el nivel de control requerido?*

Generalmente en los sitios de elaboración de alimentos o cuando se trata de insectos vectores no debe haber ningún tipo de tolerancia, o sea que el control debe ser absoluto. Aunque algunas veces y en contra de lo indicado, se presentan circunstancias económicas que llevan a aceptar una cierta tolerancia.

2. ¿Con qué métodos se pueden lograr los resultados esperados?

El propósito inicial debe ser controlar las poblaciones de plagas ya existentes para seguir luego con la puesta en práctica de estrategias que prevengan las infestaciones. Debe investigarse primeramente toda opción que no incluya el uso de plaguicidas. Los programas más simples se centran en las necesidades básicas de las plagas: Alimento, agua y refugio, elementos que se conocen como integrantes del triángulo de la vida por ser los factores indispensables para la subsistencia de todas las plagas. Solamente después de tener en cuenta las opciones que no utilicen productos químicos puede contemplarse el uso de plaguicidas. Pero cuando sea necesario usar un pesticida, se debe elegir la formulación más efectiva y menos tóxica.

3. ¿Cuáles son los peligros para la salud humana?

Antes de adoptar alguna medida de control deben considerarse sus posibles consecuencias para la salud humana, ya sea del cliente, del personal, del público en general o de los profesionales en control de plagas. El uso de plaguicidas está reglamentado y debe llevarse a cabo una evaluación completa de los riesgos y peligros antes de utilizar cualquier pesticida.

4. ¿Cuáles son los peligros para organismos no incluidos entre los objetivos de control?

Entre los organismos no objetivos del control se encuentran los establecimientos y algunos animales presentes en el ambiente circundante. Perros, gatos y aves pueden llegar a interactuar con el pesticida que se esté utilizando con el peligro de que lo transporten a los sitios bajo control.

5. ¿Es posible mantener el control?

La necesidad de controlar las plagas presentes generalmente requiere la utilización de algún plaguicida, pero además, es obligación del especialista en control de plagas de considerar y recomendar acciones complementarias y necesarias para mantener los ambientes libres de plagas y prevenir nuevas infestaciones. Esto puede involucrar modificaciones en los trabajos de mantenimiento, higiene y limpieza, o en el comportamiento del personal, o en factores ambientales tales como la temperatura y la ventilación.

6. ¿Se requieren otras acciones?

Es importante lograr que el cliente esté convencido de que el control de plagas debe considerarse como un proceso progresivo. Como parte de todo tratamiento deben establecerse programas de mediano y largo plazo para el control y la prevención de las plagas, por ejemplo: programas de capacitación, modificaciones estructurales, instalación de nuevos equipos, etc.).

Los métodos no químicos de control y prevención de plagas están adquiriendo mayor importancia para asegurar la inocuidad de los alimentos

7. ¿Qué programas pueden implementarse para el control de plagas en establecimientos elaboradores de alimentos?

Los Programas de Manejo Integrado de plagas (MIP) tienen un papel cada vez más importante en la industria alimenticia ya que cada vez son más los empresarios que se esfuerzan para desarrollar en sus establecimientos normas de calidad tales como las Buenas Prácticas de manufactura (BPM) o el Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP). Los métodos no químicos de control y prevención de plagas también van adquiriendo mayor importancia para asegurar la inocuidad de los alimentos. La función de los inspectores de alimentos aumenta en cuanto a prevenir adulteraciones de alimentos por presencia de plaguicidas, partes de insectos, roedores o aves, o contaminaciones con microorganismos patógenos llevados por las plagas. Cuando las nuevas tecnologías adoptan los conceptos del MIP ayudan a disminuir la exposición de los alimentos a las plagas al mismo tiempo que se reducen las cantidades y tipos de plaguicidas utilizados.

8. ¿Cuáles son los elementos que pueden considerarse en un programa MIP?

Aún cuando no hay requisitos internacionalmente aceptados para la programación del Manejo Integrado de Plagas, hay muchos elementos claves como partes de un programa continuo que reduzca los problemas recurriendo a la menor cantidad posible de plaguicidas como son:

1. Capacitación: Educar a todo el personal (directivo, administrativo, seguridad, operarios, etc.) sobre la manera en que sus acciones influyen en la presencia de plagas.
2. Inspección: La realización de una completa inspección para localizar e identificar las condiciones actuales y potenciales que favorecen la presencia de plagas o futuras infestaciones.

3. Exclusión: Excluir a las plagas de las instalaciones mediante: una iluminación adecuada, un buen manejo de la vegetación circundante, el control de las aberturas, el manejo de los depósitos, etc. tendrá como resultado una menor necesidad de eliminación de plagas.
4. Cooperación: La colaboración entre el personal del establecimiento y los controladores de plagas brindará soluciones más rápidas, efectivas y duraderas.
5. Uso de trampas: Hay distintos tipos de trampas que utilizan alimentos, luz ultravioleta o feromonas como diferentes métodos de atraer a las plagas. Estas trampas reducen la contaminación y permiten identificar a las plagas de manera precisa.
6. Saneamiento: Los trabajos de saneamiento incluyen actividades diarias, semanales y mensuales que reducen la cantidad de refugios, agua y alimentos disponibles para las plagas, y que tienen como consecuencia mantener a las plagas bajo estrés.
7. Control mecánico: Parte de las acciones de control mecánico son el sellado de grietas, reparaciones de cañerías y estructurales, la colocación de mallas protectoras, etc.
8. Control físico: El uso del calor o del frío, presión positiva, gases inertes, y un adecuado manejo de la humedad ambiental pueden ser mortales para las plagas o, al menos, las colocan en una situación muy comprometida (estrés).
9. Experiencia: Los profesionales en el control de plagas que han sido entrenados en la ciencia y el arte del Manejo Integrado de Plagas conocerán los signos de la actividad de las plagas y detectarán los problemas potenciales antes de que empiecen a activarse significativamente.
10. Uso de Plaguicidas: Es fundamental disponer de plaguicidas de baja toxicidad y de formulaciones efectivas que puedan ser utilizados sin riesgos, pero deben ser aplicados solamente por personal especialmente capacitado. Normalmente no está permitida la aplicación de plaguicidas dentro de los ambientes donde se procesan alimentos.
11. Aseguramiento de la calidad: Las evaluaciones o inspecciones realizadas por auditores externos deben enfocarse a solucionar situaciones deficientes más que a aplicar un sistema de calificación.
12. Documentación: En general se considera que la documentación es más importante cuando se implementan las BPM o el HACCP, pero en TODO programa de manejo de plagas por lo menos se deben incluir planos, diseños de los edificios, información sobre la ubicación de cebos y trampas para roedores, registro de los plaguicidas utilizados, informes de inspección, etc.

15. Implementación del Plan

Para lograr la implementación de dicho plan el personal dedicado al control de plagas deberá hacer un diagnóstico inicial previo. Este diagnóstico constará de un reconocimiento del lugar y de la identificación de cada uno de los sectores, para poder contar con todos los elementos necesarios para la implementación del MIP.

Es muy importante realizar el relevamiento de cada uno de los sectores del establecimiento y de las operaciones que en ellos se realizan, a fin de detectar posibles desviaciones que puedan afectar negativamente la producción de alimentos por la presencia de las plagas, es por ello que se debe:

1. Recorrer todos los sectores en los distintos turnos.
2. Dialogar con los encargados de cada sector y de cada turno.
3. Chequear las rutinas y horarios de limpieza.
4. Dialogar con el responsable del servicio técnico para registrar fechas de mantenimiento preventivo de las maquinarias.
5. Dialogar con encargados de jardinería para coordinar acciones.
6. Chequear la recepción de mercaderías y que tipo de inspección realizan en ese momento.
7. Verificar instalaciones de cada sector.
8. Verificar el entorno de la Establecimiento.

Todos estos puntos serán de suma importancia para desarrollar un adecuado plan MIP. Cada establecimiento debe tener su propio plan. El plan de actividades debe incluir todas las tareas que se desarrollarán dentro del establecimiento para lograr el manejo de insectos rastreros, insectos voladores y roedores entre otros. En este plan deben estar especificadas todas las tareas programadas y las no programadas, como por ejemplo:

- Frecuencia, horarios y duración de las visitas.
- Personal asignado para realizar las tareas.
- Frecuencia de presentación de informes.
- Tareas rutinarias y programadas que se realizarán para actuar en forma preventiva.

- ☒ Tareas no rutinarias o no programadas que se realizarán para ejercer acciones correctivas.
- ☒ Productos a utilizar en los distintos sectores.
- ☒ Memoria descriptiva de los productos seleccionados.
- ☒ Hojas de seguridad de los productos seleccionados.
- ☒ Presentación de planillas y/o formularios con aclaración de su funcionamiento.
- ☒ Registro de aplicación de productos en los distintos sectores.
- ☒ Registro de monitoreo de insectos rastreros.
- ☒ Registro de monitoreo de insectos voladores.
- ☒ Registro de monitoreo de roedores.
- ☒ Registro o informes con las medidas a adoptar por presencia de aves.
- ☒ Registro o informes con las medidas a adoptar por presencia de perros y/o gatos.
- ☒ Registro del funcionamiento de trampas de luz.
- ☒ Registro del consumo de rodenticida en estaciones de cebado.
- ☒ Cuadros estadísticos en los cuales se registre la evolución del plan.
- ☒ Plan de capacitación del personal del establecimiento.

Tal como Imagen en el último punto es sumamente importante tener implementado un plan de capacitación para el personal de la establecimiento, el cual tendrá como objetivo difundir los conocimientos referidos a las distintas plagas que podrían estar presentes en la establecimiento, problemática y perjuicios que las mismas originan, medidas preventivas y por último cómo se debe proceder ante cualquier evidencia o presencia de plagas.

Para que la implementación y el desarrollo de un plan MIP sea exitoso, es fundamental la concientización de todos los involucrados en la cadena de producción, como así también un trabajo coordinado con proveedores, transportistas y distribuidores. El éxito se basa en la educación, prevención y en la incorporación de una cultura de mejora permanente en cada una de los procesos.

Los profesionales del manejo de plagas deben colaborar con sus clientes dándoles registros completos para control y análisis de la gerencia o dirección, de los responsables del Control de Calidad y de los supervisores. Estos registros deben incluir un libro diario de quejas y plagas encontradas, detalles sobre los tratamientos y trabajos de seguimiento solicitados por el cliente e información completa de seguridad sobre los plaguicidas utilizados. En las distintas instalaciones debe haber copias disponibles para inspecciones.

16. Ejemplo del Manejo Integrado de Insectos Voladores

A continuación se presenta un ejemplo del Manejo Integrado de Insectos Voladores ³:

Empresa:	Página 1 de
	PROCEDIMIENTO DE MANEJO INTEGRADO DE INSCETOS VOLADORES
Código: POES	Fecha de Emisión: .../.../.....
Gerencia de Aseguramiento de la Calidad	
Preparado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:

Objetivo.

Realizar todas las tareas necesarias para minimizar la presencia de insectos voladores en el interior del establecimiento mediante la implementación de un procedimiento escrito y validado.

Responsabilidades

El personal responsable para el control de plagas deberá informar a la Gerencia de Aseguramiento de la Calidad, el método de trabajo a implementar y todas las reformas o prácticas que sea necesario modificar para lograr el objetivo, y la Gerencia deberá proceder a realizar estas mejoras o cambios necesarios para lograrlo.

Materiales y Equipos

1. Productos Químicos
2. Máquinas para su aplicación
3. Elementos de seguridad
4. Cortinas de PVC

5. Cortinas de Aire

6. Trampas de Luz UV

Normas de Seguridad

Las mismas estarán presentadas por escrito, en el informe estarán detalladas todas las normas de seguridad correspondientes, el mismo deberá estar diseñado por el ingeniero en seguridad e higiene que asesore a la empresa.

Zonas a Tratar

Esta tarea se deberá desarrollar en todos los sectores del establecimiento e incluso en el exterior de la misma, muchas veces se logran excelentes resultados cuando se localizan y controlan fuentes de crianza en el entorno de la misma.

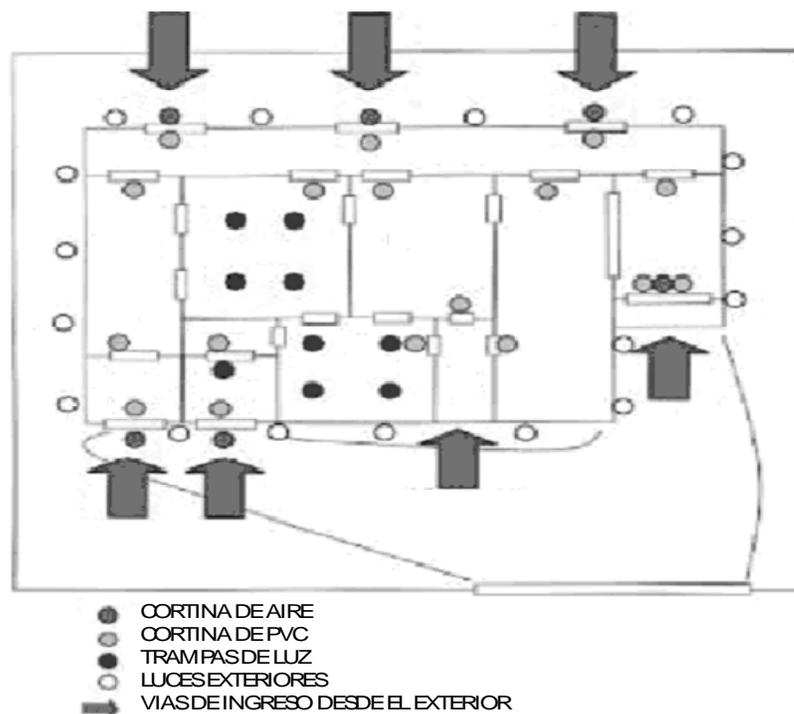
Procedimiento

Para lograr el objetivo de este trabajo no basta únicamente con la instalación de trampas de luz en el interior del establecimiento sino que es necesario hacer una inspección general del interior, exterior y entorno. También es importante efectuar un intensivo seguimiento del programa implementado ya que servirá para ejecutar las modificaciones o acciones correctivas necesarias. Para implementar un sistema de manejo de insectos voladores se cuenta con distintas herramientas las cuales funcionan ejerciendo un efecto de exclusión impidiendo el ingreso de los mismos a los distintos sectores del establecimiento. Entre las herramientas más comunes encontramos las siguientes:

- ✓ Telas mosquiteras en todas las ventanas, extractores de aire, ductos de ventilación y chimeneas.
- ✓ Cortinas
- ✓ Cortinas de Aire
- ✓ Tipo, ubicación y manejo de luces en el exterior del establecimiento
- ✓ Tipo, y ubicación de luces en el interior de la misma
- ✓ Trampas de luces UV para insectos
- ✓ Productos químicos.

Como primera medida se debe contar con un plano del establecimiento y en él mostrar todos los elementos instalados en el mismo, los cuales deberán estar perfectamente identificados. Una vez que se tiene todo el material se procede a la recopilación de datos y almacenamiento para un posterior análisis, el siguiente esquema muestra una situación tal como la que se expuso anteriormente.

Imagen 1. Ejemplo de Plano del Establecimiento



Todos los registros se realizan con una frecuencia preestablecida que debe ser respetada en forma permanente para poder hacer comparaciones lógicas y dicha frecuencia debe estar considerada por escrito en el plan. Los mismos estarán basados en los siguientes puntos:

✓ Estado general de las aberturas tales como ventanas, puertas y portones: Recordemos que las mismas deberán estar cerradas o con protección durante el mayor tiempo posible.

✓ Funcionamiento de las Cortinas de Aire: Estas deben funcionar en forma permanente cuando estén las puertas abiertas, incluso es importante que las mismas estén automatizadas y se enciendan con la apertura de cada puerta, esto evita que no funcionen por olvidos o incomodidad. Con respecto a este tema es sumamente importante chequear que la dirección del flujo de aire esté bien dirigida, caso contrario las mismas estarán ejerciendo un efecto contrario al deseado.

✓ Estado de las Cortinas: Este tipo de cortinas deben estar siempre tendidas y en buen estado en cuanto a su integridad y limpieza, de lo contrario no darán el efecto deseado e incluso pueden transformarse en focos de atracción.



Ubicación y funcionamiento de las trampas de luz UV.

Este es uno de los puntos más importantes que debemos chequear debido a que cada trampa de luz instalada en el interior de la establecimiento será el más eficaz punto de monitoreo donde se obtienen datos de presencia de plagas voladoras, al margen de que al mismo tiempo se reduce la población adulta por las capturas realizadas.

¿Qué se controla de las trampas de luz UV?

Como se expuso anteriormente, es sumamente importante saber cómo están colocadas cada una de ellas en cada uno de los sectores del establecimiento. Además en cada inspección que se realice se debe registrar si las mismas están encendidas y la fecha de reemplazo del tubo de luz. Estos tiene una vida útil de aproximadamente un año trabajando las 24 horas ininterrumpidamente, y además es posible que los mismos estén emitiendo luz pero NO rayos UV. Es por todo esto que al mismo tiempo, se deben efectuar controles de la radiación UV con equipos especiales, y así poder determinar la intensidad de la misma. Se recomienda el cambio de tubos, cuando se obtienen mediciones de radiación del 20%, aunque no haya pasado el año de funcionamiento.

Tabla 1. Ejemplo de Formulario Tipo para el Registro de Datos

Equipo N°	Fecha:	Tipo de Equipo:
Trabajo Realizado:		
Medición:		Valor Normal: 1.5-2 mts 100%
Captura de insectos:		

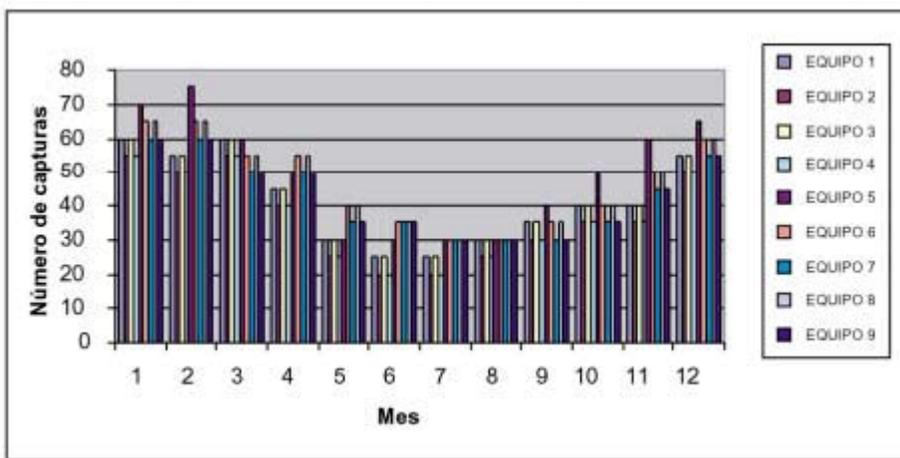
Todos estos datos se vuelcan en una tabla al finalizar un período de tiempo, por ejemplo un año, y se construye un cuadro como el siguiente:

Tabla 2. Ejemplo de los Registros del Primer Año (número de capturas / trampa)

CAPTURAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
EQUIPO 1	60	55	60	45	30	25	25	30	35	40	40	55	42
EQUIPO 2	65	50	55	40	25	20	20	25	30	35	35	50	37
EQUIPO 3	60	55	60	45	30	25	25	30	35	40	40	55	42
EQUIPO 4	65	50	55	40	25	20	20	25	30	35	35	50	37
EQUIPO 5	70	75	60	50	30	30	30	30	40	50	60	65	49
EQUIPO 6	65	65	55	55	40	35	30	30	35	40	50	60	47
EQUIPO 7	60	60	50	50	35	35	30	30	30	35	45	55	43
EQUIPO 8	65	65	55	55	40	35	30	30	35	40	50	60	47
EQUIPO 9	60	60	50	50	35	35	30	30	30	35	45	55	43
PROMEDIO	61	59	56	48	32	29	27	29	33	39	44	56	43

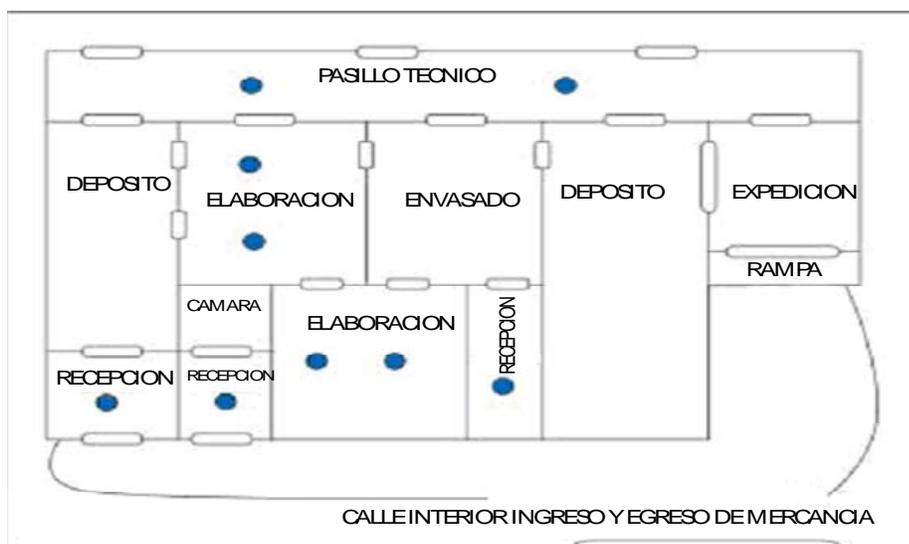
Gráficamente, se puede observar de la siguiente manera:

Grafica 1. Ejemplo de Registros del Primer Año (Número de capturas en función del tiempo por equipo)



Luego de este período, y mediante la presentación de un informe, se sugirió el cambio de lugar de algunos de los equipos instalados siendo la futura ubicación la siguiente:

Imagen 2. Ejemplo de la nueva ubicación de las trampas de luz UV



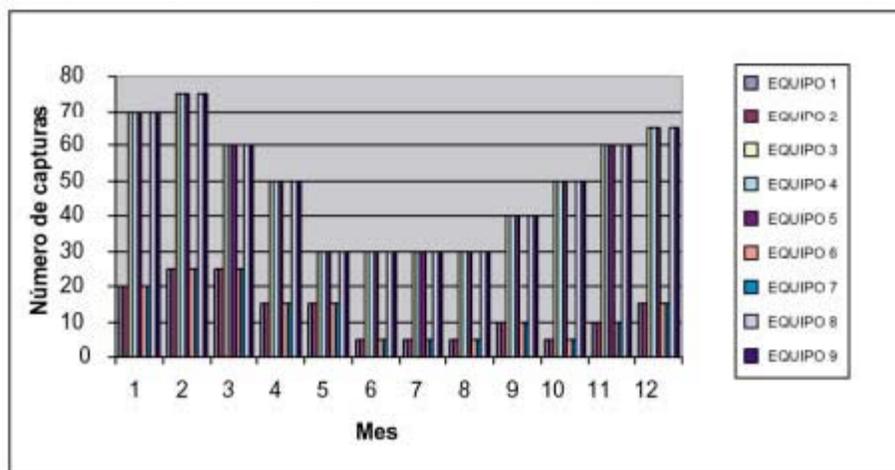
Luego de efectuados los cambios, se continuo realizando mediciones con la misma frecuencia y se obtuvieron los siguientes registros en los cuales se pudo observar una notable mejora en los sectores críticos de la establecimiento, como por ejemplo el de elaboración.

Tabla 3. Ejemplo de los Registros del segundo año (Número de capturas)

CAPTURAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
EQUIPO 1	20	25	25	15	15	5	5	5	10	5	10	15	13
EQUIPO 2	20	25	25	15	15	5	5	5	10	5	10	15	13
EQUIPO 3	70	75	60	50	30	30	30	30	40	50	60	65	49
EQUIPO 4	70	75	60	50	30	30	30	30	40	50	60	65	49
EQUIPO 5	70	75	60	50	30	30	30	30	40	50	60	65	49
EQUIPO 6	20	25	25	15	15	5	5	5	10	5	10	15	13
EQUIPO 7	20	25	25	15	15	5	5	5	10	5	10	15	13
EQUIPO 8	70	75	60	50	30	30	30	30	40	50	60	65	49
EQUIPO 9	70	75	60	50	30	30	30	30	40	50	60	65	49
PROMEDIO	48	53	44	34	23	19	19	19	27	30	38	43	33

Gráficamente, se observa de la siguiente manera:

Grafica 3. Ejemplo de Registros del Segundo Año (Número de capturas en función del tiempo por equipo)



Mediante las modificaciones realizadas se pudo observar que disminuyó la presencia de insectos en las zonas de elaboración. No se observaron cambios en los registros de algunos equipos, ya que estos fueron reubicados, cabe destacar que estos cambios no significaron gastos de inversión para la empresa debido a que el único costo que hubo que afrontar fue el de la mano de obra del personal de mantenimiento.

Además de las mejoras logradas, se pueden obtener aún mejores resultados, si se trabaja sobre la conducta. Se pudo observar que si bien en horarios diurnos se cumplen con los cuidados que se deben tener en cuanto al cierre y aperturas de puertas que den al exterior, esto no ocurre en horarios nocturnos en donde permanecen abiertas durante tiempos prolongados en forma innecesaria. Esto perjudica los resultados finales en número de capturas, modificando los resultados del MIP.

Aplicación de productos químicos

Existen en el mercado mosquicidas con y sin feromonas, larvicidas, y biológicos. En el presente ejemplo se optó por la utilización de productos adulticidas con atractivo a base de feromonas, aplicado a pincel sobre las paredes. Se efectuaron las aplicaciones en el exterior del establecimiento, para así evitar el libre ingreso de los insectos voladores. Las aplicaciones se efectuaron alejándose de las vías de acceso, reduciendo de este modo, los ingresos desde el exterior en forma significativa.

17. Normatividad relacionada con Buenas Prácticas de Manufactura

17.1 Normatividad Mexicana

La información sobre el Personal que labora en los Establecimientos de Sacrificio de Porcinos se encuentra en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

✓ SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.²

✓SAGARPA. MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.³

✓ SAGARPA. Ley y Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne Inspección Federal. Artículos 8, 14, 19, 21, 23, 76 y 325 y Acuerdo que gira instrucciones a los Médicos Veterinarios que practiquen visitas a los establecimientos "Tipo Inspección Federal", para comprobar si éstos llenan los requisitos que exige el decreto y Reglamento relativos.

✓ Secretaría de Salud. NOM-120-SSA1-1994. Prácticas de Higiene y Sanidad para el Proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.¹²

La información sobre el Diseño Sanitario para la Construcción y Mantenimiento, así como el Equipo, Utensilios e Instalaciones físicas y sanitarias se encuentra en la siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

✓SAGARPA. MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.³

17.2 Normatividad EUA, Unión Europea y Canadá

Las Regulaciones Actuales para Buenas Prácticas de Manufactura de alimentos pueden encontrarse en el Título 21 del Código de Regulaciones Federales (CFR), Parte 110.¹⁷ Estas regulaciones se establecieron para asegurar la seguridad y salubridad de la oferta de alimentos procesados. La Parte 110, lleva por título Buenas Prácticas de Manufactura en Manufactura, Empaque o Almacenamiento de Alimentos Humanos (BPM), se establece en la Subparte A. (Estipulaciones Generales), las Buenas Prácticas de Manufactura para el Personal y las Exclusiones. En la Subparte B. (Edificios e Instalaciones), se establecen las definiciones y características de la Planta y sus alrededores, así como las operaciones de higiene e instalaciones sanitarias y sus controles. La Subparte C. (Equipo) se especifica las características del Equipo y utensilios que se debe emplear en el establecimiento, Subparte E. (Producción y Procesos de Control) se explican todas las operaciones de recibir, inspeccionar, transportar, segregar, preparar, manufacturar, empacar y almacenar los alimentos tienen que ser conducidos en acuerdo con los principios de sanidad adecuados. Las operaciones de control de calidad apropiadas tienen que ser empleadas para asegurar que los alimentos sean adecuados para el consumo humano y que los materiales de empaque sean seguros y adecuados así como el saneamiento completo de la planta y las características del Almacenaje y distribución del producto final. Finalmente en la Subparte G. (Niveles de Acción por Defectos) se explica cuales son los defectos naturales o inevitables en alimentos de uso humano que no presentan ningún riesgo a la salud y como deben ser tratados.¹⁷

Para mayor información puede consultar los siguientes links:

- [<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/scfr110.html>]
- [What is GMP? <http://www.gmp1st.com/index.htm>]

En Europa, la European Food Safety Authority (con siglas **EFSA**) es denominada en español como la Autoridad Europea para la Seguridad de los Alimentos. Es una agencia de la Unión Europea, que empezó a ser operativa en 2002. Su principal objetivo es la responsabilidad de proporcionar los métodos científicos para alertar y detectar todos aquellos problemas que afecten a la seguridad alimentaria, esta autoridad valora los riesgos que puedan afectar a los países miembros de la Unión Europea.

En el Reglamento (CE) no 178/2002 del Parlamento Europeo se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.²⁶ Disponible en [http://belt.es/legislacion/vigente/alimentaria/comunitaria/reglamento_178_02.pdf].

En Canadá, la inocuidad de los alimentos es una responsabilidad compartida entre el Gobierno Federal (Ministerio de Salud y Organismo Canadiense de Inspección de Alimentos (CFIA), los gobiernos provinciales/territoriales, el sector alimentario y los consumidores.

El sistema de inocuidad de los alimentos se ha elaborado de tal manera que permite tener en cuenta los cambios ocurridos en el carácter de la alimentación, la mayor globalización del comercio de alimentos y las nuevas expectativas de la opinión pública sobre la inocuidad de los alimentos. El sistema de inocuidad de los alimentos está basado en tres principios fundamentales:

- a) la salud de la población debe revestir siempre importancia primordial;
- b) las decisiones normativas deben estar basadas en pruebas científicas; y
- c) todos los sectores y jurisdicciones deben colaborar para proteger a los consumidores.²⁷

La CFIA establece que las BPM deben tener conformidad con los códigos de prácticas, normas, reglamentos y leyes referentes a la producción, elaboración, manipulación, etiquetado y venta de alimentos impuestos por órganos sectoriales, locales, estatales, nacionales e internacionales con el fin de proteger al público de enfermedades, adulteración de los productos y fraudes.²⁷

11. Glosario

Calidad: La resultante total de las características del producto y servicio en cuanto a mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento por medio de las cuales el producto o servicio en uso satisface las expectativas del cliente.

Contaminación cruzada: Es la transferencia de agentes contaminantes de un alimento contaminado a otro que no lo está. Lo mismo puede ser con utensilios o con las manos sin lavar y desinfectar que actúan transfiriendo las bacterias.

Contaminantes: la presencia no intencionada de sustancias o microorganismos dañinos en los alimentos.

Contaminar: Alterar nocivamente las condiciones normales de la superficie donde se procesa un alimento, con agentes químicos, físicos o biológicos.

Control de Calidad: Es el mantenimiento de las características específicas del producto acabado cada vez que éste se fabrica.

Control:(a) Manejo de las condiciones de un proceso para complementar los criterios establecidos. (b) El estado en que se realizan los procedimientos establecidos y se cumplen los criterios fijados.

Criptococosis: La criptococosis es una micosis oportunista causada por *Cryptococcus neoformans*, puede presentarse en personas sanas y en sujetos expuestos a palomas, pero los más frecuentemente afectados son los inmunocomprometidos.

Desinfección: La reducción del número de microorganismos presentes en una superficie o alimento vegetal, a un nivel que no dé lugar a contaminación nociva, mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos.

Fauna nociva: todos aquellos animales capaces de contaminar al producto por medio de sus excreciones, secreciones o por acción mecánica.⁹

Fomites: Término referido para cualquier objeto inanimado que pueda transformarse en un medio de transporte de algún tipo de contaminación biológica.

Higiene de los alimentos: Todas las condiciones y medidas necesarias para asegurar la inocuidad y la aptitud de los alimentos en todas las fases de la cadena alimentaria.

Higiene: Es la parte de la medicina que tiene por concepto la conservación de la salud y los medios de prevenir las enfermedades.; sin embargo la limpieza es la primera regla de la higiene.

Histoplasmosis: es una infección por causa de un hongo. La infección está dentro de sus pulmones. En casos graves, se puede propagar por todo el cuerpo.

Inocuidad: garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que se destinen.

Integridad Económica: No engañar al consumidor por acciones ilegales tales como: masa o volumen incorrecto, cantidad incorrecta de unidades, sustitución de producto, especie o variedad, mal etiquetado, abuso de aditivos, colorantes, etc.

Ornitosis: También conocida como **Psitacosis, fiebre del loro, clamidiosis**. Es una enfermedad infecciosa que suele ser transmitida a los humanos por las aves pertenecientes a la familia de los loros, los pavos y las palomas. La enfermedad es causada por una bacteria llamada *Chlamydia psittaci*.

Plaga: Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales.²⁷

Política de Higiene: Documento orientado al Reconocimiento, Evaluación y Control de los Factores de Riesgo (Físicos, Químicos, Biológico y Psicosociales) que se generan en el ambiente de trabajo y que causan enfermedad o deterioro del bienestar Físico, Biológico y Psíquico del trabajador.

Prolífico: que se reproduce con mucha facilidad

Resistencia en insectos: un organismo, en este caso un insecto, descompone una toxina que normalmente sería letal. Los organismos metabolizan la toxina o la convierten en algo que desactiva sus moléculas dañinas, y después se deshacen de ella.

Rodenticida: Sustancia química cuyo fin es destruir en poco tiempo un foco no numeroso de ratas o ratones

Sanidad: Alimento sano es aquel alimento que está libre de deterioro. El deterioro es causado por microorganismos (Ver Módulo de Microbiología de la Carne), por cambios fisiológicos propios del alimento, como es el proceso de maduración, o por mal manejo (golpes, rajaduras, calor excesivo, frío extremo, poca o mucha humedad, etc.)

Seguridad de los alimentos: Garantiza que los mismos no causan daño al consumidor y se encuentran libres de microorganismos dañinos para el ser humano, toxinas (Para mayor referencia consultar el Módulo de Microbiología de la Carne), compuestos químicos tóxicos (Para mayor referencia consultar el Módulo de Residuos Tóxicos), materia extraña.

Superficie limpia: aquella que se encuentra de forma visible libre de cualquier sustancia o materia diferente al material intrínseco del que está hecha.

Umbral de presencia admisible: densidad de plaga a partir de la cual los daños que se ocasiona son superiores a al presencia que se admite para cada especie.

Módulo 4. Microbiología de la carne de cerdo

- 1. Ecología Microbiana**
 - 1.1 Introducción
 - 1.2 Clasificación de los Microorganismos
 - 1.2.1 Bacterias
 - 1.2.2 Mohos y Levaduras
 - 1.2.3 Protozoos
 - 1.2.4 Virus
 - 1.3 Cinética Microbiana
 - 2.1.1 Factores que afectan la rapidez de crecimiento
 - 2.1.1.1 Efecto de la temperatura
 - 2.1.1.2 Efecto del pH
- 2. Factores que influyen en el crecimiento microbiano**
 - 2.1 Alimento
 - 2.2 Temperatura
 - 2.3 Humedad
 - 2.4 Oxígeno
 - 2.5 pH
 - 2.6 Contenido en nutrientes
 - 2.7 Sustancias inhibidoras
- 3. Microorganismos indicadores de inocuidad de alimentos**
 - 3.3 Indicadores de la inocuidad de los alimentos
 - 3.4 Otros microorganismos indicadores
- 4. Factores que condicionan la respuesta de los microorganismos**
 - 4.4 Factores Intrínsecos
 - 4.4.1 pH y ácidos orgánicos débiles
 - 4.4.2 Actividad de agua
 - 4.4.3 Potencial de óxido-reducción (Eh)
 - 4.4.4 Factores de procesamiento
 - 4.4.4.1 Letalidad por acción de altas temperaturas
 - 4.4.4.2 Letalidad por irradiación
 - 4.5 Factores Extrínsecos
 - 4.5.1 Composición gaseosa del medio
 - 4.5.2 Temperatura
 - 4.5.2.1 Cámara Frigorífica
 - 4.5.2.2 Congelación
 - 4.6 Factores Implícitos
- 5. Los microorganismos como agentes patógenos transmitidos por alimentos que afectan al hombre**
 - 5.1 Procesos patológicos transmisibles por los alimentos: Infecciones e Intoxicaciones
 - 5.2 Respuestas patológicas a los alimentos
 - 5.2.1 Infecciones
 - 5.2.2 Intoxicaciones
 - 5.2.3. Toxiinfecciones
 - 5.3 Triada Epidemiológica
- 6. Otros agentes patógenos provenientes de los alimentos que afectan al hombre**
 - 6.3 Agentes virales
 - 6.3.1 Transmisión de Virus a través de los Alimentos
 - 6.3.1.1 Características Especiales
 - 6.3.1.1.1 Las partículas como formas transmisibles
 - 6.3.1.1.2 Infección viral
 - 6.3.2 Epidemiología de los Virus
 - 6.3.2.1.1 Transmisión entérica (fecal-oral)
 - 6.3.2.1.2 Los Alimentos como Vehículos para los Virus
 - 6.3.2.1.3 Los Virus que causan Enfermedades

- 6.3.2.1.4 Virus Transmitidos a través de los Alimentos
 - 6.3.2.1.4.1 Virus de la hepatitis A
 - 6.3.2.1.4.2 Virus de Estructura Redondeada Causantes de Gastroenteritis
- 6.4 Agentes Parasitarios
 - 6.4.1 Enfermedades Parasitarias de Origen Alimentario
 - 6.4.1.1 Protozoos
 - 6.4.1.2 Trematodos
 - 6.4.1.3 Cestodos
 - 6.4.1.4 Nematodos
- 7. Los microorganismos como agentes de deterioro de alimentos**
- 7.4 Alimento deteriorado.
- 7.5 Agentes causantes de deterioro
- 7.6 Alimentos deteriorables.
 - 7.6.1 Carne como alimento fácilmente deteriorable
 - 7.6.1.1 Definición de carne, Composición, Propiedades físicas y químicas
 - 7.6.1.2 Disponibilidad de oxígeno
- 8. Ecología de la Flora Microbiana en carne**
 - 8.1 Origen, evolución y control de la Microflora
- 9. Microorganismos patógenos, alterantes o de deterioro de la carne**
- 9.1 Microorganismos alterantes o de deterioro
 - 9.1.1 Microorganismos alterantes de carne fresca
 - 9.1.2 Alteraciones sufridas en condiciones de aerobiosis
 - 9.1.3 Alteraciones producidas por microorganismos anaerobios
 - 9.1.4 Microorganismos en carne congelada
- 9.2 Microorganismos patógenos
 - 9.2.1 Fuentes de contaminación y efecto del procesamiento
 - 9.2.2 Características de algunas bacterias patógenas implicadas en enfermedades transmitidas por productos cárnicos
 - 9.2.2.1 Salmonella
 - 9.2.2.2 Campylobacter jejuni
 - 9.2.2.3 Yersinia enterocolítica
 - 9.2.2.4 Escherichia coli
 - 9.2.2.5 Clostridium perfringens
 - 9.2.2.6 Staphylococcus aureus
- 9.3 Agentes Parasitarios en Carne
 - 9.3.1.1 Toxoplasmosis
 - 9.3.1.2 Taenia solium- cistecercosis
 - 9.3.1.3 Triquinosis
- 9.4 Agentes Virales en Carne
- 10. Mohos y levaduras de importancia en la carne**
- 11. Fundamentos de la conservación de la carne**
 - 11.1 Generalidades
 - 11.2 Métodos físicos
 - 11.2.1 Efectos del frío sobre los microorganismos
 - 11.2.2.1 Refrigeración
 - 11.2.2.2 Congelación
 - 11.2.3 Gases conservantes
- 12. Microbiología del agua**
 - 12.3 El agua como vehículo de transmisión de microorganismos
 - 12.4 Análisis microbiológico del agua
 - 12.4.1 Método del NMP
 - 12.4.2 Método de Cuenta Viable en Placa
- 13. Técnicas de análisis microbiológico de alimentos.**
 - a. Generalidades sobre la toma de muestras y el análisis microbiológico

- b. Valores microbiológicos de referencia para los alimentos.
- c. Muestreo
- d. Métodos de recuento de microorganismos.
 - i. Recuento de microorganismos viables totales
 - ii. Métodos físicos para la detección de microorganismos
 - iii. Métodos químicos para la detección de microorganismos
 - iv. Métodos inmunológicos
 - v. Examen de superficies
 - vi. Recuentos de mohos y levaduras
- e. Detección de microorganismos indicadores

14. Residuos Tóxicos

14.1 Conceptos Básicos

14.2 Residuos presentes en forma natural

14.2.1 Metales pesados

14.2.2 Micotoxinas

14.3 Residuos causados por el hombre

14.3.1 Plaguicidas

14.3.2 Dioxinas

14.3.3 Antibióticos

14.4 Residuos tóxicos que se consideran dañinos para el humano

14.4.1 Antibióticos

14.4.2 Arsénico

14.4.3 Residuos de antihelmínticos

14.4.3.1 Bencimidazoles

14.4.3.2 Avermectinas

14.4.4 Cadmio

14.4.5 Antimicrobianos (Cloranfenicol)

14.4.6 Mercurio

14.4.7 Plomo

14.4.8 Anabólico (Diestilbestrol)

15. Métodos de Análisis para el control de residuos

16. Criterios del Codex para el establecimiento de Límites Máximos De Residuos (LMR)

16.1 Micotoxinas

16.2 Medicamentos de uso veterinario

16.3 Plaguicidas

17. Normatividad relacionada con detección de residuos tóxicos en carne

18. Residuos Tóxicos para el humano de acuerdo a al Normatividad estadounidense

19. Glosario

1. Ecología Microbiana

1.1 Introducción

Para mucha gente la palabra microorganismo le trae a la mente un grupo de pequeñas criaturas que no encarga en ninguna de las categorías de la pregunta clásica: *¿es animal, vegetal o mineral?* Los microorganismos son diminutos seres vivos que individualmente son demasiado pequeños como para verlos a simple vista. En este grupo se incluyen las bacterias, hongos (levaduras y hongos filamentosos), virus, protozoos y algas microscópicas. Normalmente tendemos a asociar estos pequeños organismos con infecciones, enfermedades como el SIDA, o deterioro de alimentos. Sin embargo, la mayoría de los microorganismos contribuyen de una forma crucial en el bienestar de la Tierra ayudando a mantener el equilibrio de los organismos vivos y productos químicos en nuestro medio ambiente: los microorganismos de agua dulce y salada son la base de la cadena alimentaria en océanos, lagos y ríos; los microorganismos del suelo destruyen los productos de desecho e incorporan el gas nitrógeno del aire en compuestos orgánicos, así como reciclan los productos químicos en el suelo, agua y aire; ciertas bacterias y algas juegan un papel importante en la fotosíntesis, que es un proceso que genera nutrientes y oxígeno a partir de luz solar y CO₂ siendo un proceso crítico para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra; los hombres y algunos animales dependen de las bacterias que habitan en sus intestinos para realizar la digestión y síntesis de algunas vitaminas.^{4,14} La **industria alimentaria** también usa microorganismos en la producción de vinagre, bebidas alcohólicas, aceitunas, mantequilla, queso, yogurt, pan, etc. Además, las bacterias y otros microorganismos ahora pueden ser manipulados para producir sustancias que ellos normalmente no sintetizan. A través de esta técnica, llamada ingeniería genética, las bacterias pueden producir importantes sustancias terapéuticas como insulina, hormona de crecimiento humana.¹⁴

1.2 Clasificación de los microorganismos.

1.2.1 Bacterias

Una bacteria simplificada está formada por tres capas externas que envuelven las estructuras internas; la primera capa que protege la pared celular rígida, que a su vez cubre la membrana celular semipermeable. El flagelo es un medio de locomoción y los pelos que se extienden por fuera de la cápsula ayudan a la bacteria a sujetarse a las superficies. El material genético está contenido en el ADN que forma el nucleóide. Los ribosomas que flotan en el citoplasma intervienen en la síntesis de proteínas. El material genético de la célula bacteriana está formado por una hebra doble de ADN circular. Muchas bacterias poseen también pequeñas moléculas de ADN circulares llamados plásmidos, que llevan información genética, pero, la mayoría de las veces, no resultan esenciales en la reproducción. Muchos de estos plásmidos pueden transferirse de una bacteria a otra mediante un mecanismo de intercambio genético denominado conjugación. Otros mecanismos por los cuales la bacteria puede intercambiar información genética son la transducción, en la que se transfiere ADN por virus bacterianos, y la transformación, en la que el ADN pasa al interior de la célula bacteriana directamente desde el medio.

Las células bacterianas se dividen por fisión; el material genético se duplica y la bacteria se alarga, se estrecha por la mitad y tiene lugar la división completa formándose dos células hijas idénticas a la célula madre. Así, al igual que ocurre en los organismos superiores, una especie de bacteria origina al reproducirse sólo células de la misma especie. Algunas bacterias se dividen cada cierto tiempo (entre 20 y 40 minutos). En condiciones favorables, si se dividen una vez cada 30 minutos, transcurridas 15 horas, una sola célula habrá dado lugar a unos mil millones de descendientes. Estas agrupaciones, llamadas colonias, son observables a simple vista. En condiciones adversas, algunas bacterias pueden formar esporas, que son formas en estado latente de la célula que permiten a ésta resistir las condiciones extremas de temperatura y humedad.⁸

Clasificación

Se dividen, a groso modo en 2 grandes grupos, Gram Positivas y Gram Negativas. Como norma general, las Gram Negativas tienen efecto infeccioso, mientras que las Gram Positivas provocan el daño mediante toxinas.

En primer lugar hablaremos de las bacterias Gram Negativas, las cuales presentan pared celular delgada. Las infecciones por Gram Negativas suelen tener un periodo de incubación mínimo de 24 horas. Este tipo de microorganismos provoca enfermedades de larga duración y debilitantes, aunque raramente fatales en adultos sanos. No ocurre lo mismo en ancianos, niños y enfermos. Se encuentran

normalmente en el intestino y las heces, por eso pueden también estar en el suelo y en el agua; no es raro encontrarlas en materias primas como la leche, la carne cruda y el marisco.

Se trata de microorganismos no resistentes al calor, y sus problemas aparecen cuando no hay una adecuada higiene, un saneamiento deficiente o bien contaminación cruzada. Por todo ello son un peligro que se puede eliminar o controlar con un tratamiento térmico correcto, prácticas higiénicas correctas y separación de materias primas y productos terminados.

Entre las Gram Negativas asociadas a alimentos vamos a destacar *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Sigella*, *Campylobacter* y *Vibrio*. Ahora, las Gram Positivas, presentan pared celular gruesa, incubaciones breves, entre 1 y 6 horas. Las enfermedades que producen son raramente fatales y de corta duración. En este grupo encontramos microorganismos muy distintos: *Clostridium*, *Bacillus*, *Estaphilococcus* y *Listeria* (enfermedades emergentes).¹⁴

1.2.2 Mohos y Levaduras

Los mohos son parte del grupo de los hongos, representan un gran campo de estudio para la microbiología, sobre todo por su aplicación en los procesos productivos, así como en la vida cotidiana. Los hongos, son heterótrofos, a diferencia de las plantas, estos, se alimentan de materia orgánica muerta o de huéspedes vivos, cuando interactúan como parásitos.

Los mohos tienen la capacidad de adaptarse a condiciones del entorno que no todos los microorganismos son capaces de tolerar, como un nivel de acidez o basicidad en un rango mayor que las bacterias. Debido a que viven desde 2 hasta un valor de 9 de pH. Su pH óptimo es aproximadamente 5.6, valor que no todas las especies bacterianas soportan. Esta propiedad se utiliza para aislar cultivos de bacterias de cultivos de mohos, debido a que si se realiza un cultivo de mohos y bacterias, usualmente las bacterias crecen y se reproducen a un ritmo mucho mayor que los mohos, por lo tanto, suelen cultivarse a pH bajos, para inhibir el crecimiento bacteriano y debido a que los mohos soportan un pH menor, se pueden analizar con mayor facilidad. Además se suele añadir cierta concentración de azúcares, puesto que la mayoría de bacterias son intolerantes a ellas.

Los mohos se reproducen por medio de esporas, aún cuando su hábitat natural es en humedad, cuando el entorno se reseca los mohos forman esporas y entran en un modo de resistencia, con lo cual logran sobrevivir en ambientes secos.

La forma de alimentación de los mohos, los convierte en sumamente efectivos, debido a que cuando se colocan sobre las células de un huésped, introducen una especie de raíces, llamadas haustorias, que permite que se alimente del citoplasma de la célula huésped.

Los mohos se clasifican, en el phylum Mycota, que es el phylum de los hongos. Además se clasifican según las características de sus esporas, de aquí que haya hongos denominados perfectos e imperfectos.

Clase Chytridiomycetes: Estos hongos poseen células que se mueven mediante un flagelo localizado en su parte posterior. Generalmente habitan en medios acuáticos.

Clase Hyphochytriumycetes: Son hongos que viven en medio acuoso, se desplazan por flagelos y son generalmente parásitos de las algas.

Clase Oomycetes: Su característica principal es la formación de oosporas en el oogonio. Lo que les da su nombre.

Clase Zygomycetes: Los hongos pertenecientes a esta clase, se reproducen por medio de zigosporas. Los zigomicetos se reproducen por la copulación de gametos que forma la zigospora.

Clase Trichomycetes: Estos son parásitos que atacan el conducto intestinal o en la cutícula. Estos hongos poseen un cuerpo con hifas largas, delgadas y sin ramificaciones, se pegan al huésped por medio de una tijereta.

Clase Ascomycetes: Son llamados hongos saulares, poseen micelio con tabiques que separan las células. Se reproducen por ascosporas que emergen de la meiosis. Son necesarios para la fermentación, sobre todo las levaduras, en la industria del pan y la cerveza.

Clase Basidiomycetes: Poseen un basidio que soporta las esporas, este basidio se coloca en la terminación distal de hifas binucleadas.

Levaduras

Las levaduras son hongos, en general, se distinguen del resto de hongos, debido a que normalmente son unicelulares, pero se distinguen de las algas, debido a que no realizan el proceso de fotosíntesis y se distinguen de los protozoarios, porque su pared celular es rígida. Su forma de reproducción predominante es la gemación. Además se distinguen de las bacterias debido a que su tamaño es mucho mayor que el de las mismas. En general hay más de 300 especies de levaduras conocidas y 39 géneros. Es decir, que son un género no muy bien definido, puesto que aún siendo menos que muchos grupos de microorganismos tienen más clasificaciones.

La humanidad ha utilizado, desde tiempos inmemoriales, la ayuda de las levaduras, desde la fermentación de jugos de frutas para la producción de bebidas espirituosas, para la elaboración del pan y muchos otros alimentos nutritivos. Actualmente, se utilizan las levaduras para la síntesis biológica de vitaminas y proteínas a partir de azúcares simples y amoníaco. Aún cuando son sumamente benéficas para la humanidad en un sentido, causan enfermedades en plantas y animales, y así mismo deterioran alimentos y textiles.

La clasificación de las levaduras es sumamente compleja, normalmente se aplican ciertos criterios para clasificarlas, entre las cuales están las características de la reproducción vegetativa, características de las células vegetativas, características de crecimiento en medios líquidos, en medios sólidos, utilización de compuestos de carbono, de nitrógeno, desarrollo en medios de cultivo sin vitaminas, con presión osmótica elevada, desarrollo a temperaturas elevadas, producción de ácido, de compuesto ameboides extracelulares, hidrólisis de la urea, desdoblamiento de grasas, formación de pigmento, producción de éster, resistencia a la actidiona, licuefacción con gelatina, así como características de su reproducción.

Las levaduras son generalmente, células mayores que las bacterias, aunque este parámetro puede variar dependiendo de la bacteria y la levadura. Su tamaño es muy variable, este se encuentra entre 1 y 5 micras de ancho y 5 a 30 de largo. Son ovoides, en general, aún cuando no se descarta la posibilidad de hallarlas esféricas.

Para observar las levaduras al microscopio, generalmente se observan bajo las mismas tinciones que las bacterias, pero para evitar el teñir a la levadura completa, evitando el estudio de su estructura completa, se emplean métodos especiales para determinar su estructura. Estas técnicas dependen del cuerpo celular que se desee determinar, por ejemplo, el Sudan III hace visibles los glóbulos de grasa, el azul de metileno y el resto de colorantes policromos tiñen el material nucleoproteico, etc.

Las levaduras generalmente se reproducen por gemación, esporulación o fisión, no obstante el más común es la gemación. En la gemación se proyecta un túbulo a partir de la vacuola nuclear hacia el punto de la pared celular, formando una protuberancia. El túbulo pasa por la protuberancia, la cual se alarga y se llena con material nuclear y citoplasmático, una vez esto sucede, las células comienzan a separarse para dar lugar a la nueva célula.

1.2.3 Protozoos

Los protozoos se incluyen en el reino Protista, junto con otros organismos unicelulares cuyo núcleo celular está rodeado de una membrana. Los protozoos no tienen estructuras internas especializadas a modo de órganos o, si las tienen, están muy poco diferenciadas, aunque funcionalmente son muy complejos. Algunos tienen células multinucleadas y otros se unen formando colonias. Son primariamente acuáticos y viven en agua dulce o salada. Algunos viven en suelos húmedos arrastrándose en la capa de agua que rodea a cada partícula del suelo¹¹⁰.

Los protozoarios parásitos se pueden encontrar en sangre y líquidos tisulares de plantas. Algunas especies forman esporas y quistes inactivos que pueden resistir condiciones extremas como la desecación. Pueden ser distribuidos con partículas de polvo de un hábitat a otro.¹¹¹ Hay 25,000 especies de protozoarios, aproximadamente, que se distinguen principalmente por sus medios de locomoción.¹⁰⁹

Entre los protozoos se suelen admitir varios grupos:

1) *Phylum Sarcomastigophora* que incluye a las amibas, opalinidos y flagelados. Los organismos pertenecientes a este Phylum son homocariontes, es decir, poseen núcleos iguales. Este phylum a su vez se divide en 3 Subphyla. El Subphylum Matigofora, estos organismos se caracterizan por poseer uno o más flagelos; el Subphylum Sarcodina abarca a los organismos que tienen como estructuras de

locomoción seudópodos (lobopodos, filopodos, rizopodos y axopodos) y el Subphylum Opalinata cuyos organismos presentan estructuras de locomoción semejantes a flagelos pero cuya disposición recuerda a los cilios de los ciliados ¹¹².

2) *Phylum Esporozoa*, estos organismos son parásitos que carecen de estructuras locomotrices y se reproducen por fisión múltiple.

3) *Phylum Ciliophora*, cuyos organismos presentan cilios ¹¹⁰.

1.2.4 Virus

La palabra virus significa veneno y corresponde a la denominación que se le dio originalmente a fines del siglo XVIII a ciertas sustancias que tenían poder patógeno. Posteriormente, con el descubrimiento de las bacterias y la formulación de la teoría de los gérmenes patógenos, se pudo reconocer que existían ciertas organizaciones más pequeñas que las bacterias, que también poseían poder patógeno, y que eran capaces de atravesar filtros que retenían a las bacterias (virus filtrable). Con la microscopía electrónica se pudo definir que estas entidades correspondían a elementos muy pequeños que se denominaron virus.

Los virus son fragmentos de ácido nucleico, DNA o RNA, capaces de multiplicarse en una célula y pasar a otras para iniciar un nuevo ciclo de replicación. Como los ácidos nucleicos son muy vulnerables en el medio extracelular, antes de abandonar las células en las que se han multiplicado, se rodean de una cubierta de estructura proteica, denominada cápsida. Algunos, además, están rodeados por fuera de la cápsida por una envoltura, llamada peplo, de estructura lipídica. Los virus estructuralmente completos se denominan viriones, y poseen un tamaño ultramicroscópico por lo que son visibles únicamente mediante el microscopio electrónico.

Los virus carecen de sistemas para obtener y almacenar energía y efectuar síntesis proteica, por ello son simbioses obligados de células, tanto procariotas como eucariotas, de las que dependen para su replicación.

Muchos de los virus que infectan al hombre le causan enfermedad, ya que al replicarse en las células las lesionan, de modo directo o por mecanismo inmune, produciendo alteraciones patológicas más o menos importantes.

Características de los virus

1.- Los virus son organizaciones macromoleculares constituidas fundamentalmente por ácidos nucleicos y proteínas; en ocasiones algunos virus pueden poseer además lípidos e hidratos de carbono. El ácido nucleico que poseen constituye el genoma viral. Las proteínas virales están codificadas por el genoma viral y suelen ser pocas en cuanto a su naturaleza, pero se encuentran en cantidades apreciables en la partícula viral.

2.- Los virus corresponden a partículas submicroscópicas de tamaño variable; entre los virus más pequeños se encuentran los parvovirus que producen el eritema infeccioso y entre los más grandes están los virus pox responsables de la viruela. La Imagen 1-1 muestra una estimación comparativa de los tamaños de virus y de una bacteria prototipo como la *E. coli*.

3.- Son agentes infecciosos con carácter estrictamente intracelular; los virus son capaces de reconocer células e infectarlas. Esta propiedad se debe a la presencia de receptores en las células y a la infectividad en los virus (antireceptores), que permiten la unión del virus a la célula y su posterior penetración.

4.- Los virus son parásitos estrictamente intracelulares. Como no poseen la capacidad de multiplicarse o de sintetizar por sí mismos sus propios componentes, al infectar las células vivas aprovechan la maquinaria metabólica celular para realizar la síntesis de sus componentes, y de esta manera replicarse generando progenie viral.

5.- Los virus son microorganismos capaces de infectar diversos tipos celulares en los organismos vivos. Pueden infectar bacterias, células vegetales y animales. Las infecciones naturales por virus permiten las interacciones de material genético viral y celular; esto puede afectar la expresión génica de las células y contribuir a la variabilidad de las especies y, por ende, a su desarrollo y evolución.

Estructura Viral

Los virus están constituidos por macromoléculas, las cuales se organizan de tal manera que le confieren sus propiedades biológicas y físico-químicas. Estos componentes moleculares son los siguientes:

- Ácido nucleico: DNA o RNA.
- Proteínas.

- Lípidos.
- Hidratos de carbono.

Estos componentes se organizan constituyendo las partículas virales.

El conjunto de ácido nucleico y proteínas es altamente organizado y recibe el nombre de nucleocápsula. Esta estructura se ordena de acuerdo a ciertas simetrías, adoptando las siguientes formas:

- a) Icosaedro: consiste en un poliedro regular de 20 caras planas triangulares.
- b) Helicoide: la organización corresponde a una estructura en espiral o hélice.
- c) Compleja: en este tipo de nucleocápsula no hay una simetría regular.

La estructura de la nucleocápsula le confiere a las partículas virales diversas propiedades, como estabilidad termodinámica y capacidad de almacenar un máximo de masa en el menor volumen. La organización física de los virus como partículas se denomina virión, que corresponde a la partícula viral completa extracelular. Las proteínas virales se agrupan en unidades estructurales llamadas protómeros. Estas unidades estructurales, que pueden estar formadas por una o varias proteínas, se ordenan entre sí para formar los capsómeros que corresponden a las unidades morfológicas observadas por microscopio electrónico.

Algunos virus poseen lípidos e hidratos de carbono que se organizan en bicapas de lípidos con glicoproteínas insertas, en la misma organización que las membranas celulares.

Como se puede apreciar, no existe una amplia variedad de estructuras virales, sino que de preferencia los virus presentan estructuras características que permiten su identificación y caracterización morfológica.

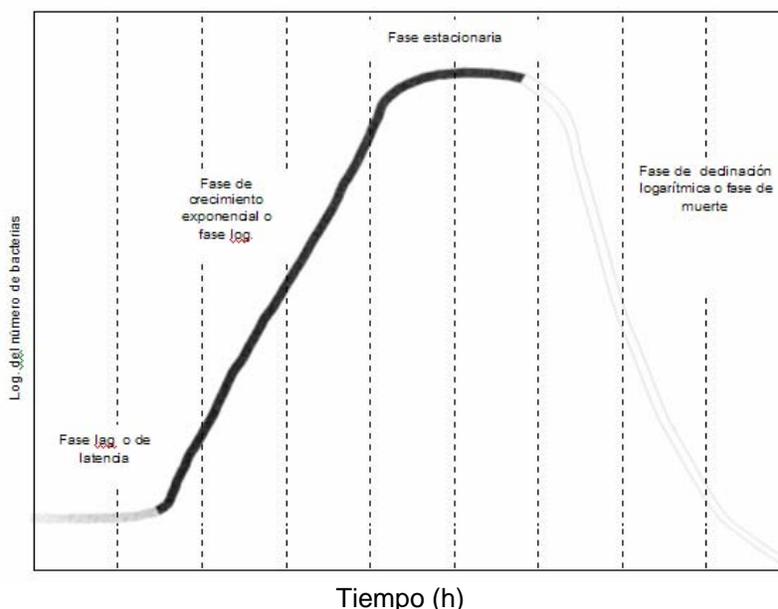
Genoma viral. El genoma viral está constituido por DNA o RNA. El genoma contiene la información genética (genes) necesaria para la síntesis de las proteínas virales. El análisis y secuenciación de los ácidos nucleicos virales permite conocer la naturaleza de las proteínas de un virus. En algunos virus se conoce su secuencia nucleotídica completa y en otros sólo la naturaleza de ciertos genes. Es así como se puede apreciar que los ácidos nucleicos virales tienen ciertas características en cuanto a su organización; algunos poseen secuencias nucleotídicas repetidas e invertidas en determinadas regiones del ácido nucleico.

Proteínas virales. Las proteínas que forman parte de la estructura viral están codificadas en el genoma viral; no son muchas porque los genomas virales son pequeños. Algunos virus, como el de la polio, poseen 4 proteínas y otros más complejos, cerca de 100 (ej: pox). Las proteínas virales presentan ciertas propiedades y son responsables de diversas funciones biológicas. Algunas de ellas corresponden a la infectividad, protección del genoma viral, actividad enzimática, capacidad patogénica, virulencia, inmunogenicidad y antigenicidad. Existe una relación entre la estructura y la función de estas proteínas. Variaciones y cambios en las proteínas virales como consecuencia de cambios en el genoma dan origen a variantes genéticas que determinan tipos y cepas, las que presentan distintas propiedades biológicas y patogénicas. La manipulación controlada de los genomas virales y la obtención de partículas virales con proteínas que presentan determinadas características, han sido fundamentales en la obtención de vacunas.

1.3 Cinética Microbiana

Para comprender la actividad y los mecanismos de acción de los factores condicionantes de desarrollo microbiano, que luego se describirán, es necesario tener en cuenta la cinética de crecimiento microbiano.

Imagen 1. Curva de crecimiento bacteriano típico mostrando las cuatro fases del desarrollo



Se pueden distinguir cuatro fases en el cultivo:

1. La *fase lag o de latencia*, en la que el microorganismo se adapta a las nuevas condiciones y pone en marcha su maquinaria metabólica para poder crecer activamente. La duración de esta fase es variable y en general es mayor cuanto más grande sea el cambio en las condiciones en las que se encuentra el microorganismo.
2. La fase de crecimiento exponencial o fase log.
3. La *fase estacionaria*, en la que no hay aumento neto de microorganismos, lo que no significa que no se dividan algunos, sino que la aparición de nuevos individuos se compensa por la muerte de otros.
4. La *fase de declinación logarítmica o fase de muerte*, en la que el número de microorganismos vivos disminuye de forma exponencial con una constante k que depende de diferentes circunstancias. En la fase de muerte decimos que el número de microorganismos vivos disminuye exponencialmente.

Pero ¿qué es un microorganismo vivo en términos microbiológicos? Consideramos vivo al microorganismo que puede multiplicarse (dividirse), y muerto al que ha perdido irreversiblemente la capacidad de dividirse. Es importante entender este concepto porque los microorganismos microbiológicamente muertos no tienen por qué estar metabólicamente inactivos.

1.3.1 Factores que afectan la rapidez de crecimiento microbiano

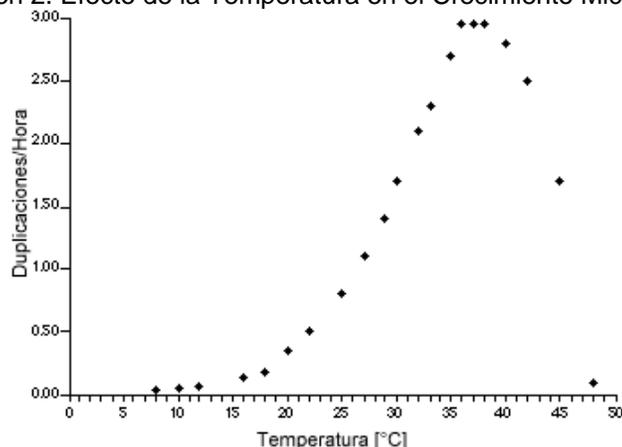
1.3.1.1 Efecto de la Temperatura

Todos los microorganismos tienen una temperatura óptima de crecimiento. Esto significa que a determinada temperatura la velocidad de duplicación (o la velocidad de crecimiento poblacional) de los microorganismos es mayor. Hay que tener en cuenta que no todos los microorganismos crecen en el mismo rango de temperaturas:

Tabla 1. Temperatura Óptima de Crecimiento

Clasificación	Rango	Óptima
Termófilos	25 - 80 °C	50 - 60 °C
Mesófilos	10 - 45 °C	20 - 40 °C
Psicrófilo	-5 - 30 °C	10-20 °C

Imagen 2. Efecto de la Temperatura en el Crecimiento Microbiano



La temperatura afecta la estabilidad de las proteínas celulares porque induce cambios conformacionales que alteran la actividad biológica de estos compuestos, especialmente la de enzimas.

1.3.1.2 Efecto del pH

La mayoría de los microorganismos crecen en pH cercanos a la neutralidad, entre 5 y 9, cosa que no excluye que existan microorganismos que puedan soportar pH extremos y se desarrollen. Según el rango de pH del medio en el cual se desarrollan pueden dividirse en:

Tabla 2. Clasificación de los Microorganismos según el pH

Clasificación	pH externo	pH interno
Acidófilos	1.0 - 5.0	6.5
Neutrófilos	5.5 - 8.5	7.5
Alcalófilos	9.0 - 10.0	9.5

Los microorganismos regulan su pH interno mediante un sistema de transporte de protones que se encuentra en la membrana citoplasmática, que incluye una bomba de protones ATP dependiente. El rango de pH óptimo para el desarrollo de los microorganismos es estrecho debido a que frente a un pH externo muy desfavorable se requiere un gran consumo de energía para mantener el pH interno.

2. Factores que influyen en el crecimiento microbiano

Los principales factores ambientales que influyen en el crecimiento microbiano son alimento, temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno, pH y presencia de sustancias inhibitoras.

2.1 Alimento

Es la fuente de energía necesaria para la vida de los microorganismos. Algunos compuestos de los alimentos son indispensables para el crecimiento de las bacterias. Los elementos más importantes son carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo; también se necesitan cantidades menores de hierro, magnesio, potasio y calcio. Algunas bacterias tienen necesidades nutritivas muy complejas y requieren de la presencia de ciertas vitaminas y aminoácidos para poder crecer.

2.2 Temperatura

Influye mucho en la velocidad de crecimiento. La temperatura a la que crece con mayor rapidez un organismo es su temperatura óptima de crecimiento. De acuerdo a éste comportamiento se pueden clasificar a las bacterias de la siguiente manera:

Clasificación	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Óptima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
Psicrófilos	0-5	20-35	25-40
Mesófilos	5-20	30-45	40-50
Termófilos	35-45	45-70	60-80
Termófilos extremos		>80	

Psicrófilos: Son los que están perfectamente adaptados al frío, crecen bien a temperaturas próximas a los 0 °C. Su velocidad de crecimiento es lenta, y por eso tardan entre 1 y 3 semanas en invadir alimentos. Casi nunca son patógenos, pero sí son alterantes. Crecen muy bien a temperaturas de refrigeración donde constituyen las especies dominantes y son los responsables de las alteraciones de los alimentos refrigerados. Algunas bacterias psicrófilas pueden crecer a temperaturas menores de 0°C, siempre que exista agua disponible. Estas bacterias tienen varias características fisiológicas que le permiten vivir a bajas temperaturas, entre ellas enzimas activas a bajas temperaturas, composición de la membrana celular, etc.

Mesófilos: Se multiplican bien en la zona térmica comprendida entre 10 a 15 °C, pero tienen preferencia por los 37 °C. La mayoría de las bacterias están en este grupo, en el cual abundan tanto los patógenos como los saprófitos. Se suelen encontrar en aquellos alimentos que se han almacenado a temperatura ambiente o en los refrigerados a los que se les interrumpió la cadena de frío.

Termófilos: Son capaces de crecer a temperaturas por encima de 50 °C, y además en tiempos cortos. Destacan dos géneros de bacterias: *Bacillus* y *Clostridium*, y varios tipos de mohos, como *Aspergillus*.

2.3 Humedad

Es la cantidad de agua disponible y no la total la que determina si ocurrirá o no crecimiento. A la humedad disponible para el crecimiento se la denomina “actividad acuosa” (a_w). La a_w toma valores de 1.00 para el agua pura y menores que 1.00 para soluciones acuosas, puesto que una proporción del agua total en el alimento está fuertemente unida a sitios específicos con las moléculas de los alrededores.

2.4 Oxígeno

Los microorganismos pueden agruparse en distintas categorías basándose en sus requerimientos o intolerancia al O₂:

- Anaerobios estrictos

Son aquellos que usan el O₂ como aceptor final de electrones en su respiración, y no pueden usar las vías fermentativas. Por tanto se desarrollan en alimentos oxidantes y en las superficies de los alimentos.

- Anaerobios facultativos

Son grupos microbianos que pueden usar el O₂ para obtener energía, pero en su ausencia utilizan vías fermentativas en las que nitratos, sulfatos, etc. hacen el papel del O₂ (es decir, tienen capacidad fermentativa puesto que poseen las enzimas necesarias). Tanto en superficie como en interior y tanto en alimentos reductores como oxidantes se pueden desarrollar, y entre ellos están los responsables de muchas alteraciones, algunas asociadas a problemas sanitarios.

- Anaerobios obligados

Sólo crecen en bajos niveles de O₂, algunos incluso en ausencia total. Necesariamente son fermentadores. Un buen ejemplo es el género *Clostridium*.

2.5 pH

Los valores de pH van de 0 (máxima acidez), 7 (neutralidad), a 14 (máxima alcalinidad). Los microorganismos tienen pH óptimos de crecimiento y pH límites por encima o debajo de los cuales no pueden desarrollarse. La mayoría de las bacterias ven favorecido su crecimiento a pH cercano a la neutralidad (6.8 – 7.5). Sin embargo algunas prefieren valores más bajos (pH 4 - 6).

2.6 Contenido en nutrientes

Cada microorganismo tiene una capacidad específica para poder usar ciertas estructuras químicas del alimento, y por tanto, para poder alterarlo. Ya sabemos que los microorganismos necesitan, igual que nosotros, agua, vitaminas, sales, una fuente de energía y una fuente de Nitrógeno.

Las fuentes de energía suelen ser los azúcares, y en su ausencia, los lípidos. Como fuente de Nitrógeno, fundamentalmente usan los aminoácidos de las proteínas. Las vitaminas, por otra parte resultan fundamentales para los microorganismos, sobre todo cuando no son capaces de fabricarlas. También algunos microorganismos necesitan pequeñas cantidades de sales minerales que suelen estar en los alimentos.

2.7 Sustancias inhibidoras

Son generalmente sustancias químicas que actúan como conservantes en aquellos alimentos a los que se agregan. Dichas sustancias son bacteriostáticas, es decir, bloquean el desarrollo microbiano (reprimiendo su crecimiento a actividad metabólica) pero no lo eliminan, a diferencia de los bactericidas (por ejemplo desinfectantes) que eliminan a los microorganismos.

3. Microorganismos indicadores de inocuidad y de la calidad de alimentos

3.1 Indicadores de la inocuidad de los alimentos

Los microorganismos indicadores manifiestan la calidad microbiológica de los alimentos con respecto a su inocuidad⁹². Éstos generalmente son usados con mayor frecuencia para determinar la higiene de los alimentos, cuya presencia en alimentos específicos y en cantidades determinadas se usa para evaluar la calidad higiénica existente. Los indicadores de inocuidad fueron usados en tiempos pasados para detectar contaminación fecal de las aguas y con ello la posible presencia de patógenos intestinales.

El primer indicador de contaminación fecal fue *Escherichia coli*. Cuando el concepto de indicador fecal se aplicó a la inocuidad de los alimentos, se adicionaron otros criterios, siendo todavía válidos los propuestos por Buttiaux y Mossel⁹³. Más adelante, otros microorganismos se utilizaron con la misma finalidad y se aplicaron en los alimentos⁴.

Escherichia coli, conocido anteriormente como *Bacterium coli commune* fue identificado por el pediatra Theodoro Escherich cuando intentaba aislar el agente etiológico del cólera en 1885⁹⁴. Al aislarlo y estudiarlo, éste investigador determinó que es un bacilo anaerobio facultativo y que predomina en el intestino, ya que estaba presente en las heces de los enfermos que él examinó. Este microorganismo pertenece a la familia Enterobacteriaceae.

Schardinger en 1892 fue el primero que propuso el uso de este microorganismo como índice de contaminación fecal porque se pudo aislar con la mayor facilidad que cualquiera de los microorganismos patógenos transmitidos por el agua⁹⁴.

Sin embargo, el criterio para *E. coli* fue confuso, ya que otras bacterias como *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp. y *Klebsiella* spp. presentaban características fenotípicas y bioquímicas similares a ésta, como consecuencia se empieza a utilizar el criterio de coliformes para este grupo de bacterias entéricas. En la actualidad las Normatividad Mexicana y las industrias utilizan los coliformes como indicadores de higiene o contaminación después del proceso⁹⁵. Los coliformes no tienen una clasificación taxonómica definida, pero describe al grupo de las bacterias gram-negativas (*Citrobacter*, spp. *Enterobacter*, spp. *Escherichia* spp. y *Klebsiella* spp.) y son bacilos anaerobios facultativos que fermentan la lactosa, produciendo ácido y gas. Esto ocurre generalmente a 35°C en 48 horas aproximadamente⁴.

E. coli es un indicador de sanidad que puede indicar contaminación fecal en el alimento⁹⁶. Si la presencia de *E. coli* se detecta luego del procesamiento del alimento, esto es un indicativo que los procesos de saneamiento y control de temperatura son inadecuados.

Si bien la presencia de cifras elevadas de coliformes y de *E. coli* en los alimentos es indeseable, es prácticamente imposible eliminarlos todos aún con las Buenas Prácticas de Manufactura [ver Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura], por lo tanto la producción de alimentos con el número más bajo posible de microorganismos es el objetivo deseable.

En los alimentos que han recibido un tratamiento para garantizar su sanidad, la presencia de niveles considerables de *Enterobacteriaceae* o de coliformes indica:

- (1) tratamiento inadecuado y/o contaminación posterior al tratamiento; más frecuentemente a partir de materias primas, equipos sucios o manejo no higiénico
- (2) multiplicación microbiana que pudiera haber permitido el crecimiento de toda la serie de microorganismos patógenos y toxigénicos. Con todo lo valiosa que esta información pueda ser, nunca deberá interpretarse como indicación cierta de que ha tenido lugar una contaminación de origen fecal de tales alimentos.

Una pregunta siempre apremiante es la de si un resultado negativo en cualquiera de las pruebas mencionadas asegura la ausencia de patógenos entéricos. Ello depende naturalmente de parámetros tales como:

- (1) el número y la magnitud de las alícuotas examinadas
- (2) la sensibilidad del método
- (3) el número de *Enterobacteriaceae*, coliformes o *E. coli* y de microorganismos patógenos.

En cuanto a los alimentos potencialmente peligrosos se permite un número de coliformes que varía desde 1 a 100/g ó 100 ml. Este criterio refleja tanto su factibilidad como los parámetros de seguridad ⁴.

3.2 Otros microorganismos indicadores

Entre otros microorganismos que se usan a veces como indicadores podemos mencionar:

- (1) *Staphylococcus aureus*, para la contaminación procedente de vías orales, nasales, piel y otros orígenes
- (2) Bacterias mesófilas esporuladas como indicadores de un tratamientos térmico insuficiente de los alimentos enlatados o de un almacenamientos prolongando sin refrigeración de los alimentos cocinados, tales como la carne y el arroz
- (3) Enterovirus formadores de placas en cultivo de tejidos como indicadores de otros virus cuya detección en los alimentos es más difícil si no imposible. Los indicadores mencionados no se utilizan de modo general, posiblemente porque cada uno de ellos tiene determinados inconvenientes.

(1) *Staphylococcus aureus*. La presencia de *S. aureus* en un alimento se interpreta, por lo genera, como indicativo de contaminación a partir de la piel, la boca y las fosas nasales de los manipuladores de alimentos, si bien el material y equipo sucios y las materias primas de origen animal pueden ser asimismo la fuente de la contaminación. Cuando se encuentra un gran número de estafilococos en un alimento, ello significa, por lo general, que las prácticas de limpieza y desinfección y el control de la temperatura no han sido, en algún lugar, adecuados.

Ingran (1960) concedía significado a la presencia de gran número de *Staphylococcus*, por ejemplo en carnes curadas, debido a que, cuando los recuentos de este grupo de gérmenes son altos, se han dado circunstancias determinantes de que las cepas de *S. aureus* enterotoxigénicas pudieran encontrarse en número peligroso.

(2) *Bacterias mesófilas esporuladas*. La presencia de bacilos mesófilos en alimentos enlatados indica que o bien el envase no se cerró herméticamente o que el tratamientos térmico fue insuficiente para destruir los esporos. Existe la posibilidad de que en tales circunstancias pudiera estar presente también *Clostridium botulinum*. Si fuera así, pudiera haber tenido lugar el crecimientos del germen y la producción de toxina en los alimentos enlatados de acidez escasa (pH 4.6 o más elevado), tales como sopa de pollo y champiñones.

Cuando se encuentran bacterias esporuladas en los alimentos refrigerados y en los deshidratados en número anormalmente elevado, o en proporción excesivamente grande de la población total, existe el riesgo de que entre ellas puedan encontrarse *C. perfringens*, *C. botulinum* o *Bacillus cereus*. Estos microorganismos representan un peligro ya en el alimento tal como ha sido fabricado o en sus usos futuros.

(3) *Virus*. La utilidad de los virus como indicadores de la contaminación de los alimentos es problemática, debido a las dificultades técnicas en la demostración de su presencia. El diagnóstico de las enfermedades víricas transmitidas por los alimentos, tales como la hepatitis infecciosa y la poliomielitis se basa, por lo general en las investigaciones epidemiológicas "a posteriori" y no en el análisis de laboratorio del alimento implicado. No obstante, Kostenbader y Cliver (1973) han propuesto pruebas para enterovirus formadores de placas. Parecería que tales pruebas son especialmente útiles en situaciones en las que persisten los virus contaminantes aún cuando las pruebas para los indicadores bacterianos comunes den resultados negativos.

4. Factores que condicionan la respuesta de los microorganismos

4.1 Factores Intrínsecos

Son parámetros que dependen de las características físicas y químicas de los tejidos animales y vegetales, y que, como controlan la velocidad de las reacciones enzimáticas, repercuten en la intensidad de multiplicación de los microorganismos. Estos son: actividad acuosa (a_w), pH, potencial redox, nutrientes, estructura del alimento, agentes antimicrobianos presentes, etc.

4.1.1 pH y ácidos orgánicos débiles

En general, la presencia de ácidos en el alimento produce una drástica reducción de la supervivencia de los microorganismos. Los ácidos fuertes (inorgánicos) producen una rápida bajada del pH externo, aunque su presencia en la mayoría de los alimentos es inaceptable. Los ácidos orgánicos débiles son más efectivos que los inorgánicos en la acidificación del medio intracelular; se supone que esto ocurre porque es más fácil su difusión a través de la membrana celular en su forma no disociada (lipofílica) y posteriormente se disocian en el interior de la célula inhibiendo el transporte celular y la actividad enzimática.

La mayoría de los microorganismos crecen a pH entre 5 y 8, en general de hongos y las levaduras son capaces de crecer a pH más bajos que las bacterias. Puesto que la acidificación del interior celular conduce a la pérdida del transporte de nutrientes, los microorganismos no pueden generar más energía de mantenimiento y, a una velocidad variable según las especies, se produce la muerte celular.

4.1.2 Actividad Acuosa

Los microorganismos requieren la presencia de agua, en una forma disponible, para que puedan crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas. La mejor forma de medir la disponibilidad de agua es mediante la actividad acuosa (a_w). La a_w de un alimento puede reducirse aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos mediante la extracción del agua o mediante la adición de solutos. La deshidratación es un método de conservación de los alimentos basado en la reducción de la a_w . Un pequeño descenso de la a_w es, a menudo, suficiente para evitar la alteración del alimento, siempre que esta reducción vaya acompañada por otros factores antimicrobianos. La mayoría de las bacterias y hongos crece bien a a_w entre 0.98 y 0.995; a valores a_w más bajos la velocidad de crecimiento y la masa celular disminuyen a la vez que la duración de la fase de latencia aumenta hasta llegar al infinito (cesa el crecimiento). Algunos tipos de microorganismos son capaces de crecer en condiciones de alto contenido de sal (baja a_w). Dependiendo de la capacidad de supervivencia a baja a_w se denominan osmófilos, xerófilos y halófilos (según va aumentando su requerimiento de sal). Sin embargo, la baja a_w reduce también la tasa de mortalidad de las bacterias: una baja a_w protege los microorganismos durante tratamientos térmicos.

4.1.3 Potencial de óxido-reducción (Eh)

Se piensa que el potencial redox es un importante factor selectivo en todos los alimentos, que probablemente influye en los tipos de microorganismos presentes y en su metabolismo. El potencial redox indica las relaciones de oxígeno de los microorganismos vivos y puede ser utilizado para especificar el ambiente en que un microorganismo es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células sin recurrir al oxígeno molecular: Los microorganismos aerobios requieren valores redox positivos y los anaerobios negativos. Cada tipo de microorganismo sólo puede vivir en un estrecho rango de valores redox.

4.1.4 Factores de procesamiento

Cuando un microorganismo se encuentra en la superficie o en el interior del alimento, actúan sobre él todos los factores físicos o químicos debidos a la composición en sí y a las condiciones en las que se encuentra. Especialmente relevantes, por ser susceptibles de manipulación tecnológica de procesamiento, se enumeran los siguientes:

4.1.4.1. Letalidad por acción de altas temperaturas

Las temperaturas superiores a las de crecimiento óptimo producen inevitablemente la muerte del microorganismo o le producen lesiones. Las células lesionadas pueden permanecer viables; pero son incapaces de multiplicarse hasta que la lesión haya sido reparada. La velocidad de termodestrucción se ve afectada por factores intrínsecos (diferencia de resistencia entre esporas y células vegetativas, localización intra o extracelular de las bacterias patógenas), factores ambientales que influyen el crecimiento de los microorganismos (edad, temperatura, medio de cultivo) y factores ambientales que actúan durante el tratamiento térmico (pH, a_w , tipo de alimento, sales, etc.).

4.1.4.2. Letalidad por irradiación

Radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta produce una disminución exponencial en el número de células vegetativas o de esporas vivas con el tiempo de irradiación. Existe una falta de información precisa sobre la susceptibilidad de las diferentes especies microbianas a la radiación UV: diferentes cepas de una misma especie pueden tener una resistencia distinta.

Radiación ionizante

La radiación ionizante es altamente letal, puede ajustarse su dosis para producir efectos pasteurizantes o esterilizantes y su poder de penetración es uniforme. Es letal por destrucción de moléculas vitales de los microorganismos, esto los consigue sin producción de calor, por lo que los alimentos se conservan frescos. La mayoría de los daños son a nivel ADN. La sensibilidad a la radiación de los microorganismos difiere según las especies e incluso según las cepas, aunque las diferencias de resistencia entre cepas de una misma especie son generalmente lo suficientemente pequeñas para no tenerlas en cuenta a efectos prácticos. Las bacterias Gram-negativas son generalmente más sensibles a la irradiación que las Gram-positivas y las esporas aún más resistentes. En general, la resistencia a la radiación de los hongos es del mismo orden que la de las formas vegetativas bacterianas. Los virus son aún más resistentes que las bacterias a la radiación.

4.2 Factores Extrínsecos

Los factores extrínsecos se refieren a aquellos relacionados con las condiciones del ambiente en el que se almacenan los alimentos. La mayoría de los alimentos crudos tienen una gran variedad de bacterias, levaduras y hongos que, según las condiciones, se desarrollan unos mejor que otros; las especies que sean dominantes son las responsables de la alteración del alimento así cada tipo de alimento se deteriora por acción de un tipo de microorganismo concreto estableciéndose una **asociación específica** entre el microorganismo alterante y el producto alterado.

De los mismos, la temperatura y la composición gaseosa son los dos principales factores extrínsecos que influyen en el desarrollo microbiano. Como toda clasificación tiene su elemento de arbitrariedad, algunos factores aquí incluidos podrían, dadas las circunstancias, considerarse alternativamente de procesamiento, como es el uso de las atmósferas modificadas.¹⁰⁰

4.2.1 Composición gaseosa del medio

En los últimos años se ha usado el envasado e incluso el almacenamiento en atmósferas modificadas que se preparan para prolongar la vida útil del alimento. Para ello, se emplean diferentes gases (N, CO₂, O₂ y aire) mezclados en diferentes proporciones. Numerosos ensayos con distintos alimentos han puesto de manifiesto la eficacia de estas atmósferas modificadas incluso frente a las alteraciones microbianas. Para mayor información consultar el Módulo 5 de Empaque y etiquetado de productos cárnicos.

4.2.2 Temperatura

Hay tres formas básicas de conservar productos alimentarios.

→ Por medio de calor, matando a los microorganismos contenidos en su estructura.

→ Por secado o ahumado, reduciendo la cantidad de agua en la estructura para retardar el desarrollo de los microorganismos.

→ Por frío, reduciendo el metabolismo de los microorganismos en la estructura y garantizando un aumento en los valores de vida de anaquel.

El papel del frío en la conservación de los productos alimentarios es muy importante. Para comprenderlo es preciso conocer las causas de sus alteraciones y las razones de algunas temperaturas típicas empleadas en la industria alimentaria.

Existen dos tipos de productos alimenticios básicos a conservar; los que siguen vivos, como las frutas, vegetales y huevos durante su conservación por medio del frío y los que no están vivos, en este caso son todos los que involucran la muerte del animal.

Los productos alimenticios se consideran como sustancias biológicas, es decir, derivados de seres vivos, vegetales o animales, formados por células, dentro del alimento existen otros componentes, unos en mayor proporción que otros. Los tres componentes mayoritarios en los alimentos de origen animal son las proteínas, los lípidos (grasas) y carbohidratos (azúcares y harinas). Además, todos los alimentos tienen agua en su composición, en mayor o menor cantidad, factor que es muy importante puesto que el contenido de agua en un alimento va a influenciar muchísimo su capacidad de conservación porque la actividad microbiana solamente se desarrolla en un ambiente acuoso. Los

alimentos en los cuales el frío es su proceso típico de conservación presentan un contenido de agua desde 50% hasta los 95%.

Cuando intentamos controlar su comportamiento a bajas temperaturas no hay coincidencia entre microbios y enzimas. Los primeros cesarán toda la actividad entre -5°C y -10°C , todavía los enzimas se cree que su actividad es prácticamente nula sobre -30°C . Resumiendo, la acción del frío sobre los productos alimentarios resulta de proporcionar condiciones no favorables a la actividad microbiana o enzimática. La conservación por frío será mas larga cuanto mas baja sea su temperatura.

Cuando se conservan alimentos a muy bajas temperaturas siempre ocurre una pérdida de calidad que se agrava con el tiempo de conservación, por lo tanto, no es difícil comprender la primera regla básica de frío: *"El Frío Industrial Solamente se Debe Emplear a Alimentos de Muy Buena Calidad"* es un error muy grande, reservar para congelación productos alimentarios retrasados esperando que su calidad mejore.

4.2.2.1 Cámara Frigorífica

El proceso mas común es todavía la cámara frigorífica. Dentro de ésta hay que tener en cuenta la humedad relativa del aire y su velocidad. Si la velocidad es demasiado baja no es posible mantener una temperatura uniforme en toda la cámara, pero si es demasiado alta estaremos promoviendo a una mayor evaporación de agua en los productos conservados. Si la humedad es demasiado baja promoveremos a la evaporación pero si es demasiado alta podremos estar desarrollando algunas bacterias. Es fundamental enfriar a los productos los mas rápidamente que sea posible antes de someterlos a la conservación.

4.2.2.2 Congelación

Se entiende por congelación la conservación de alimentos a temperaturas inferiores al punto de congelación del agua. Estas temperaturas pueden variar desde la que se obtiene en un refrigerador casero (aprox -2 a -10°C) y las conseguidas en sistemas de congelación más potentes que pueden llegar a -30 a -80°C . La congelación detiene el crecimiento de todos los microorganismos. Los superiores (hongos, levaduras, helmintos) son más sensibles que las bacterias y mueren.

La congelación consiste en transformar toda (o casi) el agua de un alimento en hielo. El contenido de agua en los alimentos es muy variable pero los que habitualmente se congelan (carne, pescado, vegetales, comidas cocinadas, etc.) siempre es muy alta.

Cuando se congela un alimento, tiene que ser enfriado desde la temperatura a la cual entro en el congelador, hasta su punto de congelación, habitualmente de -2°C , liberando una cierta cantidad de calor sensible. Después, cuando sobrepase su punto de congelación va liberar mayor cantidad de calor sin que cambie su propia temperatura mientras que la instalación (congelador) trata de sacar su calor latente y finalmente va a enfriarse (sensible) desde su punto de congelación hasta la temperatura a la cual daremos por terminado el proceso de congelación.

La cantidad de energía (latente) liberada para cambiar el estado físico del agua es mayor que las dos energías de enfriamiento (sensible), este hecho marca la diferencia que hay entre un aparato congelador y una cámara de conservación de productos congelados.

CONGELACIÓN RÁPIDA

El proceso de congelación rápida deberá realizarse de tal manera que se reduzcan al mínimo los cambios físicos, bioquímicos y microbiológicos, tomando en cuenta el tipo de aparato de congelación y su capacidad, la naturaleza del producto (conductividad, dureza, forma, temperatura inicial) y el volumen de producción. En la mayoría de los productos el mejor sistema para ello es hacer que el alimento pase rápidamente por la gama de temperaturas de máxima cristalización del hielo, comprendida habitualmente entre -1°C y -5°C en el centro térmico del producto.

El proceso de congelación rápida no se considerará completo mientras en el centro térmico del producto no se haya alcanzado una temperatura de -18°C o más baja tras la estabilización térmica. El producto que sale del aparato de congelación no deberá exponerse a humedad elevada ni a temperaturas cálidas, y habrá de trasladarse cuanto antes a una cámara frigorífica.

Cuando se enfría rápidamente un alimento muchas de las bacterias mesófilas que normalmente resistirían la temperatura de refrigeración, mueren como consecuencia del "choque de frío". Esto es más frecuente en Gram-negativas que en Gram-positivas.

El agua que se encuentra en los productos alimentarios es parte integrante de sus células. Si nosotros congelamos lentamente a un producto, el agua se separa de la proteína congelándose fuera y

formando grandes cristales de hielo. Cuando ocurre el descongelamiento, la proteína celular no logra fijarse de nuevo al agua que pasa al estado líquido, sale del producto que se quedara seco sin sabor y sin valor nutritivo. Por lo tanto, se desea una paso rápido del agua en estado líquido al sólido para que se formen cristales de hielo muy pequeños, estos cristales estarán en toda la célula y por eso cuando ocurre la descongelación no se dañara la célula del alimento.

Por eso, nosotros empleamos hoy en día a congelación rápida donde la temperatura del producto cambia muy rápido de los -2°C a los -5°C puesto que es dentro de estos límites que ocurre la formación de cristales de hielo y así se logra garantizar la formación de cristales muy pequeños.

Pero no es solamente una baja rápida de temperaturas determinara una buena congelación. Como hemos visto, la actividad microbiana empieza cuando el alimento es producido, por ejemplo en res, cerdo o pollo esta muerto (Rigor Mortis); puede constatarse que esta actividad se mantiene hasta los -10°C y la actividad enzimática solamente sobre los -18°C se reduzca para niveles que permitan una conservación de congelados de larga duración.

4.3 Factores Implícitos

La alteración microbiana de un alimento va a depender del tipo y número de microorganismos que hay. Se llaman parámetros implícitos a aquellas características de cada especie que permiten que unas dominen a otras. Fundamentalmente son dos:

- Velocidad de crecimiento

Depende no solo del propio microorganismo sino de las condiciones ambientales y del alimento.

- Interacciones entre poblaciones mixtas

Cuando una población se desarrolla, acumula metabolitos que pueden dificultar o impedir el desarrollo de otras especies; en otros casos, las interacciones son positivas, es decir, los metabolitos de unas especies pueden favorecer el crecimiento de otras. Resumiendo, en un alimento se puede establecer lo que se llama asociación microbiana. A lo largo del tiempo en un alimento podemos hablar de sucesiones. Dentro del fenómeno de las interacciones interesa destacar las acciones antagónicas y las acciones sinérgicas:

- Acciones antagónicas. Son acciones predatoras y parásitas
- Acciones sinérgicas. Aquellas en las que el efecto combinado es distinto de la suma individual de efectos.

5. Los microorganismos como agentes patógenos transmitidos por alimentos que afectan al hombre

5.1 Procesos patológicos transmisibles por los alimentos: Infecciones e Intoxicaciones.

Ya observamos que los microorganismos pueden ser empleados como indicadores de inocuidad de los alimentos pero ciertos microorganismos son patógenos y potencialmente transmisibles a través de los alimentos. Un microorganismo patógeno se define como un microorganismo que daña al hombre directamente por invasión o lesión. En estos casos, las patologías que se producen suelen ser de carácter gastrointestinal, aunque pueden dar lugar a cuadros más extendidos en el organismo e, incluso, a septicemias.

En los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos donde se identificó al microorganismo, las bacterias representan aproximadamente, el 80% de los brotes y el 90% de los casos entre 1988 y 1992⁹⁷. En los Estados Unidos, los agentes bacterianos más comunes que se asocian a los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos, incluyen, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* y, en menor grado, *Bacillus cereus*, *Shigella*, y *Campylobacter*.

La procedencia del microorganismo patógeno puede ser de dos tipos: **microorganismos endógenos** presentes en el interior del alimento, y **microorganismos exógenos** depositados en la superficie del alimento. Los primeros suelen estar asociados a alimentos animales ya que los patógenos de animales pueden ser los mismos que los de los humanos.

Las patologías asociadas a transmisión alimentaria pueden ser de dos tipos: **infecciones alimentarias** producidas por la ingestión de microorganismos o **intoxicaciones alimentarias** producidas como consecuencia de la ingestión de toxinas bacterianas producidas por microorganismos presentes en los alimentos.

5.2 Respuestas patológicas a los alimentos

Las enfermedades transmitidas por los alimentos pueden clasificarse, ya sea como infecciones, intoxicaciones o toxiinfecciones.

5.2.1 Infecciones

Las infecciones son causadas por microorganismos patógenos viables que entran en el cuerpo y lo colonizan, provocando una reacción a dicho organismo y/o a sus toxinas.¹¹³ Existen dos tipos de infecciones transmitidas por los alimentos.¹¹³ Un tipo es causado por la penetración del organismo infectado en la mucosa intestinal y su subsecuente multiplicación en ella (Salmonella, Shigella), o su multiplicación en otros tejidos (hepatitis tipo A, Trichinella spiralis). Un segundo tipo es cuando por la liberación de enterotoxinas por parte de un organismo infeccioso mientras se multiplica, causando lisis (destrucción), o esporulado (produce una forma resistente llamada espora) en la región intestinal (Vibrio cholerae, Clostridium perfringens). A continuación se presenta una lista de las Infecciones producidas por enterobacterias y por otras bacterias:

Enterobacterias

- Salmonelosis
- Shigelosis
- *E. coli* enteropatógeno
- Yersinia enterocolitica

Otras bacterias

- Campilobacteriosis
- *Clostridium perfringens*
- Listeriosis
- Infecciones por Vibrios
- Brucelosis
- *Aeromonas, Plesiomonas*

Para que una bacteria pueda causar una infección, además de las condiciones anteriores es necesario que el microorganismo presente un rango de temperaturas de crecimiento compatible con la temperatura corporal de los organismos superiores (40°C).

5.2.2. Intoxicaciones

Una intoxicación es causada por la ingestión de toxinas. Estas pueden encontrar en, forma natural, en ciertas plantas y animales o pueden ser productos metabólicos de algunas bacterias (toxina botulinica, enterotoxina estafilocócica), mohos (micotoxinas) o algas / dinoflagelados (saxitoxina).

Las intoxicaciones presentes en alimentos pueden ser:

- Intoxicación Estafilocócica
- Botulismo
- Intoxicaciones por *Bacillus cereus*

Los tipos de microorganismos patógenos con importancia alimentaria comprenden bacterias, protozoos y virus, en el caso de las infecciones alimentarias, y bacterias y hongos (mohos) en el caso de las intoxicaciones.

5.2.3. Toxi infecciones

El término de Toxi infección alimentaria se designa a una gastroenteritis aguda provocada por la contaminación bacteriana de los alimentos o las bebidas. Se trata de una toxemia más que de una infección bacteriana. Existen dos formas distintas, con diferente origen pero con el mismo cuadro clínico. Tales son la *forma infecciosa, en que la bacteria se multiplican en el alimento contaminado y elaboran sus toxinas al pasar al intestino*, y la *forma tóxica, en que las toxinas son elaboradas en el alimento antes de ser ingerido y la bacteria no se multiplican en el organismo*. Ambas formas se caracterizan por vómitos violentos y diarrea, acompañados de postración grave e incluso profunda. Los síntomas aparecen de 6 a 12 horas después de ingerir el alimento contaminado, mas precozmente en el tipo tóxico y más tardíamente en el tipo infeccioso.

En cualquier caso, para que se produzca una toxiinfección es necesario que el microorganismo haya producido:

- a) Suficiente número para colonizar el intestino.
- b) Suficiente número para intoxicar el intestino.

c) Cantidades de toxina significativas.

5.3 Triada Epidemiológica

La tríada epidemiológica es un concepto que nace para ser aplicado en enfermedades infecciosas y que hoy se utiliza también en enfermedades no infecciosas. En la tríada participan:

- Agente.
- Ambiente
- Huésped o mesonero

Estos tres elementos deben conjugarse (interactuar) para que se produzca la transmisión. El término mesonero se aplica fundamentalmente a las parasitosis. La interacción entre el agente y el huésped se realiza a través del ambiente.

Los agentes pueden ser de variada naturaleza, entre ellas virus, bacterias y hongos. Tienen afinidad por especies. Un reservorio es todo lugar donde se encuentra la masa del agente, y los reservorios de estos agentes pueden ser exclusivamente humanos, compartidos con especies animales o ser zoonosis. La virulencia es la capacidad del agente para infectar al huésped una vez que toma contacto con él.

Los huéspedes se caracterizan por presentar una susceptibilidad a determinados agentes, y poseer una inmunidad natural y otra adquirida (por la enfermedad) o inducida (por vacunación). El huésped tiene una puerta de entrada y factores predisponentes para el ingreso del agente, como por ejemplo la edad. Otros factores del huésped son el periodo de incubación (enfermedad no es aparente y no hay síntomas), periodo de estado (la enfermedad misma), periodo de contagio y enfermedad inaparente.

Imagen 3. Triada epidemiológica



Las enfermedades transmisibles implican la interacción entre el agente infeccioso, el proceso de transmisión o ambiente y el huésped.

Son muchos los microorganismos que producen enfermedades en el hombre. La infección consiste en la entrada y el desarrollo o multiplicación de un agente infeccioso en el huésped. Pero infección no es equivalente a enfermedad. Algunas infecciones, como la toxoplasmosis no producen enfermedad clínica o la producen muy tardíamente, como la infección por el VIH que produce la enfermedad sida después de años.

El resultado final de la infección depende de diversos factores que afectan a todos los estadios de la cadena de infección: la *patogenicidad* del agente, es decir, su capacidad para producir la enfermedad; su virulencia, es decir, la gravedad de la infección que produce; su *infectividad* es decir, su capacidad para invadir y producir infección en el huésped.

El hábitat natural de un agente infeccioso es el *reservorio*. Éste puede ser el hombre, los animales u otras fuentes ambientales. El foco de infección es la persona u objeto a partir de los cuales el agente pasa al huésped. Un foco de enfermedad puede ser una persona que es portadora del agente sin tener manifestaciones de la enfermedad.

La *transmisión*, que es el segundo eslabón de la cadena de infección, es la propagación del agente a través del ambiente o de otra persona. La transmisión puede ser directa o indirecta.

La *transmisión directa* es la transferencia inmediata del agente infeccioso desde un huésped infectado o desde el reservorio a un punto de entrada en el nuevo huésped. Puede producirse por contacto directo o por propagación de gotitas al estornudar o al toser.

La *transmisión indirecta* puede realizarse a través de un vehículo (materiales contaminados como alimentos, vestidos, ropa de cama, etcétera), de un vector (como un insecto u otro animal) o del aire (diseminación de gotitas o partículas de polvo que entran en general al organismo a través del aparato respiratorio).

La puerta de entrada del agente infeccioso en el huésped puede ser la piel, las mucosas, el aparato digestivo o el respiratorio. Un importante factor que determina la evolución de la infección es el grado de resistencia o inmunidad, natural o provocada por vacunas, que tiene el huésped. La inmunidad se desarrolla después de una infección, de la vacunación o de la transmisión de anticuerpos maternos a través de la placenta o de la lactancia.

El ambiente desempeña un importante papel en el desarrollo de las enfermedades transmisibles. Forman parte de él factores como la higiene general, la temperatura, la contaminación atmosférica, la calidad del agua, el hacinamiento, etc.¹⁰⁷.

6. Otros agentes patógenos de los alimentos que afectan al hombre

Los virus y protozoarios no se multiplican en los alimentos, de ahí que la ausencia de deterioro o alteración en un alimento en el que ha habido desarrollo mínimo de bacterias patógenas es una regla general que debe ser tomada en cuenta en el control sanitario de los alimentos.¹⁰⁰

6.1 Agentes virales

La Hepatitis tipo A y los virus de Norwalk, constituyen la mayoría de los casos de enfermedades transmitidas por los alimentos causadas por virus. A pesar que los virus corresponden a menos del 10 % de los brotes y casos de las enfermedades transmitidas por los alimentos, ellos son, indudablemente, una causa mucho más importante de enfermedades transmitidas por los alimentos que lo que los datos sugieren. El bajo número de brotes informados probablemente refleje las limitaciones de las técnicas de laboratorio actuales para detectar virus e infecciones virales. A medida que aumenten las capacidades para diagnosticar virus, la proporción de enfermedades transmitidas por los alimentos atribuidos a ellos también aumentará.⁹⁷ Ya que los virus son parásitos intracelulares obligados, no se pueden multiplicar en alimentos. Las enfermedades virales transmitidas son causadas por la contaminación fecal del mismo, generalmente debido a la mala higiene personal del manipulador de alimentos.⁹⁷

6.1.1 Transmisión de Virus a través de los Alimentos⁹⁸

Los virus han "surgido" como causantes de enfermedades transmitidas a través de los alimentos, conforme a la información recopilada por los Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC). Durante 1983-87, el virus Norwalk fue considerado como la quinta causa principal de enfermedades transmitidas a través de los alimentos; el virus de la hepatitis A, la sexta causa; y otros virus (principalmente los rotavirus) la décima causa.¹¹⁵ Hacia 1998-1992, el periodo más reciente del cual se tiene información publicada, el virus de la hepatitis A ha llegado a ser la cuarta causa principal, y los virus de tipo Norwalk por primera vez aparecieron en noveno lugar, en la lista de las diez causas principales.¹¹⁵

La **hepatitis A**, la cual se sabe no es reportada adecuadamente en los Estados Unidos¹¹⁴, es la única enfermedad viral transmitida a través de los alimentos para la cual se exige que todos los casos diagnosticados sean notificados oficialmente a las autoridades. Por lo tanto, los registros de incidencia de otras enfermedades virales con certeza también son inexactos. Al igual que sucedió con los virus tipo Norwalk, es posible que aparezcan otros agentes virales nuevos, entre las diez causas principales de enfermedades transmitidas a través de los alimentos, en futuras recopilaciones de datos.

6.1.1.1 Características Especiales de los Virus⁹⁸

6.1.1.1.1 Las partículas como formas transmisibles.⁹⁸

Los virus pasan de un huésped a otro huésped en forma de partículas inertes. Las partículas son más o menos esféricas, con diámetros de 22 a 35 nm (picornavirus y calicivirus; por ejemplo, respectivamente, los virus de la hepatitis A y de tipo Norwalk) o tan grandes como 74 nm (rotavirus).

Los virus más pequeños que se transmiten a través de los alimentos contienen RNA monocatenario, mientras que los rotavirus contienen RNA bicatenario. Los virus entéricos humanos que contienen DNA son conocidos, pero no se ha podido comprobar que sean transmitidos a través del agua o de los

alimentos. La superficie externa de la partícula es una cobertura proteica altamente específica, la cual envuelve y protege al ácido ribonucleico (RNA), interactúa con la célula huésped susceptible para iniciar la infección, y actúa como antígeno contra las respuestas inmunes que ha montado el huésped. Debido a que estas partículas son completamente inertes, no pueden multiplicarse en los alimentos o en cualquier parte fuera del huésped. Tampoco pueden llevar a cabo una actividad metabólica, ni responder a las presiones que se encuentran en el medio ambiente.

6.1.1.1.2 Infección viral ⁹⁸

La partícula del virus penetra sólo una célula huésped apropiada. La especificidad depende de la interacción de la cubierta proteica con los receptores que se encuentran en la célula huésped. Solamente ciertas células en los cuerpos de ciertas especies pueden ser infectadas; esencialmente, todos los virus transmitidos a los seres humanos a través de los alimentos son específicos para los seres humanos y tal vez para unos cuantos primates. Desde el punto de vista práctico, los virus zoonóticos no se transmiten a través de los alimentos.

Cuando la cubierta proteica del virus reacciona con receptores homólogos en la membrana de la célula, la célula huésped rodea y le quita la cubierta al RNA viral ¹¹⁴. El RNA es trasladado a varias proteínas específicas del virus y replicado (con la ayuda de la polimerasa del RNA dependiente, del RNA del virus específico) en copias adicionales del RNA viral. El ciclo de replicación se lleva a cabo en el citoplasma de la célula huésped, sin la participación del ácido desoxirribonucleico. (No hay transcripción inversa del genoma viral). A medida que la cubierta proteica y el RNA del virus se acumulan en la célula huésped, las partículas descendientes (progenie) se reúnen y a la larga abandonan la célula a través de fugas o en ampollas que pellizcan la membrana de la superficie de la célula.

La enfermedad viral puede ocurrir cuando la progenie del virus se propaga e infecta a suficientes células huésped, como para interferir con algunas funciones corporales normales. La replicación viral puede matar o alterar a las células huésped. Sin embargo, en el caso de la hepatitis A, las células hepáticas infectadas del huésped, aparentemente, no se ven afectadas sino hasta que el organismo monta una respuesta inmune y destruye las células infectadas por medio de las células-T “asesinas” (citotóxicas). Ya sea que el hígado o el intestino delgado es el sitio de la infección viral, la hepatitis o la gastroenteritis resultante rara vez es mortal.

6.1.2 Epidemiología de los Virus ⁹⁸

6.1.2.1 Transmisión entérica (fecal-oral)

Esencialmente, todos los virus transmitidos a través de los alimentos se transmiten entéricamente; se propagan con las heces e infectan al ser ingeridos. ¹¹⁴ Así como muchos otros agentes infecciosos que se transmiten entéricamente, la mayoría de las infecciones, probablemente, se contraen a través del contacto de una persona con otra, posiblemente al llevar las manos contaminadas de heces a la boca. Si los vómitos son parte de la enfermedad, se pueden propagar partículas virales a través del vómito. La transmisión indirecta de los agentes entéricos puede ocurrir a través de vectores tales como moscas o pañales sucios, pero lo que es más importante, a través de vehículos tales como alimentos y agua. En los Estados Unidos, se reportan más enfermedades virales transmitidas a través de los alimentos que a través del agua.

6.1.2.1.2 Los alimentos como vehículos para los virus

Se ha reportado que algunos virus entéricos humanos han sido transmitidos indirectamente a través de otros vehículos que no son alimentos; en tanto que otros virus son transmitidos a través de los alimentos con alguna frecuencia. Debido a que el virus de la hepatitis A es el único virus en los Estados Unidos que requiere de notificación oficial a las autoridades, es el único virus cuya transmisión a través de los alimentos o del agua se puede comparar, usando cifras registradas de incidencia total ¹¹⁴. La proporción de casos de hepatitis A atribuidos a la transmisión de virus a través de alimentos y agua, en los Estados Unidos, colectivamente es de 3 a 9%. ¹¹⁷ Sin embargo, se debe reconocer que el numerador (por ejemplo, enfermedades transmitidas a través de los alimentos) y el denominador (cifra total de enfermedades reportadas) se recopilan de muchas maneras distintas. Es decir, las enfermedades transmitidas a través de los alimentos sólo son las que ocurren en brotes que por casualidad han sido investigados. Muchas no lo han sido. Por lo cual, las enfermedades en brotes que no han sido registrados y las que ocurren esporádicamente, aunque también sean transmitidas a través

de los alimentos, no serían incluidas. En todo caso, es posible que si todas las enfermedades transmitidas a través de los alimentos que se tienen registradas se hubieran prevenido, no se detectarían cambios estadísticamente significativos en la tasa total de hepatitis A reportada en los Estados Unidos. Es muy difícil obtener información respecto a otros países, y por lo general dicha información no se recopila de manera que facilite la comparación con las cifras que se tienen de los Estados Unidos.

6.1.2.1.3 Los virus que causan enfermedades

Varios grupos de virus ocupan tres lugares en la lista de los 10 principales causantes de enfermedades transmitidas a través de los alimentos, que han sido reportadas en los Estados Unidos durante 1983-1987 (Bean et al., 1996). Este fue un periodo durante el cual el virus Norwalk fue considerado como un agente infeccioso, en vez de un grupo de virus variablemente relacionados. Por consiguiente, se esperaba que el número de casos, reportados, asociados a los alimentos aumentaría a medida que la "red" diagnóstica se ampliaba. Sin embargo, los virus tipo Norwalk cayeron a la novena posición (dos brotes constaron de 292 casos) durante 1988-1992¹¹⁵, lo cual sugiere que la mayoría de los adelantos en los métodos de diagnóstico, que han aparecido en la literatura, apenas están siendo aplicados escasamente. De los brotes de enfermedades transmitidas a través de los alimentos, reportados en los Estados Unidos de 1988-1992, se determinó la etiología en 1001 brotes (41%), abarcando 36.890 (48%) de los casos; 4% de dichos brotes y 6% de los casos se atribuyeron a virus. Hasta que no mejoren y se apliquen ampliamente los métodos para detectar virus en alimentos, el conocimiento que se tiene de la transmisión de virus a través de los alimentos va a ser resultado del diagnóstico exitoso de las enfermedades humanas.

Aquí, también, se debe hacer notar que la mayoría de las enfermedades transmitidas a través de los alimentos se toleran sin consultar a un médico, y que los médicos probablemente no soliciten análisis para diagnosticar una enfermedad causada por virus, ya que si se confirma el diagnóstico viral, el médico no tiene forma de tratar la enfermedad.

El virus de la hepatitis A, parece ser que actualmente está causando más enfermedades transmitidas a través de los alimentos que muchos de los patógenos bacterianos más conocidos. De los 1422 brotes de enfermedades transmitidas a través de los alimentos registrados durante 1988-1992, que tenían una etiología no determinada (probablemente la mayoría de los casos eran gastroenteritis), basándose en los periodos de incubación de más de 15 horas se supuso que el 35% podían haber sido causados por virus.

6.1.2.1.4 Virus Transmitidos a través de los Alimentos

Los virus de la hepatitis A y los virus pequeños de la gastroenteritis se transmiten con mayor frecuencia a través de los alimentos, más que cualquier otro virus. Todos los virus transmitidos a través de los alimentos, que se conocen, salvo el de la encefalitis transmitida por garrapatas son específicamente humanos y se transmiten a través del ciclo fecal-oral. Entre paréntesis, es posible que todos estos virus contengan RNA en vez de DNA y no tienen una envoltura lipídica la cual cubre la envoltura proteica.

6.1.2.1.4.1 Virus de la hepatitis A

Cuando se registro por primera la transmisión de hepatitis a través de los alimentos, se sabía que existían múltiples tipos de hepatitis virales.¹¹⁴ Actualmente, se reconocen por los menos cinco tipos séricos de virus de hepatitis, los cuales pertenecen a diversos grupos taxonómicos; pero sólo el de la hepatitis A se ha documentado como transmitido a través de los alimentos.¹¹⁶

La hepatitis A es una de las enfermedades más graves que se transmite a través de los alimentos, especialmente entre las que son causadas por virus. Tanto el virus de la hepatitis A como el de la E están indicados como Riesgos Críticos en el Apéndice V del Código Alimentario de la FDA de 1995¹¹⁸. El virus que se produce en el hígado se propaga a través de las vías biliares comunes a niveles superiores de 10⁶ partículas por gramos de heces por días o semanas antes del inicio de la enfermedad. Los alimentos se contaminan a través del contacto con manos contaminadas de heces de personas infectadas o de agua contaminada por heces.

El virus es más resistente al calor que los virus entéricos, y bastante más resistente al secado. Ahora, que se le ha otorgado la licencia a la vacuna de virus matados con formalina, para usarse en los Estados Unidos y en Europa, las personas que trabajan con alimentos pueden ser inmunizadas para

prevenir la posibilidad de que puedan contaminar el alimento con el virus.¹²⁶ La vacuna es producida de una cepa mutante del virus, el cual se replica en una cultivo celular; los virus de tipo salvaje o no se replican en los cultivos celulares o se replican muy lentamente, a menudo sin tener efectos citopáticos.¹¹⁶

Picornavirus	Partículas esféricas sin características, 28 nm de diámetro, RNA monocatenario envuelto con proteína.
Infección	Vía del intestino al hígado; el periodo de incubación es de 15-50 días (una media de 28 días).
Enfermedad	Por la destrucción de inmunidad de células hepáticas infectadas: fiebre, malestar, indisposición, anorexia, náuseas, molestias, a menudo seguidas de ictericia; la gravedad tiende a aumentar con la edad y varía desde la infección que no es aparente hasta varias semanas de debilidad, ocasionalmente con secuelas permanentes.
Propagación	Alcanza su punto máximo durante la segunda mitad del periodo de incubación (10-14 días); por lo general termina 7 días después de que se manifiesta la ictericia.
Diagnóstico	Se basa en la detección de anticuerpos de la clase-IgM contra el virus de la hepatitis A, en el suero sanguíneo del paciente (equipos disponibles).
Inmunidad	Durable (posiblemente toda la vida) después de la infección; inmunidad activa con una vacuna de virus muertos; la inmunidad pasiva se adquiere por una inyección de seroglobulina humana inmune.

6.1.2.1.4.2 Virus de Estructura Redondeada Causantes de Gastroenteritis⁹⁸

El virus Norwalk fue el primer virus de gastroenteritis que se reportó como transmitido a través de los alimentos.¹¹⁹ Posteriormente, se reconocieron otros virus que estaban relacionados serológica y genéticamente, los cuales pertenecían al grupo de los Calicivirus. El término "virus pequeños de estructuras redondeadas" se aplicó a los agentes infecciosos cuando se detectaron por medio del microscopio electrónico o el microscopio electrónico inmune.¹²⁰

La gastroenteritis causada por los virus tipo Norwalk a menudo incluye vómitos, y el virus propagado en el vómito puede contaminar los alimentos. Debido a que la inmunidad es transitoria, las personas que han sido infectadas por el virus Norwalk y que se enfermaron, están propensas a tener re infecciones después de aproximadamente un año, así como con otros tipos séricos de virus.¹²¹ La susceptibilidad es común, y las tasas de ataques durante los brotes son bastante altas. Los brotes se han rastreado tanto a personas enfermas¹²² como a personas que se recuperaron de una enfermedad días antes y que trabajan con alimentos. El virus, evidentemente, se propaga en grandes cantidades, y pequeñas cantidades (aún no se han medido) son infecciosas por vía oral. Sin embargo, las partículas virales individuales no parecen ser excepcionalmente resistentes a la inactivación por calor o cloro¹²² no se ha mostrado que los miembros de este grupo se repliquen en cultivos celulares.

Calicivirus	Partículas esféricas de 25-35 nm de diámetro, RNA monocatenario envuelto con proteína que tiene depresiones tipo cálices características, los virus tipo Norwalk incluyen a los agentes Cockle, Ditchling, Hawaii, Oklahoma, Parramatta, Snow Mountain, y Taunton.
Infección	De la membrana intestinal, con un periodo de incubación de 24-48 horas.
Enfermedad	Nausea, vómito, diarrea, etc., por lo general dura 24-48 horas.
Propagación	Alcanza su punto máximo durante la segunda mitad del periodo de incubación (10-14 días); por lo general termina 7 días después de que se manifiesta la ictericia.
Diagnóstico	Durante la enfermedad en el vómito y las heces, posiblemente 7 días después del inicio de la enfermedad.
Inmunidad	Aparentemente transitoria

Los virus se transmiten a los seres humanos a través de los alimentos, a consecuencia de la contaminación directa o indirecta de los alimentos con heces humanas. Los virus transmitidos por una vía fecal-oral no dependen de los alimentos como vehículos de transmisión, no obstante los virus son agentes infecciosos importantes de enfermedades transmitidas a través de los alimentos. Los virus que se transmiten con mayor frecuencia a través de los alimentos son los virus de la hepatitis A y los virus entéricos tipo Norwalk. Los métodos para detectar estos virus en los alimentos son muy difíciles y costosos; no son métodos que se realizan rutinariamente. Todavía se están buscando indicadores que señalen la presencia de contaminación viral en los alimentos. La contaminación se puede prevenir manteniendo las heces fuera de los alimentos o dándole tratamiento a los vehículos, tales como el

agua, para inactivar los virus que pueden ser transportados a un alimento. Los virus no se pueden multiplicar en los alimentos, pero se pueden inactivar mediante el calentamiento adecuado. Otros métodos para inactivar los virus que están en los alimentos no son absolutamente confiables, aunque los virus que se encuentran en el agua y en las superficies expuestas se pueden inactivar mediante el uso de luz ultravioleta o con agentes oxidantes fuertes.⁹⁸

6.2 Agentes Parasitarios

Parásitos

{ *Trichinella spiralis*
Trichinella gondii
Taenia solium

Los parásitos más comunes que se transmiten por los alimentos son *Trichinella spiralis* y *Giardia lamblia*. Sin embargo, recientemente han emergido el *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayentanensis*, constituyéndose como un problema creciente. *Giardia* y *Cryptosporidium* se asocian con mayor frecuencia a transmisiones por medio del agua, pero también se han encontrado en casos transmitidos por los alimentos. Los parásitos transmitidos por medio del agua, como por ejemplo, *Giardia* y *Cryptosporidium*, pueden convertirse en parásitos transmitidos por los alimentos cuando se utilizan las aguas contaminadas para lavar alimentos como frutas y vegetales. Por otra parte, la mala higiene personal del manipulador de alimentos infectado puede causar la transmisión de estos parásitos. El *Toxoplasma gondii* es otro parásito que frecuentemente se transmite a través de los alimentos. Las infecciones causadas por *Toxoplasma gondii* y *T. spiralis* se deben al consumo de carnes crudas o mal cocidas, fundamentalmente de cerdos.⁹⁷

6.2.1 Enfermedades Parasitarias de Origen Alimentario⁹⁹

Muchos protozoos parásitos del hombre llegan a éste por vía digestiva. Para la mayoría de ellos el tracto intestinal humano es el único hábitat mientras otros tienen también un hospedador animal.¹²³ Casi todos presentan una forma de resistencia (quiste) en algún momento de su ciclo con una envoltura muy impermeable. Los quistes resisten las condiciones adversas como la desecación y el bajo pH. Por consiguiente, la forma de transmisión de estos parásitos es casi siempre en forma de quiste.¹²⁴ El vehículo de transmisión puede ser el agua, los insectos, las plantas, los alimentos contaminados con restos fecales y a través de las manos. Cuando se trata de parásitos tisulares, los protozoos se transmiten por la carne cruda o insuficientemente cocinada.¹²⁵

6.2.1.1 Protozoos

Los protozoos se han clasificado basándose fundamentalmente en su morfología y en particular en los órganos de locomoción. Los parásitos del hombre pertenecen a los siguientes grupos: amebas (*Sarcodina*), ciliados (*Ciliophora*), flagelados (*Mastigophora*), apicomplexa (*Apicomplexa*) y microsporidios (*Microsporidia*).

▪ Amebas (Sarcodina)

Dentro de la Sarcodina sólo en los amebidos se encuentran parásitos del hombre. Se caracterizan por presentar un tamaño entre 10 y 30 µm y una morfología irregularmente esferoidal, abollanada, ameboide, como consecuencia de la emisión de pseudópodos mediante los que se mueven y fagocitan; poseen un núcleo cuya morfología característica permite, junto al tamaño de la célula y los diversos elementos e inclusiones citoplasmáticas, identificar las diferentes especies de amebas.

Forman quistes esféricos, de tamaño algo menor que la forma vegetativa, con pared refringente y núcleos con morfología característica.

Existen numerosas amebas de vida libre y otras parásitas del hombre entre las cuales la única con capacidad patógena es *Entamoeba histolytica*, que se halla en el tubo digestivo en la forma vegetativa y es eliminada con las heces en su forma quística, infecciosa.

La ingestión de quistes se sigue de exquistación en el intestino delgado de los trofozoitos formados por división esquizogónica. Alcanzan el intestino grueso y penetran en la mucosa donde se multiplican produciendo úlceras amplias, sangrantes que se acompañan de exudación mucosa. Las amebas pueden alcanzar por vía portal el hígado donde pueden producir grandes abscesos. El pronóstico de la amebiasis es grave.

Las enteritis con este cuadro clínico, diarrea escasa con sangre y moco, se denomina disenteriforme (disentería). La disentería se da característicamente en la shigelosis y la amebosis.

- Ciliados (Ciliophora)

Los ciliados presentan una forma ovalada, con cilios en su superficie. Poseen un citoplasma o “boca” celular para la ingestión de partículas sólidas que presentan dos núcleos, un macronúcleo y un micronúcleo. En este grupo existen numerosas especies de vida libre y parásitas pero sólo una patógena para el hombre, *Balantidium coli*, es patógena para el hombre. Es un protozoo de gran tamaño y morfología piriforme, cuyo reservorio natural es el cerdo. La infección humana, por la ingestión de quistes eliminados con las heces del cerdo, causa una enteritis semejante a la amebiana.

- Flagelados (*Mastigophora*)

En los flagelados la morfología y tamaño celular varía según el lugar de parasitación pudiendo ser esféricos, piriformes o fusiformes, pero todos se caracterizan por presentar flagelos como elementos de locomoción. Los flagelos suelen presentar en su base de implantación un corpúsculo visible denominado cinetoplasto, que es una mitocondria y la estructura flagelar puede completarse formando una membrana ondulante. Los flagelados que son parásitos intracelulares pierden el flagelo al alcanzar esa localización y poseen menor tamaño que los extracelulares.

Desde el punto de vista de la patología humana existen dos grupos de flagelados, unos parásitos de las mucosas, como *Giardia lamblia* que ocupa el tubo digestivo del hombre causando enteritis y *Trichomonas vaginalis* que parasita la vagina causando vaginitis y otros como los flagelados pertenecientes a los géneros *Leishmania* y *Trypanosoma* que parasitan órganos profundos.

Giardia lamblia. Causa enteritis benigna por parasitación de los primeros tramos del intestino delgado. Se elimina con las heces en forma de quistes muy resistentes, que al ser ingeridos cierran el ciclo de transmisión feco-oral.

- Apicomplexa (*Apicomplexa*)

Los apicomplexa son un grupo heterogéneo de protozoos todos los cuales son parásitos de localización intracelular y por tanto de tamaño pequeño 3-10 μm .

Carecen de órganos de locomoción y se definen por la posesión de una estructura apical adaptada a la penetración intracelular que no es visible mediante el microscopio óptico, pero cuya complejidad estructural puede observarse por microscopio electrónica. Presentan una fase de reproducción asexual y otra sexual, por lo que pueden estar como trofozoitos, como gametos o como cigoto y en cada uno de estos estadios presentan una morfología particular.

Todos los apicomplexa son protozoos parásitos intracelulares obligados que poseen un sistema apical especializado para la penetración a las células. Todos presentan fases de reproducción asexual esquizogónica y sexual que forma los esporozoitos destinados a invadir un nuevo huésped.

Hasta hace pocos años los únicos esporozoos de interés médico eran *Toxoplasma gondii*, causante de la toxoplasmosis, enfermedad de distribución universal, y las especies del género *Plasmodium* causantes del paludismo.

En la actualidad otros coccidios pueden causar infección oportunista en pacientes inmunodeprimidos como los criptosporidios (*Cryptosporidium muris*, *C. parvum*), isosporas (*Isospora belli*, *I. hominis*) y *Sarcocystis*.

- Microsporidios (*Microsporidia*).

Los microsporidios son pequeños parásitos intracelulares. Se les considera organismos eucariotas primitivos, puesto que carecen de mitocondrias, peroxisomas, aparato de Golgi y otros orgánulos típicos de los eucariotas. Se caracterizan por la estructura de sus esporas, que poseen un complejo mecanismo de extrusión celular (túbulo polar) utilizado para inyectar material infeccioso (ergastoplasma) en las células huésped. Hasta ahora se han descrito cinco géneros de microsporidios en los humanos y sólo uno de ellos, *Enterocytozoon*, es exclusivo del hombre. Los demás tienen una amplia gama de huéspedes entre los animales invertebrados y vertebrados.

Hasta ahora se han descrito cinco géneros de microsporidios en los humanos: *Encephalitozoon*, *Pleistophora*, *Nosema*, *Microsporidium* y *Enterocytozoon*.

El contagio de los microsporidios se inicia con la ingestión de esporas procedentes de la orina y las heces de animales o humanos infectados.

Después de ser ingeridas, las esporas pasan al duodeno, donde el esporoplasma con su material nuclear es inyectado en una célula adyacente del intestino delgado. Una vez dentro de la célula se multiplican dentro de una vacuola o libres en el citoplasma. La multiplicación intracelular incluye una fase repetida de fusiones binarias (merogonia) y otra que culmina con la formación de esporas

(esporogonia). Los parásitos se diseminan de célula a célula causando la muerte celular e inflamación local. Aunque algunas especies son muy selectivas sobre las células que pueden infectar, los microsporidios en conjunto son capaces de infectar cualquier órgano del cuerpo y se han descrito infecciones diseminadas en pacientes con inmunosupresión grave. Después de la esporogonia, las esporas maduras que contienen el ergastoplasma infeccioso pueden ser excretadas hacia el medio ambiente, lo que completa el ciclo vital.

6.2.1.2 Trematodos

Los trematodos son gusanos monoicos (hermafroditas) con la excepción de *Schistosoma*. Presentan una morfología aplanada o en forma de hoja. Existe un número considerable de trematodos que pueden afectar al hombre, al que llegan en una fase determinada de su complicado ciclo evolutivo, principalmente con el pescado y crustáceos crudos o escasamente cocinados, con vegetales o con otros alimentos (Dixon y Flohr 1997). Entre estos trematodos patógenos para el hombre pueden citarse *Clonorchis sinensis*, *Opisthorchis felinus*, *Opisthorchis viverrini*, *Hererophyes heterophyes*, *Metagonimus yokagaway*, *Paragonimus westennani*, *Fasciola hepatica*, etc.^{127, 128,129} Las enfermedades por estos trematodos tienen importancia en países de extremo oriente donde son endémicas y afectan a un gran número de personas.

6.2.1.3 Cestodos

Los cestodos tienen un ciclo biológico complejo. Estos helmintos son gusanos planos, segmentados, monoicos. Constan de escolex, destinado a la fijación, cuello o zona de crecimiento, y estróbilo, constituido por una cadena de proglótides o segmentos. Carecen de aparato digestivo, se nutren por difusión desde el exterior. Los gusanos adultos ocupan el tubo digestivo de los vertebrados y sus larvas se encuentran en los tejidos de vertebrados e invertebrados. La mayoría de los cestodos parásitos del hombre requieren uno o más hospedadores intermediarios, que ingieren los huevos con el agua de bebida o alimentos y desarrollan las larvas en sus tejidos.¹³⁰ El hospedador definitivo desarrolla la forma adulta del parásito en su tubo digestivo tras ingerir carne que contiene larvas enquistadas.

El hombre actúa o puede actuar como hospedador definitivo en parasitaciones por *Taenia solium*, *Taenia saginata*, *Diphyllobothrium latum*, *Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana* y *Dipylidium caninum*. Además, el hombre puede actuar como hospedador intermediario o paraténico en parasitaciones por *Cisticercus cellulosae* (larva de *T. solium*), larva plerocercoides de Pseudophyllidae (esparganos: *Diphyllobothrium spp.* y *Spirometra spp.*), larva cisticerco de *H. nana*, larva cenuro de *Multiceps spp.*, y larva hidátide de *Echinococcus granulosus* y de *Echinococcus multilocularis*.

6.2.1.4 Nematodos

Los nematodos son gusanos cilíndricos, alargados, dioicos, de metabolismo fundamentalmente anaerobio. Su ciclo vital es variable. En general existe un único hospedador, el definitivo, y las larvas pasan de un hospedador a otro directamente o después de un periodo de vida libre (larvas infectivas), o mediante la ingestión de huevos. Durante el desarrollo larvario los nematodos presentan varias mudas, tanto dentro como fuera del hospedador.

7. Los microorganismos como agentes de deterioro de alimentos

7.1 Alimento deteriorado

Se considera alimento deteriorado aquel dañado por agentes microbianos, químicos o físicos de forma que es inaceptable para el consumo humano. El deterioro de alimentos es una causa de pérdidas económicas muy importantes.

7.2 Agentes causantes de deterioro

Los **agentes microbianos causantes** de deterioro pueden ser bacterias, mohos y levaduras. El tipo y cantidad de microorganismos que se encuentran presentes en los alimentos depende de: el

- (1) el medio ambiente en el cual se obtuvo originalmente el producto alimenticio sin procesar o en su estado crudo
- (2) de las condiciones sanitarias bajo las cuales se manipuló y procesó y las condiciones posteriores de empaque, manejo y almacenamiento.

En general, todos los alimentos contienen un cierto número y tipo de microorganismos, que por razones de salud pública y vida de anaquel del producto, es importante que se mantengan niveles bajos de ellos. Es de esperarse que los alimentos, que se producen y almacenan bajo buenas prácticas de

manufactura, tengan un perfil microbiológico diferente a aquellos que se producen y almacenan bajo condiciones poco deseables.

El uso de materiales de baja calidad y la inadecuada manipulación del alimento pueden provocar la presencia de cantidades más altas de microorganismos en el producto terminado. Sin embargo, la presencia de cantidades bajas en el producto terminado no necesariamente significa que se adoptaron las Buenas Prácticas de Manufactura, debido a que los pasos de procesamiento tales como calentamiento, fermentación, refrigeración y congelación pueden reducir el número de un cierto tipo de microorganismos que no reflejan estas prácticas, y sí pueden afectar la vida de anaquel y calidad sanitaria del alimento.

7.3 Alimentos deteriorables

7.3.1 Carne como alimento fácilmente deteriorable

7.3.1.1 Definición, Composición de carne

Según el código alimentario, es la parte comestible los músculos de animales sacrificados en condiciones higiénicas, incluye (vaca, oveja, cerdo, cabra, caballo y camélidos sanos, y se aplica también a animales de corral, caza, de pelo y plumas y mamíferos marinos, declarados aptos para el consumo humano.

Composición

Sobre todo de tejido muscular, en él se encuentra la mioglobina que es un pigmento que le da su color característico que en contacto con el aire cambia y esto hace que el corte exterior sea más oscuro que la zona interior. En el músculo, el hierro se encuentra en la mioglobina en forma de ión ferroso, y así se encuentra también en la carne fresca. El grupo hemo puede tener asociada una molécula de oxígeno, formando entonces la oximioglobina, de color rojo brillante, que es el que se observa en la parte exterior de la carne. En el interior, la mioglobina no tiene oxígeno unido, estando entonces en forma de desoximioglobina, que tiene un color rojo púrpura más intenso y oscuro que el de la oximioglobina. Estas dos formas son interconvertibles, dependiendo de la presión parcial de oxígeno, y en la práctica, de la superficie de contacto. La mayor o menor intensidad en el color rojo no afecta al valor nutritivo ni a su digestibilidad.

También contienen tejido graso, que puede ser visible o invisible. Cuanta más cantidad de grasa tenga una carne, menor contenido de agua tiene. La cantidad de grasa influye en su valor nutritivo y en la digestibilidad.

Finalmente tejido conectivo, que es el que separa o recubre los grandes músculos y también los tendones. Su cantidad depende del grupo muscular, aumenta con la edad y ejercicio que haya realizado el animal, haciendo que la carne sea más dura.

Propiedades físicas

La proporción de superficie muscular expuesta al exterior tiene gran influencia en la velocidad de alteración, porque allí suelen encontrarse la mayor parte de los microorganismos y los aerobios pueden disponer de aire suficiente. La grasa, que es capaz de proteger algunas superficies, es a su vez susceptible de alteraciones, principalmente de naturaleza química y enzimática.

La piel es un agente protector, aunque también en su propia superficie se desarrollen los microorganismos.

Nota: Aunque en este Diplomado nos enfocamos a la información referente a las canales como materia prima es importante mencionar que el picado de la carne (por ejemplo para carne molida) aumenta mucho la superficie expuesta al aire, por lo que favorece el crecimiento microbiano y además al picarla se desprende jugo, que facilita la distribución de los microorganismos por toda la carne.

Propiedades químicas

Ya se ha indicado que la carne en general es un buen medio de cultivo para los microorganismos. El contenido en agua es importante para determinar la posibilidad de que crezcan microorganismos y el tipo de los mismos que crecerán, especialmente en la superficie, donde puede haber más desecación. La superficie puede estar tan seca que no permita el crecimiento microbiano; puede tener una ligera humedad que permita el crecimiento de mohos; una humedad algo mayor que permita el de levaduras, y si están muy húmedas crecerán las bacterias. De gran importancia a este respecto es la humedad relativa de la atmósfera en que se almacena ya que los microorganismos tienen a su disposición una

cantidad abundante de nutrientes, pero la gran proporción de proteínas y el escaso contenidos en carbohidratos favorece el desarrollo de los tipos fermentativos capaces de utilizar las proteínas y sus productos de degradación como fuentes de carbono, nitrógeno y energía.

El pH de la carne cruda varía entre 5.7 y 7.2, dependiendo de la cantidad de glucógeno presente al efectuarse el sacrificio y de los cambios sufridos después. Un pH más alto favorece el desarrollo de los microorganismos. Un pH más bajo lo frena y a veces actúa selectivamente, permitiendo, por ejemplo, solo el desarrollo de las levaduras.

7.3.1.2 Disponibilidad de oxígeno

Las condiciones de anaerobiosis presentes en las superficies de las carnes favorecen el desarrollo de mohos y levaduras y el de las bacterias aerobias. Dentro de las piezas de carnes reinan las condiciones anaerobias que tienden a mantenerse porque el potencial de óxido – reducción se halla compensado a un nivel muy bajo; en la carne picada el oxígeno se difunde lentamente al interior y eleva el potencial de oxido – reducción, a menos que el embalaje sea impermeable al mismo. La anaerobiosis favorece la putrefacción. Desde el punto de vista microbiológico la propiedad más importante es que la carne presenta un gran contenido de agua (Tabla 1) que corresponde a una a_w de aproximadamente 0.99, lo que permite el crecimiento de la mayoría de los microorganismos. Para evitarlo debe eliminarse una gran proporción de agua (al menos de la superficie).⁶

Tabla 3. Composición aproximada de la musculatura de mamíferos adultos después del rigor mortis.¹³¹

Componentes	%	Peso húmedo
Agua		75
Proteínas		
Conectivo Estructural	2.0	
Miofibrillas	11.5	19
Sarcoplaásmica	5.5	
Grasa		2.5
Carbohidratos		
Glucogeno	0.1	
Glucosa + fosfatos	0.2	1.2
Ácido láctico	0.9	
Sustancias solubles diversas		
Nitrogenadas: Aminoácidos	0.35	
Creatinina	0.55	1.65
Ingredientes	0.75	
menores	0.35	
Inorgánicas: K	0.2	0.65
P	0.1	
Otras		
Vitaminas: La mayoría del grupo B presentes en cantidades utilizables		

El crecimiento de los microorganismos de la carne tiene lugar fundamentalmente a expensas de sus componentes solubles: carbohidratos, ácido láctico y aminoácidos.

8. Ecología de la Flora Microbiana en carne

El estudio del contenido nutricional de la carne, por su alta fuente de proteína y su alto grado de consumo en el país o el mundo entero ha motivado a estudiar la forma como se desintegra y se degrada por microorganismos patógenos, perdiendo así su valor proteico o nutricional, y pasando a ser materia totalmente degradada.

Por lo general los microorganismos disminuyen el valor proteico de las carnes, deteriorándolas totalmente y causando olores desagradables, por lo general los microorganismos se valen de tres factores para atacar como son, la humedad, temperatura y pH.

8.1 Origen, evolución y control de la Microflora

Desde el momento que un animal se siente acorralado, atrapado o simplemente cuando está fuera de su hábitat natural, se encuentra en estado estrés, por lo que desde el momento del sacrificio, el músculo ya está sufriendo cambios y transformaciones, algunos de los cuales son producidos por las

enzimas propias del músculo del animal; sin embargo no todas estas reacciones son indeseables, ya que favorecen la maduración o sea la producción de carne jugosa y de mejor sabor.¹³ Al momento del sacrificio del animal se activa el proceso degradativo de las carnes que es gradual y tiene una etapa deseable o proceso de maduración y que puede continuar al término de ésta, hasta la aparición de síntomas visibles de deterioro en la carne. El tiempo de estos cambios es variable y se da en función de varios factores, como son: forma de sacrificio, temperatura de manejo, asepsia utilizada y desde luego la salud del propio animal.¹³

Invasión microbiana de los tejidos:

En cuanto el animal muere, los tejidos se ven invadidos por los microorganismos contaminantes. La contaminación se halla afectada por la carga microbiana del intestino del animal. Cuanto mayor sea esta, tanto mayor será la invasión. Esta es la razón por la que se recomienda un ayuno de 24 horas antes del sacrificio.

Condición fisiológica del animal antes del sacrificio. Cuando se halla excitado febril o fatigado, las bacterias penetran con mayor facilidad en los tejidos, lo que favorece la expansión de las bacterias y los cambios químicos pueden realizarse con más facilidad en los tejidos (por ejemplo, los debidos al crecimiento bacteriano, el cual es más rápido a causa del pH más alto); también es más rápida la pérdida de jugos de las fibras musculares y la desnaturalización de las proteínas. Durante la fatiga se consume glucógeno, por lo que no tienen lugar el descenso del pH, que en condiciones normales cae de 7.2 hasta 5.7.

Velocidad de enfriamiento. El enfriamiento rápido de la carne reduce la velocidad de invasión de los tejidos por microorganismos.

Principales fuentes de contaminación en la carne

1. Flora inicial

Con la excepción de la superficie externa y de los tractos digestivo y respiratorio, los tejidos de los cerdos sanos contienen pocos microorganismos; los mecanismos de defensa animal controlan con eficacia los agentes infectivos en los animales sanos vivos; sin embargo, esta defensa falla después de la muerte.⁶

Hay pruebas que demuestran que el número de microorganismos del interior de los tejidos aumenta durante el estrés y desciende de nuevo tras el reposo¹⁰.

La limpieza del ganado de cerdos en el momento del sacrificio depende de una serie de factores que varían con la ubicación de la explotación, el método de transporte y las condiciones de estabulación en el establecimiento de sacrificio.⁶

2. Ambiente

La superficie externa del animal contiene gran número de contaminantes que proceden del suelo, charcos, paja y estiércol, con microorganismos que son llevados a las superficies descubiertas de la carne fresca.⁽⁵⁾

Entre los microorganismos de la piel figuran especies de *Staphylococcus*, *Micrococcus* y *Pseudomonas*; levaduras y mohos asociados normalmente a la microflora de la piel y especies procedentes de las materias fecales y del suelo^{14, 15}. La población y composición de esta microflora está influenciada por las condiciones ambientales. Las pieles húmedas contienen grandes cantidades de bacterias del suelo y su contaminación con material fecal aumenta la proporción de bacterias de este origen.¹⁵

Se admite generalmente que la mayoría de las bacterias de la carne de las canales de mamíferos, proceden de la piel. La piel de los cerdos no se separa de la canal [Ver Proceso de sacrificio] sino que se escalda y raspa formando parte de ella. Aunque el escaldado disminuye el número de microorganismos de la piel, durante el depilado se contamina debido a la presencia de suciedad en el equipo de depilado. El chamuscado que quema el pelo que permanece en la piel escaldada y depilada, destruye una gran proporción de los microorganismos presentes pero algunas regiones de la piel no reciben suficiente calor para ello.¹⁴ Los microorganismos que puedan haber en capas más profundas de la superficie tisular también están protegidos del calor aplicado durante el chamuscado.

3. Utensilios y manejo

Como ganchos, cuchillos, mesas, molinos, vehículos de transporte, cajones, carretillas, diablos. Los cuchillos que se emplean para cortar la carne y los utensilios que se emplean en su conservación, rara vez se limpian con la frecuencia y perfección necesarias para evitar el progresivo aumento de las cifras de microorganismos.⁴

4. Procesado y Humano

Varias enfermedades animales pueden afectar también al hombre, de aquí que la carne sólo pueda obtenerse de cerdos sanos; la inspección veterinaria previa al sacrificio asegura que para la producción de carne sólo se aceptarán animales sanos. La inspección de la carne también elimina aquel material no apto que sólo puede detectarse después del sacrificio.

La carne se contamina por contacto con el pelo, piel, patas, contenido estomacal y entérico, fábrica y equipo de la misma, manos y ropas de los operarios, agua utilizada para el lavado de la canal y del equipo e, incluso, aire de las zonas de procesado y de almacenamiento. La contaminación puede darse casi en todas las operaciones del sacrificio, despique, procesado, almacenamiento y distribución de la carne; la intensidad con que ocurre la contaminación refleja las normas de higiene y limpieza observadas en el establecimiento de sacrificio y en la planta de procesado. La composición de esta flora es un reflejo de las distintas fuentes contaminantes y de la eficacia de las medidas higiénicas que persiguen evitar la difusión microbiana.¹¹

9. Microorganismos patógenos, alterantes o de deterioro de la carne

9.1 Microorganismos alterantes o de deterioro

La alteración de los alimentos consiste en todos aquellos cambios de origen biótico o abiótico que hacen que el alimento no sea adecuado para el consumo. El deterioro causado por microorganismos es resultado de las relaciones ecológicas entre el alimento y el microorganismo. Para poder predecirlo y controlarlo hay que conocer las características del alimento como medio soporte del crecimiento de microorganismos y los microorganismos que colonizan habitualmente dicho alimento.

Los microorganismos que pueden ser encontrados en carnes frescas se enlistan a continuación:

Gram negativas	<ul style="list-style-type: none"> Acinetobacter Aeromonas Alcaligenes Campylobacter* Enterobacter Escherichia coli* Flavobacterium Moraxella Pseudomonas Proteus Salmonella** <i>Serratia</i> Yersinia*
Gram positivas	<ul style="list-style-type: none"> Bacilus Clostridium Corynebacterium <i>Micrococcus sp</i> <i>Lactobacillus</i> Leuconostoc Listeria* Micrococcus Pediococcus Staphylococcus** <i>Streptococcus</i> <i>Brochotrix thermosphacta</i>

****Microorganismos que relacionan directamente con carne cruda de porcino**

9.1.1 Microorganismos alterantes de carne fresca

Después de un cierto tiempo las actividades microbianas son detectables por los sentidos humanos: la superficie de la carne cambia de color y huele, después aparece limo o viscosidad y se apaga el “brillo” de la superficie cárnica. Los signos de alteración se manifiestan cuando el número de bacterias de la

superficie de la carne alcanza las $10^7/\text{cm}^2$ de superficie cárnica.¹⁴ A continuación se describen las alteraciones en la carne en condiciones aeróbicas (presencia de O_2) y anaeróbicas (sin presencia de O_2).

9.1.2 Alteraciones de la carne en condiciones de aerobiosis

Las bacterias pueden producir en condiciones aerobias:

Mucosidad superficial, causada por ciertas especies pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Bacillus* y *Micrococcus*. A veces se debe a ciertas especies de *Lactobacillus*. La temperatura y la cantidad de agua disponibles influyen en el tipo de microorganismo causante de esta alteración. A temperaturas de refrigeración, la humedad abundante favorecerá el crecimiento de las bacterias pertenecientes al grupo *Pseudomonas* -Alcaligenes.

Modificadores del color de los pigmentos de la carne. El típico color rojo de la carne puede cambiar a tonalidades diversas; verde, pardo o gris, a consecuencia de la producción por las bacterias de ciertos compuestos oxidantes, como los peróxidos o el sulfuro de hidrógeno.

Modificaciones sufridas por las grasas. Las bacterias lipolíticas son capaces de producir lipólisis y acelerar la oxidación de estas sustancias. El enranciamiento de la grasa puede estar producido por especies lipolíticas pertenecientes a los géneros *Pseudomonas* y *Achromobacter* o por levaduras.

Fosforescencias. Es un defecto poco frecuente causado por las bacterias luminosas o fosforescentes que se desarrollan en la superficie de la carne, como algunas especies de *Photobacterium*.

Diversos colores superficiales producidos por bacterias pigmentadas. Pueden producirse manchas rojas ocasionadas por *Serratia marcescens* u otras bacterias con pigmentos rojos. *Pseudomonas syncyaneas* pueden dar una coloración azul a la superficie. Las bacterias con pigmentos amarillos producen coloración de ese tono, debida, en general, a especies pertenecientes a los géneros *Micrococcus* o *Flavobacterium*. *Chromobacterium lividum* y otras bacterias producen manchas de coloración verde azuladas o pardo negruzca en la carne almacenada. La coloración purpúrea de “tinta de estampilla” está producida en la grasa superficial por cocos y bacilos provistos de pigmentos amarillos. Cuando la grasa se enrancia y aparecen los peróxidos, el amarillo se transforma en verde, y finalmente, adquiere una coloración entre azul y púrpura.

Olores y sabores extraños. El llamado “husmo”, olor o sabor poco agradable que aparece en la carne a consecuencia del crecimiento bacteriano en la superficie, es con frecuencia el primer síntoma de alteración que se hace evidente. Casi todas las alteraciones que producen un olor agrio reciben el nombre general de “agriado”. Dicho olor puede ser debido a ácidos volátiles, por ejemplo fórmico, acético, butírico y propiónico, e incluso el crecimiento de levaduras. El sabor “a frigorífico” es un término indefinido que identifica cualquier sabor a viejo o pasado. Los actinomicetos pueden ser responsables pueden ser responsable de cierto gusto a moho o a tierra.

9.1.3 Alteraciones de la carne en condiciones de anaerobiosis

Agriado. Significa olor (y a veces sabor) agrio. Puede deberse a los ácidos acéticos, fórmico, butírico, propiónico, ácidos grasos superiores u otros ácidos orgánicos tales como el láctico o succínico. Puede deberse a:

✓ Las propias enzimas de la carne durante el envejecimiento o maduración.

✓ Producción anaerobia de los ácidos grasos o ácido láctico por acción bacteriana, o proteólisis, sin putrefacción producidas por bacterias facultativas o anaerobias y la que a veces se denomina “fermentación agria hedionda”.

Putrefacción. La auténtica putrefacción consiste en la descomposición anaerobia de las proteínas con la producción de sustancias malolientes: sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, indol, escatol, amoníaco, aminas, etc. Se debe, en general, a especies del género *Clostridium*. A veces, sin embargo, está producida por bacterias facultativas, actuando por sí misma o colaborando en la producción, como se pone de manifiesto al comprobar la larga lista de especies denominadas “putrefaciens”, “putrificum”, “putida”, etc., se debe, en general a especies del género *Proteus*.

La confusión a que se presta el término “putrefacción” se debe a que suele aplicarse a cualquier tipo de alteración que va acompañada de olores desagradables, ya sea la descomposición anaerobias de proteínas o la degradación de otros compuestos incluso no nitrogenados.

La putrefacción producida por los clostridiums se acompaña de la formación de gas (hidrógeno y dióxido de carbono).

En la siguiente tabla se resume los tipos de descomposición de la carne y los microorganismos causantes.

Tipo de descomposición	Microorganismo
Mucosidad superficial (1 a 300 x 10 ⁶ / cm ²)	<i>Alcaligenes, Pseudomonas, Streptococcus, Bacillus, Leuconostoc, Micrococcus</i>
Enranciamiento	<i>Achromobacter, Pseudomonas, hongos</i>
Fosforescencia	<i>Photobacterium, Pseudomonas</i>
Cambios en el color del pigmento (verde, café, gris)	<i>Lactobacillus, Leuconostoc</i>
Producción de colores superficiales	Rojo: <i>Serratia marcescens, levaduras</i> Azul: <i>Pseudomonas synchyanea</i> Amarillo: <i>Micrococcus, Flavobacterium</i> Azul-verde: <i>Chromobacterium lividum</i> Manchas negras: <i>Cladosporium</i> Manchas verdes: <i>Penicillium</i> Manchas blancas: <i>Sporotrichum</i>
Desarrollo micelial	<i>Mucor, Rhizopus</i>
Agriado	<i>Bacterias Lácticas, Clostridium, coliformes</i>
Putrefacción	<i>Clostridium, Pseudomonas, Alcaligenes, Proteus</i>

9.1.4 Microorganismos en carne congelada

A pesar de que la congelación favorece a la carne en cierta disminución del número de microorganismos (especialmente de las bacterias Gram-negativas) no significa que ningún microorganismo de deterioro siga latente, de acuerdo a diferentes estudios se ha identificado que la carne fresca que se almacena de 10 a 20°C puede desarrollar enterobacterias, micrococcos y estafilococos así como *Pseudomonas, Acinetobacter, Moraxella* y *Aeromonas*, por lo que conservar las canales en cuartos congelados a temperaturas menores de 10° C (de preferencia cercanas a 0°C), el congelado no solo se lleva en la superficie de la carne sino también en el interior de los tejidos, evitando así el desarrollo de mesófilos.

Otro microorganismo de deterioro (hongos) que afecta a la carne fresca, en este caso con manchas negras, se debe a que la carne se mantiene a una temperatura relativamente alta durante el proceso de congelación, los responsables de estas manchas son *Cladosporium cladosporoides, C. herbarum, Penicillium hirsutum, Chrysosporium pannorum* y algunas especies de los géneros *Cryptococcus, Trichosporon* y *Candida*.¹⁰⁰

Por lo tanto, la carne debidamente congelada (y nos referimos a una temperatura de -10°C o menor) no será alterada por microorganismos de deterioro.

9.2 Microorganismos patógenos

Los microorganismos patógenos implicados en las enfermedades transmitidas por los alimentos conforman un grupo muy diversificado y sus mecanismos de patogenicidad son muy variados. La dosis mínima infectante no es un valor único universal, varía incluso entre individuos aparentemente sanos según el estado nutricional, estado físico, defensas humorales y orgánicas, acidez del jugo gástrico, carácter de la flora intestinal, tipo de vehículo del agente patógeno y otros.

Los productos alimenticios perecederos contaminados con microorganismos patógenos generalmente no muestran signos de alteración aún cuando algunas bacterias patógenas que contengan hayan proliferado.¹⁰⁰ Las bacterias patógenas que pueden encontrarse en la carne son *Salmonella, Campylobacter jejuni, Yersinia enterocolitica, Escherichia coli, Clostridium perfringens* y *Staphylococcus aureus*.

9.2.1 Fuentes de contaminación y efecto del procesamiento

Las principales fuentes de contaminación con microorganismos patógenos se llevan a cabo durante el proceso, continuaremos explicando el proceso de sacrificio, desangrado, evisceración, refrigeración y despiece y como se relaciona con la contaminación de patógenos.

Sacrificio

Aunque todavía no existe un acuerdo en la bibliografía sobre la presencia de microorganismos en el interior de los tejidos animales en el momento del sacrificio, se admite generalmente que, salvo que las vísceras de los cerdos se separen pronto de la canal, la carne se contaminará con las bacterias del tracto gastroentérico, estas bacterias pueden llegar a la profundidad tisular con la corriente sanguínea, como consecuencia de la contaminación del cuchillo de desangrado.

Preparación de la canal

La principal y primera fuente de contaminación de la carne fresca es la piel del animal y las de los animales próximos a él, la piel de los animales representa un número total de $10^9/\text{cm}^2$ ⁽¹¹⁾. La piel y pelo contienen diversos géneros de Entombacteriaceae, especialmente *Escherichia coli* ⁽⁶⁾ por lo que es importante considerar un buen baño previo al sacrificio, con adecuada presión y temperatura, puede disminuir la contaminación superficial aproximadamente 10 veces ⁽¹⁶⁾.

Durante el proceso de evisceración también llegan microorganismos a la superficie de la canal. La contaminación puede alcanzar un máximo de contaminación cuando por error se perfora el intestino o cuando llega material fecal del recto a la canal durante la separación de las vísceras y estas a su vez entran en contacto con otras canales, en este caso estaremos observando una contaminación cruzada debido a mala manipulación. ¹⁴

Otras fuentes de contaminación durante la preparación de la canal son los utensilios mal lavados (cuchillos), las manos y ropa sucia de los operarios, el agua estancada y sin circulación continua para esterilizar los cuchillos, sierras, etc, el agua no potable para el lavado de las canales y equipo sucio.

Cuando las operaciones se han terminado en condiciones higiénicas, las canales porcinas suelen contener corrientemente una carga microbiana superficial de 10 a 10 bacterias aeróbicas viables/ cm^2 de las que generalmente menos de $10/\text{cm}^2$ son psicrotrofas y coliformes de 10^1 a $10^2/\text{cm}^2$. Aunque las bacterias psicrotrofas son frecuentemente menos de $10^2/\text{cm}^2$ el 20 % de las muestras llegan aproximadamente a 10 o más psicrotrofas/ cm^2 . Los coliformes también suelen ser más numerosos en las canales de los cerdos debido a que aparentemente no se elimina la piel y los sistemas de depilación empleados comúnmente no son suficientemente satisfactorios desde el punto de vista higiénico.

Es importante mencionar que el nivel de contaminación generalmente es menor en las superficies internas de las canales que en la externa ¹⁷.

Nota: El proceso de corte y deshuese se realiza algunas veces dentro del establecimiento dedicado al Sacrificio de Porcinos y en otras ocasiones se realiza en la planta en donde se produce el producto cárnico por lo que se incluye en este Diplomado.

3. Despiece y deshuesado

La contaminación de la carne durante el despiece, deshuesado y envasado depende de las condiciones locales; durante estas operaciones la carne se manipula mucho, exponiéndose al aire nuevas superficies lo que hace a la carne más sensible a la contaminación. Factores tales como temperatura de la sala de deshuesar, tiempo que la carne permanece en ella y limpieza de las mesas de despiece, cintas transportadoras, sierras, cuchillos y otro equipo, todos afectan a la flora microbiana.

En una sala de despiece debidamente administrada, mantenida a 10°C ó menos, la contaminación aérea y el crecimiento microbiano no deben contribuir significativamente a la carga microbiana de la carne; la práctica de deshuesar la canal antes de que se enfrié, llamado coloquialmente como “deshuesado en caliente” permite una refrigeración más rápida lo que implica una menor multiplicación bacteriana. Sin embargo, en la práctica puede resultar difícil alcanzar una velocidad de enfriamiento en un paquete de carne deshuesada en caliente que sea tan rápida como la que se alcanza en la superficie de una canal refrigerada en condiciones corrientes.

La principal fuente de contaminación es de esperar que sea la superficie de las canales que van llegando y el grado de difusión de esta contaminación por las superficies recién cortadas, debido a su contacto con el equipo y las manos del operador, puede ejercer un efecto importante en la conservación de la calidad de la carne. La contaminación que se va acumulando en el equipo como consecuencia de su mala higiene es lógico que contenga una gran proporción de bacterias psicrotrofas.

Los productos muy manipulados es natural que se contaminen con bacterias de origen humano. Por ejemplo, hay pruebas de que la proporción de cepas de estafilococos de origen humano presentes en la carne aumentan durante el procesado. Los virus intestinales, que a veces se encuentran en los productos cárnicos, pueden ser de origen humano, aunque lo más corriente es que procedan de los animales. ⁶

9.2.2 Características de algunas bacterias patógenas implicadas en enfermedades transmitidas por productos cárnicos

9.2.2.1 *Salmonella*

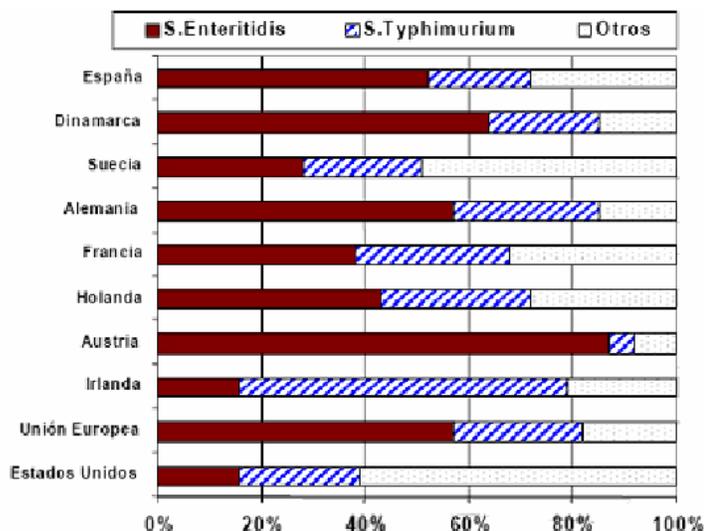
Nombre del Organismo: *Salmonella spp.*

1. Características de los organismos:	<p>Son bacilos gram-negativos facultativamente anaeróbicos que pertenecen a la familia <i>Enterobacteriaceae</i>.</p> <p>El género <i>Salmonella</i> está integrado por microorganismos resistentes que se adaptan fácilmente a las condiciones extremas del medio. Las salmoneras crecen activamente en un amplio intervalo de temperaturas ($\leq 54^{\circ}\text{C}$) y también exhiben propiedades psicrotróficas, según se refleja en la capacidad para crecer en alimentos almacenados a temperaturas comprendidas entre 2 y 4°C. Además, el acondicionamiento previo de las células a temperaturas bajas puede aumentar notablemente el crecimiento y la supervivencia de las salmoneras en los productos alimenticios refrigerados.</p> <p>La familia <i>Salmonella</i> incluye sobre 2,300 serotipos de bacterias, las cuales son organismos unicelulares. Dos tipos, <i>Samonella Enteritidis</i> y <i>Samonella Typhimurium</i>, son los más comunes en los Estados Unidos y son responsables por la mitad de todas las infecciones en humanos. Los tipos que no causan síntomas en animales pueden enfermar personas y viceversa.</p> <p>Si esta en el alimento, usualmente no afecta el sabor, olor o apariencia de los alimentos. La bacteria vive en el tracto intestinal de los animales y humanos infectados.</p>
2. Características de la Enfermedad	<p>Las infecciones humanas con <i>Salmonella</i> pueden producir varias enfermedades clínicas, que incluyen la fiebre entérica (tifoidea), enterocolitis no complicadas, e infecciones sistémicas por microorganismos no tifoideos. Las manifestaciones clínicas de la fiebre entérica aparecen después de un periodo de incubación que varía desde 7 a 28 días y pueden incluir diarrea, fiebre prolongada, dolor abdominal, dolor de cabeza y abatimiento.</p>
3. Brotes producidos por alimentos:	<p>Cualquier alimento crudo de origen animal, como carnes, aves, leche y productos lácteos, huevos y pescados, así también como algunas frutas y vegetales pueden cargar las bacterias <i>Salmonella</i>. La bacteria puede sobrevivir para causar enfermedades si las carnes, aves y productos de huevo no son cocidos hasta una temperatura interna mínima adecuada y si las frutas y vegetales no son lavados adecuadamente. La bacteria también puede contaminar otros alimentos que tengan contacto con carnes y aves crudas.</p>
4. Dosis infecciosa:	<p>Investigaciones detalladas de brotes transmitidos por alimentos han indicado que la ingestión de sólo unas cuantas células de <i>Salmonella</i> puede resultar infecciosa (de 1 a 10 células pueden constituir una dosis infecciosa humana).</p>
5. Poblaciones Sensibles :	<p>Está perfectamente demostrado que los recién nacidos, los niños, las personas mayores y los individuos inmunocomprometidos son más sensibles a las infecciones por <i>Salmonella</i> que las personas adultas sanas. El sistema inmune desarrollado incompletamente en los recién nacidos y en los niños, las respuestas inmunológicas débiles y/o retardadas en las personas ancianas y debilitadas, y la producción de ácido en el estómago, generalmente escasa en los niños y en las personas de edad, facilitan la colonización intestinal y la diseminación sistémica de las salmoneras en este segmento de la población.</p>
6. Factores de Virulencia y Mecanismos de Patogenicidad	<p>La vía de infección tradicional es la ingestión siendo también posible la transmisión por aerosol (Davies y Funk, 1999). Tras la ingestión, <i>Salmonella</i> se adhiere por medio de fimbrias al epitelio intestinal en el íleon y penetra por endocitosis a través de las microvellosidades o por el espacio inter-enterocito. La multiplicación bacteriana se produce en el tejido linfóide con virulencia variable en función de la cepa y el hospedador. Produce diferentes enterotoxinas y citotoxinas que provocan un cuadro clínico caracterizado por diarrea intensa, cianosis, fiebre elevada y potencialmente muerte por septicemia. Las principales lesiones corresponden a cuadros de colitis y</p>

	<p>gastritis acompañados de esplenomegalia y aumento del tamaño de los ganglios mesentéricos. En casos de dosis infectivas bajas o recuperación incompleta de un cuadro agudo, se produce una infección subclínica en la que la bacteria se acantona en diversos tejidos del organismo (ganglios linfáticos ileales, tonsilas, pulmones, ciego y colon) y puede ser eliminada por heces durante meses sin que el animal muestre ninguna sintomatología de la enfermedad. Estos portadores asintomáticos son importantes reservorios de la enfermedad y el principal foco de infección.</p>
7. Análisis en alimentos:	<p><i>Salmonella</i> vive en el tracto intestinal de los humanos y otros animales, incluyendo aves. <i>Salmonella</i> es usualmente transmitida a los humanos por medio del consumo de alimentos contaminados con heces de animales. La <i>Salmonella</i> esta presente en carnes y aves crudas y puede sobrevivir si el producto no se cocina hasta una temperatura interna mínima adecuada, medido con un termómetro de alimentos.</p> <p><i>Salmonella</i> también puede causar intoxicaciones alimentarias (salmonelosis) por medio de la propagación de bacterias, por ejemplo, cuando los jugos de carnes y aves crudas tienen contacto con alimentos listos para comer, como ensaladas. Los alimentos también se pueden contaminar por medio de una persona infectada manejando los alimentos con las manos sucias. La <i>Salmonella</i> también se puede encontrar en las heces de algunas mascotas, especialmente aquellas con diarrea. Las personas se pueden infectar si no se lavan las manos después de tener contacto con estas heces. Particularmente, los reptiles tienen mayor probabilidad de cargar <i>Salmonella</i>. Las personas siempre deben lavarse las manos inmediatamente después de manejar un reptil, aún cuando el reptil este saludable.²⁰</p>
8. Brotes Recientes:	<p>Las epidemias de infección intestinal por <i>Salmonella spp</i> son uno de los problemas más comunes en todo el mundo, se estima que cada año ocurre en EUA un promedio de 800 000 a cuatro millones de infecciones por <i>Salmonella</i>, de las cuales alrededor de 500 son fatales.²² En Inglaterra, en 1960, se encontró salmonella en el 95 por ciento de los casos de envenenamiento: de 200 brotes estudiados, 5 tuvieron como origen la ingestión de carne fresca, 87 la de carne procesada, 41 la de huevos, 23 la de crema, 10 la de leche y 34 la de otro tipo de alimentos. En otros países se ha aislado <i>Salmonellas</i> en la carne en porcentajes muy variados estando presente aun en rastros en los que las condiciones higiénicas son buenas.²⁵ En México este tipo de infecciones se han notificado de manera ocasional, aunque se sospecha que la frecuencia puede ser mayor, debido al escaso control que se tiene en la manufactura y distribución de alimentos.²³</p>
9. Tolerancia o sensibilidad a los métodos de conservación:	<p>Esta bacteria sobrevive largos periodos de tiempo en el ambiente, soportando bien la congelación y en gran medida la desecación. En determinadas condiciones, es capaz de multiplicarse en un ambiente exterior y en agua. Se inactiva por calor, luz, desinfectantes comunes (fenoles, clorados e iodóforos) y su supervivencia disminuye en pH ácido.</p>
10. Información extra:	<p>Para mas información consultar los siguientes links:</p> <ul style="list-style-type: none"> • U.S. Food and Drug Administration, Center for Food safety and Applied Nutrition, Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. <p><http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap17.html></p>

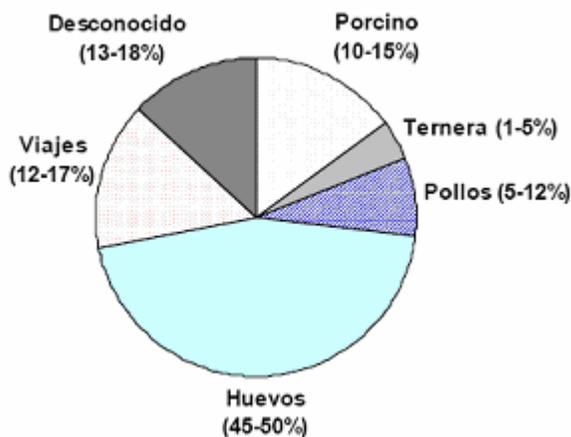
Los datos epidemiológicos oficiales de diferentes países indican que *S. enteritidis* y *S. typhimurium* son los principales serotipos responsables de la enfermedad en personas (Imagen 3).

Imagen 3. Frecuencia de los serotipos aislados en casos de salmonelosis humana en distintos países (Comisión Europea, 2000; CDC, 2001).



En la mayoría de países, *S. enteritidis* es el primer responsable de la infección pero, en los últimos años, se ha detectado un aumento en la frecuencia y gravedad de los casos producidos por *S. typhimurium*^{27, 28}. En general, *S. typhimurium* puede tener diversos orígenes siendo el cerdo el más relevante. Se estima²⁶ que la carne de cerdo es el origen de un 15% de las toxiinfecciones por *Salmonella* (rango entre 5 y 25 % según estudios) y de un 50% de las producidas por *S. typhimurium* (Imagen 2).

Imagen 3. Origen de los casos de salmonelosis en la población humana de Dinamarca (1999)



Diversos sondeos indican valores de aproximadamente 8% de contaminación en países como Estados Unidos, Alemania, Italia y Holanda, muy por encima del <1% en Dinamarca o <0.02% en Suecia^{29, 30}.

³¹. En la gran mayoría de casos, el principal serotipo aislado es *S. typhimurium* (cuadro 4).

Cuadro 4. Frecuencia (%) de *S. typhimurium* respecto al total de muestras de porcino positivas a *Salmonella* en distintos países. (Kaesbohrer, 1999; Mateu, 2001).

País	En cerdos vivos	En productos cárnicos
Dinamarca	79	66
Bélgica	63	25
Alemania	65	74
Francia	36	36
Italia	12	29
España	37	

La contaminación por *Salmonella* puede producirse en cualquier etapa de la cadena cárnica: desde las materias primas para alimentación animal, la granja, el sacrificio, la sala de despiece, los centros de elaboración hasta la conservación y preparación del producto cárnico por el consumidor en el hogar. Actualmente, la responsabilidad y en consecuencia la regulación parece estar concentrada sobre el sacrificio y la sala de despiece y, en menor grado, sobre la distribución y establecimientos de venta. Sin embargo, el control de las toxiinfecciones alimentarias debe pasar por una reducción de la prevalencia de los patógenos en la población animal. Por este motivo, es importante conocer los mecanismos epidemiológicos que actúan en la introducción y control de la transmisión de *Salmonella* en granjas de porcino.²⁴

La bacteria se mantiene acantonada en distintos tejidos del organismo, pero cualquier factor de estrés (ayuno, cargas, transporte, parto, infección concurrente, tratamiento con corticosteroides, aumentos de densidad en corrales,...) puede inducir una supresión del sistema inmune que resulta en una proliferación de *Salmonella* con el consiguiente aumento de excreción fecal.²⁴

Diferentes estudios en porcinos³² demuestran que las horas de **ayuno** de comida y bebida aumentan la excreción de *Salmonella*. Por tanto, para reducir la excreción de *Salmonella*, serían recomendables ayunos de corta duración. No obstante, frecuentemente se recomiendan ayunos prolongados porque suponen una reducción en el peso del contenido intestinal, una evisceración más fácil, una menor contaminación bacteriana debido a la menor roturas de vísceras, una menor incidencia de carnes PSE y una menor cantidad de productos residuales en el establecimiento. Demostraron el aumento en prevalencia positiva a *S. typhimurium* en cerdos inoculados experimentalmente a inicio de engorde cuando estos se ayunaron y transportaron a matadero (una distancia de 225 km). A final del engorde, dichos cerdos eran portadores del patógeno pero no lo eliminaban vía heces.³²

El estrés del **transporte** desencadenó la excreción y está fue superior al aumentar las horas de ayuno. El porcentaje de prevalencia positiva en cerdos ayunados 0, 6, 12 y 24 h fue de 18, 45, 55 y 85%, respectivamente. Los cerdos que no se transportaron mostraron una menor prevalencia de *Salmonella* en el contenido ileocecal.

Prolongados **tiempos de espera** antes del sacrificio son especialmente críticos. Es probable que exista una alta contaminación en los corrales de espera de los establecimientos debido a la poca efectividad contra *Salmonella* de la limpieza y desinfección habitual³³. De hecho, las prácticas de limpieza y desinfección convencionales sólo disminuyen en un 10% la incidencia de salmonelosis²⁶. La espera en ambientes con alta contaminación hace que el animal se infecte rápidamente (en 3 h). Por tanto, es importante que los cerdos se transporten en camiones limpios con el mínimo estrés, que la duración del viaje sea corta y que los animales no estén en los corrales de espera en sacrificio durante largo tiempo.

La principal medida en un establecimiento de sacrificio para el control de *Salmonella* en porcino es seleccionar materia prima no contaminada ya que ésta es básicamente la principal vía de contaminación. Un 70% de los casos de las canales contaminadas proceden de animales positivos, mientras que el 30% restante lo son por contaminación cruzada²⁶.

Un estudio epidemiológico realizado en distintos países de la Unión Europea²⁷ demuestra la importante prevalencia de *Salmonella* en los distintos productos y puntos de las instalaciones, con notables diferencias entre establecimientos (cuadro 12).

Cuadro 12.- Resultados de incidencia de *Salmonella* en un sondeo de muestras realizado en 12 mataderos europeos: Dinamarca, Alemania, Grecia, Suecia y Holanda²⁷

Muestras de:		Rango de porcentaje de muestras positivas en matadero:	
		Mínimo	Máximo
Producto:	Canal	0	9
	Hígado	0	13
	Lengua	0	14
Ambiente:	Tanque de escaldado	0	7
	Material de faenado	0	35
	Pelado de canales	0	8
	Eliminar el recto	1	34
	Eviscerado	9	53
	Partir la canal	7	39
	Inspección de la canal	0	17
	Pulido final	2	33
	Suelo previo al oreo	8	60

Los dos principales puntos críticos para la **contaminación cruzada** son el escaldado y el eviscerado de las canales. El proceso de escaldado reduce la contaminación de las canales. Sin embargo, cuando la temperatura es inferior a 62 °C y/o el tanque de escaldado contiene mucha materia orgánica, el patógeno resiste las condiciones del proceso. En estas condiciones, el escaldado pasa a ser un importante punto crítico y peligroso ya que la presencia de *Salmonella* en el tanque contribuye en gran medida a la contaminación cruzada de canales.

La higiene de los utensilios empleados en el establecimiento es de vital importancia durante el faenado de la canal. Para reducir la probable contaminación durante el eviscerado, es una buena práctica la utilización de bolsas para aislar el recto y sumergir continuamente los cuchillos empleados en los esterilizados a 82.5°C.

Por último, en la fase de post sacrificio, existen diferentes medidas para la descontaminación de posibles canales contaminadas. Por ejemplo, lavados con soluciones de ácidos orgánicos (ácido láctico y/o propiónico) e irradiación de productos finales. El lavado de canales, para eliminar posibles patógenos en la piel de las canales y así evitar el traspase a carne durante la manipulación, no está permitido en la Unión Europea pero sí en otros países como EUA y Australia. Dinamarca está evaluando la posibilidad de un lavado únicamente con agua caliente (80°C, 15 s) para ser utilizado en canales procedentes de granjas con alta prevalencia³⁴. Los inconvenientes de este sistema serían las posibles decoloraciones de la superficie de las piezas cárnicas y la importante cantidad de agua necesaria.

9.2.2.2 *Campylobacter jejuni*

Nombre del Organismo: *Campylobacter jejuni*

1. Características de los organismos:	<i>Campylobacter jejuni</i> es un bacilo Gram negativo curvo, de carácter zoonótico, reconocido como importante agente productor de diarrea en el hombre, tanto en países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo. ^{59, 60} Esta bacteria ha sido aislada como patógeno entérico en prácticamente todos los países latinoamericanos, con frecuencias variables (México 5.3%, Argentina 6.1%, Venezuela 9.2%, Chile 5.7-14.1%, Brasil 7.3-18.5%, Panamá 11.7%, Perú 15-23% y Ecuador 23%), posiblemente debido a las condiciones ecológicas propias de cada lugar, que intervienen en el ciclo epidemiológico de esta bacteria.
2. Características de la Enfermedad:	Los principales síntomas de la infección por <i>Campylobacter</i> son fiebre, calambres abdominales y diarrea, que generalmente es leve, aunque a veces puede ser grave. En casos de infecciones por <i>Campylobacter</i> , la diarrea que inicialmente es líquida, después puede contener sangre o mucosidad. A veces el dolor abdominal aparenta ser un síntoma más significativo que la diarrea. La infección podría confundirse con una apendicitis o un problema de páncreas.
3. Brotes producidos por alimentos:	Los productos cárnicos están fuertemente asociados a brotes infecciosos con este microorganismo. Se encuentran frecuentemente en el intestino grueso de los cerdos (61-100% de las muestras) cepas de <i>Campylobacter</i> spp., cuyos recuentos en las heces llegan a 10 ³ -10 ⁴ microorganismos/gramo. La mayoría de las cepas aisladas corresponden a <i>Campylobacter coli</i> y sólo un porcentaje pequeño a <i>C. jejuni</i> . El corto periodo de supervivencia de <i>Campylobacter jejuni</i> en el ambiente impide que se acumule y que alcance una población microbiana tan alta como la de salmoneras en establecimientos de sacrificio (Laytons y Colab. 1997). Después del sacrificio se ha encontrado <i>C. jejuni</i> en el 20-60% de las canales porcinas, sin embargo, durante la refrigeración de las canales, se reducen significativamente sus recuentos e incidencia. Aunque las evidencias epidemiológicas de muestran que la carne de las canales de porcino, es una causa relativamente pequeña de las infecciones por <i>Campylobacter</i> , se le considera un microorganismo emergente con infecciones esporádicas y de mucha importancia en la salud pública (ICMSF, 1998).
4. Dosis infecciosa:	Después de la ingestión de comida contaminada con al menos 10 ⁴ células de <i>Campylobacter</i> , el organismo se multiplica en el intestino delgado, invade el epitelio y causa inflamación que determina la enfermedad. ¹³²
5. Poblaciones Sensibles :	<i>Campylobacter</i> se transmite a los humanos a través de alimentos contaminados, más frecuentemente aves, cerdo, almejas crudas, otros bivalvos, o en aguas superficiales no sujetas a cloración. Las especies de <i>Campylobacter</i> también

	infectan a animales domésticos como perros, causando una forma ligera de diarrea que también se observa en humanos. Los casos de infección por <i>Campylobacter</i> en niños es frecuente que sean transmitidos desde animales domésticos infectados, especialmente perros. ¹³²
6. Factores de Virulencia y Mecanismos de Patogenicidad	Los mecanismos de patogenicidad identificados en <i>C. jejuni</i> son la capacidad para producir toxinas y para invadir el epitelio intestinal. La adhesión a superficies mucosas ha sido descrita recientemente como otro de sus factores de virulencia, la cual estaría mediada por el lipopolisacárido, algunas proteínas de membrana externa y el flagelo. ^{61, 62} La adhesión en <i>Campylobacter</i> ha sido observada utilizando cultivos celulares ^{63,64, 65} . Sin embargo, las estructuras responsables de este proceso no han sido bien definidas. Varios trabajos realizados en animales de experimentación han aportado evidencias de la participación del flagelo en la colonización intestinal, sugiriendo su rol como eventual adhesina e indicando que el proceso de adhesión de <i>C. jejuni</i> a células de mamíferos, supuestamente como etapa previa a la colonización estaría mediado, en gran proporción, por esta estructura bacteriana ^{62,64, 66, 67} . Este hecho reviste importancia para explicar la patogenia del cuadro diarreico y, en forma más específica, para explicar los pasos que anteceden a la instalación definitiva del proceso diarreico.
7. Análisis en alimentos:	El diagnóstico requiere el aislamiento del organismo a partir de muestras de heces e identificación mediante pruebas de crecimiento o ensayos inmunológicos. Debido a la frecuencia con que las infecciones por <i>C. jejuni</i> aparecen en niños, se ha desarrollado una variedad de medios selectivos y métodos inmunológicos muy específicos para la identificación positiva de este organismo. El tratamiento de las infecciones con eritromicina no acorta la diarrea aguda pero puede acortar el tiempo que los pacientes tienen <i>Campylobacter</i> en sus heces. ¹³²
8. Brotes Recientes:	El Programa Activo de Investigación de Enfermedades Transmitidas a Través de los Alimentos (FoodNET ⁴ , por su nombre en inglés) encontró un descenso considerable en los incidentes de infecciones causadas por <i>Campylobacter</i> entre 1996-2004. Sin embargo, de acuerdo a los Centros de Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés), campilobacteriosis causa una incidencia de aproximadamente 20 casos de intoxicaciones alimentarias por cada población de 100,000 personas diagnosticadas anualmente en EUA. <i>Campylobacter</i> fue identificada como la segunda mas común infección bacteriana reportada de acuerdo a casos de infección bacteriana reportados y confirmados en laboratorios de 10 lugares en el 2004 (42% <i>Salmonella</i> , 37% <i>Campylobacter</i> , 15% <i>Shigella</i> , 2.6% <i>E.coli</i> O157:H7 y 3.4% otras, como <i>Yersinia</i> , <i>Listeria</i> y <i>Vibrio</i>).
9. Información extra:	Para mas información consultar los siguientes links: <ul style="list-style-type: none"> • U.S. Food and Drug Administration, Center for Food safety and Applied Nutrition, Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. <http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap4.html> • Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. <http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/campylobacter_g.htm> • United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service <http://www.fsis.usda.gov/En_Espanol/Campylobacter_Preguntas_y_Respuestas/index.asp>

9.2.2.3 *Yersinia enterocolítica*

Nombre del Organismo: *Yersinia enterocolitica*

1. Características de los organismos:	Pertenece a la familia <i>Enterobacteriaceae</i> . La <i>Y. enterocolitica</i> es un cocobacilo Gram-negativo pequeño, que no forma esporas, es aerobio o anaerobio facultativo, móvil por flagelos peritricos a 22-25°C, pero no a 37°C, oxidasa
---------------------------------------	---

⁴ FoodNet es un proyecto de colaboración entre CDC, Programa de Nuevas Infecciones (EPIs, por sus siglas en inglés), USDA y Administración de Drogas y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés), uno de los objetivos es medir la efectividad de diferentes medidas preventivas usadas para reducir la incidencia de intoxicaciones alimentarias atribuible al consumo de carnes, aves y otros alimentos

	<p>negativo y catalasa positivo, crece a una temperatura entre 30-37°C a un pH entre 7 y 8, tiene la capacidad de reproducirse a $\pm 5^{\circ}\text{C}$, tolera en gran medida al 2,4,4-tricloro-2- hidroxidifenil eter (irgasan) utilizado como un agente selectivo en medios de cultivo; consta de 5 biotipos y hasta 70 serotipos, basados en antígenos O, la patogenicidad está asociada a los biotipos 1, 2 y 4, y a los serotipos O:3, O:8 y O:9.^{49,50}</p>
2. Características de la Enfermedad:	<p>Las infecciones con <i>Y. enterocolitica</i> son notables por su gran variedad de de presentaciones clínicas y desenlaces. Aunque la mayoría de las infecciones sintomáticas se traducen en diarrea inespecífica autolimitante, la yersiniosis también puede originar una diversidad de complicaciones supurativas y autoinmunes. El riesgo de estas complicaciones es determinado en gran parte por factores del hospedador, en particular la edad y el estado inmune subyacente. En los niños menos de 5 años de edad, la yersiniosis se presenta en forma de diarrea, con frecuencia acompañada de fiebre de poco grado y dolor abdominal. Típicamente, la enfermedad dura desde unos pocos días hasta 3 semanas, aunque algunos enfermos manifiestan síntomas de una enterocolitis crónica que puede durar varios meses. Rara vez, la enteritis aguda puede avanzar hacia la ulceración y perforación intestinales, o hacia la invaginación ileocólica, el megacolon tóxico, o la trombosis de las venas mesentéricas. Los niños con diarrea inducida por <i>Yersenia</i> con frecuencia se quejan de dolor abdominal y de dolor de cabeza.¹⁴</p> <p>A pesar de que <i>Y. enterocolitica</i> se aísla rara vez en sitios extraintestinales, parecer ser que no existe tejido alguno en el que no sea capaz de crecer.¹⁴</p> <p>Se dice que la bacteria de <i>Yersenia</i> tiene un porcentaje de mortalidad de casos comprendido entre el 30 y el 60%.¹⁴</p> <p><u>Infeción aguda</u></p> <p><i>Y. enterocolitica</i> penetra en el tracto gastrointestinal después de su ingestión en el alimento o en el agua contaminada. Parece ser que el ácido gástrico constituye una barrera importante frente a la infección.</p>
3. Brotes producidos por alimentos:	<p>Los alimentos que es posible que alberguen a <i>Y. enterocolitica</i> incluyen la carne de cerdo, la carne de bovino, la carne de cordero, la carne de aves de corral y los productos lácteos, notablemente la leche, la nata y los helados.¹⁴</p> <p>En EUA de América, los cerdos son reservorios comunes de los serotipos O:3 y O:9 de <i>Y. enterocolitica</i>, en Dinamarca, Bélgica y Suecia, el serotipo O:3 es el predominante en estos animales, pero en EUA, se ha detectado con mayor frecuencia el O.8, a partir de lenguas de cerdo.⁵¹</p>
4. Dosis infecciosa:	<p>Se desconoce la dosis infecciosa para las personas pero es probable que exceda de 10^4 UFC.¹⁴</p>
5. Poblaciones Sensibles :	<p>Casi todas las infecciones sintomáticas se presentan en niños, especialmente los de menos de 5 años de edad.</p>
6. Factores de Virulencia y Mecanismos de Patogenicidad	<p>El examen de muestras quirúrgicas procedentes de enfermos con yersiniosis revela que se trata de un patógeno invasor que induce una respuesta inflamatoria en los tejidos infectados. El íleon distal, en especial el tejido linfoide asociado al intestino, soporta lo más fuerte de la infección, aunque con frecuencia las regiones contiguas del intestino y de los ganglios linfáticos mesentéricos también están involucrados.</p> <p><i>Y. enterocolitica</i> es un patógeno versátil transmitido por alimentos con una capacidad notable para adaptarse a una serie extensa de ambientes dentro y fuera de su hospedador. Típicamente, las bacterias entran en sus hospedadores por medio de los alimentos o del agua en los que tendrán que crecer hasta la fase estacionaria a temperatura ambiental. Durante las primeras etapas de su proceso infeccioso, este agente causal muestra una clara afinidad por las placas de Peyer y atraviesa la mucosa a través de las células M; posteriormente, ingresa a los nódulos linfáticos mesentéricos, en los cuales se reproduce provocando una respuesta inflamatoria que funge como la responsable del dolor abdominal. De cualquier manera, buena parte de las patologías entéricas son localizadas y</p>

	autolimitadas, en virtud de que la respuesta del hospedador suele ser vasta y suficiente para eliminar al agente invasor ^{(55), 57}
7. Análisis en alimentos:	El número de organismos viables de <i>Y. enterocolítica</i> puede aumentar más de 10 ⁶ veces en la carne de cerdo cocidas en 24 hrs a 25°C o en 10 días a 7°C ⁽¹⁴⁾ . En carne de porcino cruda el crecimiento es más lento.
8. Brotes Recientes:	Teniendo en cuenta la existencia abundante de <i>Y. enterocolítica</i> en la naturaleza y su capacidad para colonizar los animales de abasto, para persistir en los animales y en el ambiente, y para replicarse a temperaturas de refrigeración, los brotes de yersiniosis son sorprendentemente raros. Casi todos los brotes producidos por alimentos en los que se identificó un origen han sido atribuidos a la leche. ¹⁴ Más recientemente, un brote de infección con <i>Y. enterocolítica</i> O:3 afectó a 15 bebés y niños en la Atlanta metropolitana. En este caso, las bacterias fueron transmitidas desde despojos crudos (intestino de cerdo) a los niños afectados en las manos de manipuladores de alimentos. Otros alimentos que han sido responsables de brotes de yersiniosis incluyen el queso de cerdo (un tipo de embutido preparado con despojos de cerdo). En México, se desconoce la presencia de <i>Y. enterocolítica</i> en cerdos, así como que biotipos y serotipos están presentes. ⁵²
9. Tolerancia o sensibilidad a los métodos de conservación:	Entre las enterobacterias patógenas, <i>Y. enterocolítica</i> es insólita por ser psicrotrofa, según se demuestra por su capacidad para replicarse a temperaturas entre 0 y 44°C. Las yersinias soportan fácilmente la congelación y son capaces de sobrevivir en alimentos congelados durante períodos prolongados aún después de la congelación y descongelación repetidas. Sin embargo, <i>Y. enterocolítica</i> es sensible al calor y es destruida por la pasteurización a 71.8°C durante 18 segundos. La exposición a agua caliente (80°C) de carne contaminada en la superficie durante 10 a 20 segundos, reduce la viabilidad bacteriana por lo menos en el 99%. <i>Y. enterocolítica</i> es capaz de crecer en un intervalo de pH de aproximadamente 4 a 10, con un pH óptimo entorno a 7.6. La tolerancia y <i>Y. enterocolítica</i> al ácido depende del agente acidulante utilizado, de la temperatura ambiental y de la composición del medio y de la fase de crecimiento de las bacterias. <i>Y. enterocolítica</i> es inactivada fácilmente por la radiación ionizante y UV y por el nitrato y nitrito sódicos añadidos al alimento. Los estudios de la capacidad de <i>Y. enterocolítica</i> para sobrevivir y crecer en alimentos contaminados en diversas condiciones de almacenaje han demostrado que esta especie generalmente sobrevive a temperatura ambiente y a temperaturas de refrigeración mejor que a temperaturas intermedias. ¹⁴ <i>Y. enterocolítica</i> es capaz de crecer a temperatura de refrigeración en la carne envasada al vacío. ¹⁴
10. Información extra:	Para mas información consultar los siguientes links: • U.S. Food and Drug Administration, Center for Food safety and Applied Nutrition, Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap17.html

Los cerdos constituyen la única especie animal en la que la sido aislada *Y. enterocolítica* de biovariedad serovariedad O:3 (la variedad relacionada mas frecuentemente con la enfermedad humana) con cierto grado de frecuencia. Los cerdos también pueden ser portadores de *Y. enterocolítica* de las serovariedades O:9 y O:5, ²⁷, especialmente en regiones donde las infecciones humanas con estas variedades son relativamente frecuentes. Determinados aislamientos de *Y. enterocolítica* procedentes de los cerdos y de las personas son indiferenciables unos de otros en términos de serovariedad, biovariedad, polimorfismo de la longitud del fragmento de restricción del DNA cromosómico y plasmídico, y vehiculación de determinantes de virulencia.

En los países con una frecuencia elevada de yersiniosis humana, *Y. enterocolítica* se aísla habitualmente en los cerdos en los establecimientos de sacrificio y en las carnicerías ¹⁴. Los tejidos que

con mayor frecuencia son positivos a los cultivos son la lengua, el ciego, el resto, las heces y el tejido linfóide asociado al intestino.

Los estudios epidemiológicos que apuntan a la ingestión de carne de cerdo cruda o cocida insuficientemente como un factor de riesgo importante para contraer la yersiniosis, proporcionan otras pruebas de la importancia de los cerdos como reservorios de las infecciones humanas.

La recuperación de *Y. enterocolitica* a partir de cerdos, demostró la presencia del microorganismo en México, al menos en estos animales destinados para el abasto.⁽⁵²⁾

Estudios en cerdos para abasto, principalmente en rastros y carnicerías, han hallado que los serotipos predominantes en Europa han sido el O:3 y O:9; sobre todo el O:3 en contraste con el O:8 el cual es la causa más común de yersiniosis en EUA, aunque su presencia ha sido rara en el porcino.^{52,53,54} Investigaciones anteriores llevadas a cabo en varios países, han confirmado también la existencia de la bacteria en tonsilas de cerdos;⁵³ y a partir de muestras de lengua y canales frescas.⁵⁰ Los serotipos O:3 y O:9 inclusive se han identificado a partir de lengua, garganta, tonsilas, canales, carne, jamón y contenido cecal de cerdos.⁴⁹

En EUA, se han identificado los serotipos O:3 y O:9, en Finlandia, el O:3 fue localizado en el 36.4% a partir de tonsilas de cerdo,⁵³ el mismo serotipo ha sido aislado frecuentemente en Dinamarca, Bélgica y Suecia;⁵¹ de la misma manera ha predominado en Escandinavia, Japón, Canadá y en otras regiones de Europa.⁵⁵

En México, posiblemente *Y. enterocolitica* se encuentra ampliamente distribuida, sin embargo, las prioridades de diagnóstico estén encaminadas a conocer la situación de otras enterobacterias como *Campylobacter*, *Salmonella* y *Shigella*, lo cual de alguna manera es una limitante para la escasa información que se tiene del microorganismo y sus serotipos patógenos.⁵² En humanos se han admitido como modos de transmisión, el contacto de personas con animales infectados, la transmisión de persona a persona dentro de una familia infectada y el consumo de carne de cerdo contaminada, involucrados principalmente los trabajadores relacionados con los rastros, granjeros y criadores de porcinos. Los posibles mecanismos de transmisión también están fuertemente vinculados a las características psicofílicas del agente y su habilidad de proliferar rápidamente alrededor de los 4°C; estos atributos permiten a la bacteria la capacidad de incrementarse en los alimentos durante la refrigeración y sobrevivir en los mismos por largos períodos, lo que de alguna forma repercute desfavorablemente en la industria de alimentos.^{52, 56} Las actividades tendientes a disminuir o evitar la contaminación de la carne por *Y. enterocolitica*, están encaminadas a modificar los procesos de sacrificio, lo que justificaría en gran medida separar la cabeza de la canal, con el propósito de reducir la presencia del microorganismo en la misma y en consecuencia disminuir la frecuencia de la bacteria.⁵²

La presencia de *Y. enterocolitica* en cerdos y su serotipificación, se registraron por primera vez en México, esto es importante debido a que el patógeno, está involucrado en problemas de salud pública.

⁵²

9.2.2.4 Escherichia coli

Las cepas de *Escherichia coli* son una parte común de la microflora anaeróbica facultativa normal del tracto gastro intestinal de las personas y animales de sangre caliente, como los cerdos.¹⁴ Una cepa de *E. coli* en particular, conocida como *E. coli* O157:H7, causa una grave infección intestinal en los humanos. Es la cepa más común que causa enfermedades en las personas. Se puede diferenciar de otras *E. coli* por la producción de una potente toxina que daña el revestimiento de la pared intestinal y causa diarrea con sangre. El Centro para el Control y Prevención de Enfermedades con siglas en inglés (CDC) informan que se producen aproximadamente 110,000 casos de este tipo de infección por *E. coli* en EUA cada año. Las cepas *E. coli* que provocan la enfermedad diarreica se clasifican en grupos específicos basados en propiedades de virulencia, mecanismos de patogenicidad, síndromes clínicos, y serogrupos O:H diferentes. Estas clases incluyen¹⁴:

Cepas de E.coli enteropatógenos (EPEC)

Escherichia coli enteropatógena (EPEC, por sus siglas en inglés) es una bacteria que infecta principalmente a los niños menores de dos años provocando diarrea de diversos grados. EPEC utiliza una variedad de factores de virulencia para causar el daño mediante un mecanismo complejo. A nivel intestinal induce una alteración histopatológica conocida como la lesión de "adherencia y esfacelación" (A/E) en las células intestinales. Esta lesión se caracteriza por la destrucción de las microvellosidades de la membrana, la adherencia íntima de la bacteria al epitelio intestinal, el reordenamiento del citoesqueleto de la célula huésped, la formación de un pedestal y la iniciación de varias señales de transducción generadoras de la secreción intestinal. EPEC es uno de los patógenos bacterianos más importantes asociado a la gastroenteritis infecciosa y diarrea esporádica en niños menores a dos años ⁶⁸. Además de producir la lesión A/E, EPEC presenta generalmente un plásmido denominado EAF (factor de adherencia de EPEC) relacionado tanto a la adherencia entre bacterias, así como a las células epiteliales del intestino. Los organismos de EPEC pueden producir diarrea grave. Los principales serogrupos relacionados con enfermedades son O55, O86, O111ab, O125ac, O126, O127, O128ab, y O142. Las personas son un reservorio importante. La definición original de EPEC es: E.coli dearragénico que pertenece a serogrupos incriminados epidemiológicamente como patógenos pero cuyos mecanismos patógenos no se ha demostrado que estén relacionados o con la enterotoxina termolábil, o con la enterotoxina termoestable, o con capacidad invasora parecida a Shigella. Sin embargo, se ha determinado que los EPEC inducen las lesiones de fijación y separación (AE) en las células a las cuales se adhieren y son capaces de invadir células epiteliales. Algunos EPEC pueden producir una o más toxinas.¹⁴

Cepas de E.coli enterotoxigénicas (ETEC)

Los ETEC son la causa principal de la diarrea infantil en los países en desarrollo. También son los agentes más frecuentemente responsables de la diarrea del viajero. Los ETEC colonizan el intestino delgado proximal mediante los factores de colonización de las fimbrias y producen una enterotoxina termolábil o termoestable que atrae la acumulación de líquido y una respuesta diarreica. Los serogrupos de ETEC más frecuentes son O6, O8, O15, O20, O25, O27, O63, O78, O85, O115, O128ac, O148, O159 y O167. Las personas son los principales reservorios de los ETEC que producen la enfermedad humana.

Para mayor información sobre estadísticas y brotes recientes de esta bacteria consultar:

*U.S. Food and Drug Administration, Center for Food safety and Applied Nutrition, Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook.
<<http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap13.html>>*

Cepas de E.coli enterotoxiinvasoras (EIEC)

Los EIEC producen diarrea no sanguinolenta y disentería parecida a la producida por Shigella spp. por invadir y multiplicarse en el interior de las células epiteliales del colon. El sitio principal de la ubicación bacteriana es el colon, donde los EIEC invaden las células epiteliales y se multiplican en ellas, provocando su muerte. Las personas son el principal reservorio, y los serogrupos relacionados con mayor frecuencia con enfermedad son O28ac, O29, O112, O124, O136, O143, O144, O152, O164 y O167. De estos serogrupos, el O124 es el encontrado habitualmente.

Para mayor información sobre estadísticas y brotes recientes de esta bacteria consultar:

*U.S. Food and Drug Administration, Center for Food safety and Applied Nutrition, Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook.
<<http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap16.html>>*

Cepas de E.coli de adherencia difusa (DAEC)

En México, los DAEC han sido relacionados con diarrea en niños. Estas cepas son capaces de producir diarrea ligera con sangre o leucocitos decales y se identifican por una característica forma de adherencia difuso-adherente a las líneas celulares HEp-2 o HeLa. Estas bacterias cubren la superficie uniformemente. Los DAEC generalmente no elaboran toxinas Shiga (Stxs), ni poseen plásmidos del factor de adherencia de EPEC o invaden células epiteliales.¹⁴

Cepas de E.coli enteroagregantes (EAggEC)

Los EAggEC han sido relacionados con diarrea persistente en bebés y niños en varios países de todo el mundo. Estas cepas de E. coli son singularmente diferentes de las de otro tipo de E. coli patógenos por su capacidad para producir una característica forma de adherencia agregante en las células HEp-2 de una forma parecida a ladrillos apilados.¹⁴

Cepas de E.coli enterohemorrágicas (EHEC)

Los EHEC fueron identificados por primera vez como patógenos humanos en 1982, cuando E. coli del serogrupo O157:H7 fue relacionado con dos brotes de colitis hemorrágica. Desde entonces, determinados cepas y serogrupos de E. coli, que incluyen O26H:11, O103, O104, O111, y al serogrupo O157:H7, han sido relacionados con diarrea sanguinolenta y también han sido identificados como EHEC. Sin embargo, el serotipo O157:H7 es la causa de la enfermedad relacionada con EHEC en EUA y en otros varios países. Todos los EHEC producen factores citotóxicos para las células renales de mono verde africano. Que han sido descritas como verotoxinas (VTs) o como toxinas parecidas a la toxina Shiga (SLTs) porque la VT1 es parecida a la toxina Shiga producida por el tipo 1 de Shigella dysenteriae. Puesto que E. coli O157:H7 es el serotipo más corriente del EHEC y porque se sabe más acerca de este serotipo que acerca de otros serotipos de EHEC, se centra específicamente en E.coli O157:H7. EHEC es un patógeno emergente de las últimas décadas, que se caracteriza por producir las citotoxinas Shiga causando diarrea no sanguinolenta, colitis hemorrágica y síndrome hemolítico urémico (SHU)⁵⁸.

Nombre del Organismo: Escherichia coli O157:H7

1. Características de los organismos:	<p><i>Escherichia coli</i>, miembro de la familia de los <i>Enterobacteriaceae</i>, es una bacteria anaeróbica facultativa, gram-negativa, móvil, no formadora de spora.</p> <p>Su nombre se origina del antígeno somático [O] 157 identificado y el séptimo antígeno flagelar [H]. El antígeno [O] se deriva de la pared celular y el [H] del flagelo este se encuentra solo en especies motiles.⁴⁸ El serotipo O157:H7 causa una enfermedad transmitida por los alimentos, y está mayormente asociada a alimentos cárnicos.⁴⁸ Se desarrolla a:</p> <p><u>Temperatura:</u> optima 37°C, mínima de 7-8°C, máxima 46°C</p> <p><u>pH:</u> Optimo 6-7, en un rango de 4.4 a 9.</p> <p><u>Atmósfera:</u> puede crecer en presencia o ausencia de oxígeno, el crecimiento puede ocurrir en productos cárnicos empacados al vacío a 8 y 9°C, pero no usando el producto es empacado en atmósfera de 100% CO₂.</p> <p>Actividad acuosa: optima $a_w = 0.995$ mínimo $a_w = 0.950$</p> <p>Sobrevive a:</p> <p><u>Temperatura:</u> sobrevive en alimentos refrigerados y congelados.</p> <p><u>pH:</u> sobrevive un pH bajo (menor a 3.6)</p>
2. Características de la Enfermedad:	<p>La enfermedad se caracteriza por dolor abdominal y diarrea, la cual inicialmente es acuosa para tornarse luego sanguinolenta. Ocasionalmente ocurren vómitos. No se presenta fiebre o es muy baja. Algunos individuos sólo presentan diarrea acuosa o no presentan síntomas.³⁸ Los síntomas iniciales generalmente ocurren a los dos días siguientes de haber ingerido los alimentos contaminados, aunque se han reportado también entre los tres y cinco días. La intensidad de los síntomas aumenta durante las primeras 24-48 horas y duran de cuatro a diez días.³⁷ Los siguientes son algunos de los síntomas más comunes asociados con el <i>E. coli</i> O157:H7. Sin embargo, cada persona puede</p>

	<p>experimentar los síntomas de diferente forma, y pueden incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • calambres abdominales • diarrea con sangre, grave • diarrea sin sangre • sin fiebre o fiebre leve • Síndrome Urémico Hemolítico (SUH) <p>Los síntomas pueden ir de ninguno a una forma grave de la infección conocida como síndrome urémico hemolítico (SUH). En el SUH, se destruyen los glóbulos rojos (las células que transportan oxígeno en el flujo sanguíneo) de un individuo y los riñones dejan de trabajar. Aproximadamente el 8% de las infecciones pueden dar como resultado este síndrome.</p>
3. Brotes producidos por alimentos:	Hamburguesas de carne crudas o poco cocinadas han estado implicadas en casi todos los brotes documentados y en los casos esporádicos. La leche cruda también ha estado involucrada en casos de la enfermedad. Otros alimentos, sin embargo, pudieran ser fuente de infección.
4. Dosis infecciosa:	Menos de 10 células de <i>E. coli</i> O157:H7 pueden ser suficientes para causar la enfermedad en humanos. Bajas dosis infecciosas de 2 a 2,000 células han sido asociadas con brotes. ³⁶
5. Poblaciones Sensibles :	<p>Algunos de los afectados, fundamentalmente los niños menores de 5 años y los ancianos, desarrollan el Síndrome Urémico Hemolítico (SUH), caracterizado por fallo renal y anemia. Entre el 2% y el 5% de los afectados por Colitis Hemorrágica pueden desarrollar esta complicación. En EUA, el SUH es la causa principal de daño renal en los niños, y la mayoría de los casos de SUH son causados por la <i>E. coli</i> O157: H7.³⁸</p> <p>En los ancianos, la afección de Síndrome Urémico Hemolítico más otras dos entidades (fiebre y síntomas neurológicos) pueden favorecer la aparición de la Púrpura trombocitopénica trombótica. Esta enfermedad tiene una tasa de letalidad en los ancianos del 50%³⁹. Estas infecciones han sido identificadas como un problema importante en América del Norte, Europa y la región meridional de América del Sur. No se ha definido la importancia relativa que tienen en el resto del mundo.³⁷</p>
6. Factores de Virulencia y Mecanismos de Patogenicidad	El mecanismo exacto de la patogenicidad de <i>E. coli</i> O157:H7 no ha sido aclarado del todo. Sin embargo, han sido identificados factores de virulencia importantes en base al examen histopatológico de los tejidos de los pacientes de HUS y de colitis hemorrágica, a los estudios que utilizaran métodos genéticos. Ha sido desarrollado un cuerpo general de conocimientos sobre la patogenicidad de <i>E. coli</i> O157:H7 que indica que el organismo produce enfermedad por su capacidad para adherirse a la membrana de las células hospedadoras (posiblemente invadiendo las células hospedadoras) y produciendo a continuación Stx 1 y/o Stx2. Los factores de adherencia, Stx1 y Stx2, son factores decisivos en la patogenia de la infección con <i>E. coli</i> O157:H7. ¹⁴
7. Análisis en alimentos:	<p><i>E. coli</i> O157:H7 es transmitido principalmente a través de alimentos contaminados tales como carne cruda o insuficientemente cocida (debajo de 60°C) y leche cruda. La contaminación fecal del agua y otros alimentos y la contaminación cruzada durante la preparación de los alimentos son rutas importantes en la transmisión de la infección.</p> <p>Cepas de <i>E. coli</i> enterohemorrágica (EHEC) han sido aisladas de una gran variedad de alimentos y del medio ambiente, esto implica distintas condiciones en término de nutrientes, pH, salinidad y temperatura. Recientes brotes de diarrea y SUH han sido asociados al consumo de alimentos como el jugo de manzana, mayonesa y embutidos fermentados, alimentos de naturaleza ácida. Han demostrado que <i>E. coli</i> O157:H7 posee una gran tolerancia a pH menores a 3 sin pérdida</p>

	de la viabilidad. ⁴⁷
8. Brotes Recientes:	<p>Desde su identificación como patógenos en 1982, <i>E. coli</i> O157:H7 ha sido la causa de una serie de brotes en EUA. Durante todo 1994, han sido documentados 68 brotes o casos de infección por <i>E. coli</i> O157:H7. Han aumentado desde un promedio de 2 por año entre 1982 y 1992 hasta 17 en 1993 y 30 en 1994. Este aumento espectacular puede ser debido en parte a la identificación perfeccionada de la infección por <i>E. coli</i> O157:H7 como consecuencia de la publicidad del extenso brote multiestado en el oeste de EUA en enero de 1993.⁽¹⁴⁾</p> <p>Geográficamente, el foco de atención para el estudio de las infecciones por <i>E. coli</i> O157:H7 ha proseguido en gran parte en el continente de América del Norte. Casi todos los estudios publicados con una frecuencia considerable de detección de este patógeno en enfermedades diarreicas esporádicas han sido en EUA y Canadá.</p> <p>Reino Unido (Escocia)</p> <p>Nov/1996</p> <p>A mediados de Noviembre de 1996 comenzó el mayor brote intoxicación por esta bacteria en el Reino Unido. La fuente del brote fueron cortes y bistecques contaminados de una carnicería de la localidad de Wishaw, Lanarkshire, en Escocia. Hasta enero de 1997 se habían confirmado 256 afectados y 16 fallecidos.⁴⁰</p> <p>Mayo/1997</p> <p>Desde el 20 de mayo hasta el 3 de junio de 1997 el número de casos de infección por <i>Escherichia coli</i> O157 asociados al brote ocurrido en el Hospital Falkirk and District Royal Infirmary, se había elevado a 31. De ellos, 16 eran pacientes del pabellón geriátrico, 11 eran del equipo médico y 4 personas de la comunidad que tenían vínculos con la unidad. Este hospital había atendido el año anterior a los afectados por la epidemia ocurrida en Lanarkshire, Escocia. Los pacientes del hospital afectados por el actual brote están en un rango de edad de 75 a 95 años, pero no hay ninguno en condiciones críticas. Se ha confirmado que la cepa del brote es la <i>E. coli</i> fago 8. Esta es una cepa inusual en Escocia, acumulando sólo el 3% de los aislamientos realizados. La fuente del brote aún no se ha identificado.^{41,42}</p> <p>Japón</p> <p>Mayo/1996</p> <p>Desde mediados de mayo de 1996, varios brotes grandes de <i>Escherichia coli</i> O157: H7 se han reportado en Japón. El más reciente brote de grandes proporciones afectó primariamente a la ciudad de Sakai, cerca de Osaka y causó 6 309 casos en escolares y 92 casos en trabajadores de 62 escuelas elementales. Otras 160 personas, fundamentalmente familiares de los niños afectados, contrajeron infecciones secundarias.⁴³</p> <p>Marzo/1997</p> <p>En marzo de 1997 se reportó un cluster de 96 casos en la región central de Japón (incluyendo Tokyo, Yokohama y Nagoya); 53 casos fueron hospitalizados y un paciente murió.⁴⁴</p>
9. Tolerancia o sensibilidad a los métodos de conservación:	<p><u>Acidotolerancia</u></p> <p>A diferencia de la mayoría de los patógenos transmitidos por alimentos, <i>E. coli</i> O157:H7 es tolerante a los medios, los estudios revelan que puede sobrevivir a la fermentación y a la desecación. Los estudios que utilizaron los ácidos acéticos, cítrico o láctico en concentraciones de hasta 1.5%, como los pulverizadores de ácidos orgánicos sobre la carne de vaca, revelaron que las poblaciones de <i>E. coli</i> O157:H7 no resultaban afectadas sensiblemente por ninguno de los tratamientos.¹⁴</p> <p><u>Resistencia antibiótica</u></p>

	<p>Los primeros estudios de la resistencia antibiótica revelaron que los aislamientos de <i>E. coli</i> O157:H7 eran sensibles a casi todos los antibióticos. Sin embargo, estudios recientes han revelado una tendencia hacia el aumento de la resistencia a los antibióticos.¹⁴</p> <p><u>Inactivación térmica</u></p> <p>Los estudios sobre la sensibilidad térmica de <i>E. coli</i> O157:H7 en la carne de vaca picada han revelado que el atógeno tiene una resistencia insólita al calor. Calentando suficientemente la carne de vaca picada para destruir las cepas típicas de <i>Salmonella</i>, también se destruirá a <i>E. coli</i> O157:H7. El calentamiento apropiado de los alimentos de origen animal, esto es, el calentamiento de los alimentos hasta que alcanzan una temperatura interna de por lo menos 68.3°C, es un importante punto crítico de control para garantizar la inactivación de <i>E. coli</i> O157:H7.¹⁴</p>
10. Información extra:	<p>Para mas información consultar los siguientes links:</p> <ul style="list-style-type: none"> • U.S. Food and Drug Administration, Center for Food safety and Applied Nutrition, Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook. >http://www.cfsan.fda.gov/~mow/chap15.html< • New Zealand Food Safety Authority, Microbial Pathogen Data Sheets <http://www.nzfsa.govt.nz/science/data-sheets/escherichia-coli-o157.pdf>

En la carne fresca de porcino, la mayor parte de las *Enterobacteriaceae* proceden de contaminaciones de origen fecal y su presencia en gran número puede indicar una manipulación no higiénica y/o un almacenamiento inadecuado¹⁴.

Por otra parte, la presencia de *E.Coli* en un alimento no constituye una connotación directa de la presencia de un patógeno, sino que implica únicamente un cierto riesgo de que pudiera estar presente. Las canales de cerdo que han estado expuestas a procesos para garantizar su sanidad, la presencia de niveles considerables de *Enterobacteriaceae* o de coliformes indica lo siguiente:

- Tratamiento inadecuado y/o posterior al tratamiento, más comúnmente a partir de materias primas, equipos sucios o manejo no higiénico.
- Multiplicación microbiana que pudiera haber permitido el crecimiento de toda la serie de microorganismos patógenos y toxigénicos.

La gran incógnita es si un resultado negativo con alguna de las pruebas, asegura la ausencia de patógenos entéricos. Ello depende naturalmente de parámetros tales como: el número y magnitud de las canales examinadas, la sensibilidad del método empleado y el número de *E.Coli* y microorganismos patógenos. (Ver *Pruebas Microbiológicas*).

9.2.2.5 *Clostridium perfringens*

Clostridium perfringens es uno de los patógenos más comunes encontrados en la carne y asociado a enfermedades transmitidas por los alimentos. Es un bacilo gram-positivo sin movimiento, capaz de producir esporas altamente resistentes a condiciones de radiación, desecación y calentamiento y es también capaz de producir un espectro muy amplio de enfermedades en el ser humano y en los animales. Su patogenicidad se debe principalmente a su capacidad de producir proteínas tóxicas que incluyen al menos dos toxinas, la enterotoxina CPE y la B-toxina que son activas en el tracto gastrointestinal del humano. Los síntomas de las enfermedades incluyen dolores abdominales intensos, producción de gases y diarrea y se atribuyen a una enterotoxina producida durante la esporulación del microorganismo en el intestino.

Las células vegetativas se pueden duplicar en 10 minutos, permitiendo que el microorganismo se multiplique en el alimento muy rápidamente bajo ciertas condiciones. La resistencia al calor de sus esporas a menudo permite que sobrevivan al cocimiento incompleto de algunos alimentos, permitiendo que las bacterias sobrevivientes puedan causar envenenamiento con el alimento.

La presencia de números pequeños de *C. perfringens* es muy común en las carnes crudas. Aproximadamente el 50% de la carne cruda o congelada contiene *C. perfringens*. Las células vegetativas de *C. perfringens* se destruyen a temperaturas por arriba de 60°C, pero las esporas pueden sobrevivir al tratamiento térmico y presentar crecimiento vegetativo en condiciones favorables.

Tales condiciones son el medio ambiente anaeróbico, disponibilidad e una fuente de proteína y temperaturas entre 37 y 45°C, que pueden presentarse en la carne precocida empacada al vacío, particularmente durante las fases de calentamiento y enfriamiento del procesamiento térmico.

9.2.2.6 *Staphylococcus aureus*

La intoxicación estafilocócica se encuentra dentro de las enfermedades transmitidas por alimentos más importantes en el ámbito mundial. De todos los brotes de intoxicación alimentaria que se presentan, en promedio el 20% se deben al consumo de alimentos contaminados con enterotoxinas producidas por bacterias del género *Staphylococcus* y principalmente por las especies *S. aureus*. Es una bacteria de la familia Micrococcaceae y consiste en cocos Gram-positivos.

La intoxicación estafilocócica se caracteriza por náuseas, vómito, calambres abdominales y ocasionalmente diarrea son la presencia de fiebre, además se puede presentar malestar general y dolor de cabeza. Esta intoxicación no es considerada una enfermedad grave, sin embargo se han llegado a presentar algunas muertes principalmente en ancianos y niños de corta edad. Su grado de severidad depende de la cantidad de enterotoxina ingerida y del estado inmunológico del individuo que la consume. En alimentos involucrados en brotes se ha determinado que la manipulación de alimentos es la principal fuente de contaminación.

La mayoría de las carnes crudas se contaminan durante el sacrificio de los animales, ya que éstos son ampliamente manipulados. En condiciones normales el microorganismo no se desarrolla rápidamente y se destruye durante el proceso de cocción. Se ha visto que los estafilococos presentes en la carne antes de ser procesada raramente se involucran en brotes, por lo que generalmente la contaminación de productos cárnicos ocurre post-proceso. Para que el producto cárnico pueda estar involucrado en un brote de intoxicación alimentaria se debe haber abusado de la temperatura de conservación (10-45°C) y tener una a_w entre 0.95 y 1.0 para permitir el desarrollo y la producción de enterotoxinas (Torres, 1999).

9.3 Agentes Parasitarios en Carne

Las principales enfermedades transmitidas por parásitos en la carne son las siguientes:

9.3.1.1 Toxoplasmosis

La Toxoplasmosis es una infección del hombre y animales con el parásito *Toxoplasma gondii*. Los grupos especialmente afectados son los niños por infección materna y las personas inmunosuprimidas (como las enfermas por SIDA).

El *Toxoplasma gondii* es un esporozoario del género coccidia, es uno de los parásitos más ampliamente distribuidos en el planeta y por lo tanto el espectro de huéspedes es también muy amplio, incluye a más de 200 especies de vertebrados, desde peces, reptiles, aves, mamíferos silvestres y domésticos hasta el hombre.

A nivel mundial se estima que un tercio de la población es seropositivo; la frecuencia de la infección se incrementa regularmente con la edad y es más alta en climas cálidos y húmedos. Tras la primera infección se desarrolla inmunidad, después de reinfecciones se disminuye e incluso se limita la excreción de oocistos.

Fuente de infección

Existen cuatro estadios del parásito con diferente carácter infeccioso:

- a) oocistos, formas fecales provenientes del huésped definitivo
- b) trofozoito, formas reproductivas intra y extracelulares
- c) quistes
- d) pseudoquistes, que se encuentra, estos dos últimos, en todos los órganos y tejidos de animales infectados.

El hombre puede adquirir la infección en forma intrauterina cuando la madre se infecta, o después del nacimiento al consumir carne cruda o insuficientemente cocida, incluso ingestión accidental tras manipulación de material contaminado, o por ingestión de quistes maduros provenientes del suelo que contaminan alimentos y agua.

Cuadro clínico

Tanto en el hombre como en los animales, a pesar de la alta frecuencia de la infección, la enfermedad clínica es de baja incidencia, se presenta en forma esporádica, generalmente transcurre en forma latente; el estado inmunológico juega un papel fundamental.

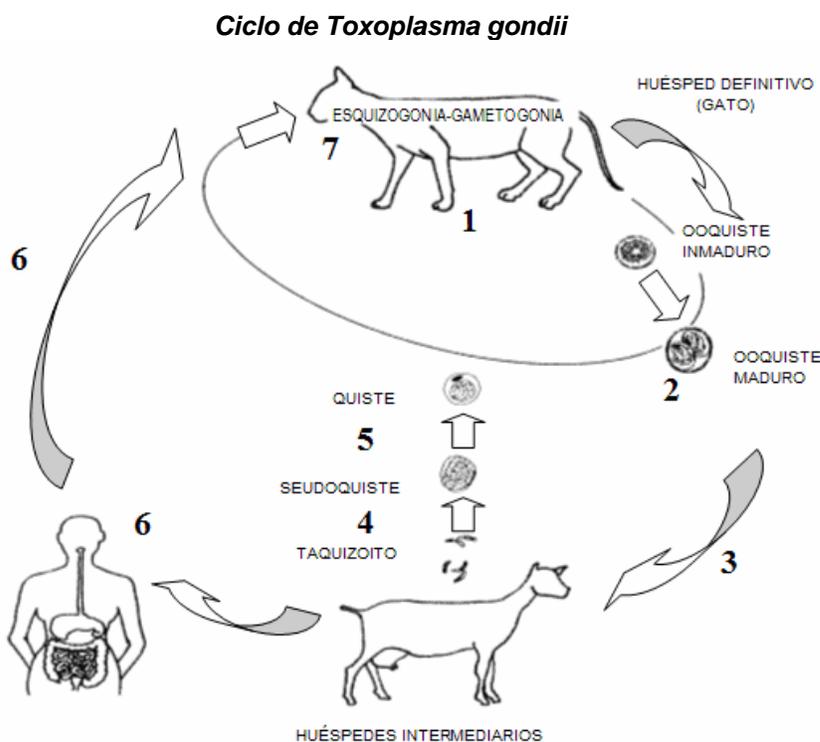
En el hombre es pertinente diferenciar el cuadro clínico de las personas normales de las inmunocomprometidas, en el 80 a 90% de las primeras, transcurre clínicamente inaparente. Entre los hallazgos más frecuentes se encuentran: linfadenopatía regional (cervical) o generalizada, cefalea, mialgia, coriorretinitis, neumonía y miocarditis. La mayor parte de los síntomas desaparecen en pocas semanas; la linfadenopatía persiste por varios meses. La infección provocada por *Toxoplasma gondii* en humanos está muy difundida, no así la enfermedad que puede alcanzar una gran importancia fundamentalmente en ciertos grupos.

En adultos inmunocomprometidos la enfermedad clínica tiene mayor incidencia. En el 95% de los casos, como consecuencia de reactivación, se genera una infección crónica latente (formación de quistes titulares). Se manifiesta principalmente por cuadros nerviosos como consecuencia de quistes en Sistema Nervioso Central (SNC). La neumonía también es frecuente. En casos de SIDA la infección es grave ya que provoca lesiones focales del sistema nervioso central con cuadros de encefalitis grave que puede comprometer la vida del paciente.

Particular atención merece la infección de mujeres embarazadas por las secuelas tanto en feto como en el recién nacido. En EUA se estima que anualmente se presentan alrededor de 3,000 casos de toxoplasmosis congénita, que exigen elevada inversión en atención médica. La toxoplasmosis ocular se presenta fundamentalmente como consecuencia de infección transplacentaria. La importancia de estas zoonosis obviamente se debe principalmente a su patología neonatal en el hombre.

Ciclo biológico

Este parásito puede infectar al ser humano por vía digestiva, ingresando bajo forma de ooquistes (desde el medio ambiente contaminado con heces de felinos) o de bradizoítos contenidos dentro de quistes parasitarios (alojados principalmente en músculo estriado y cerebro de ovinos, porcinos y bovinos).



1. El gato y algunos felinos salvajes son los hospedadores definitivos y por tanto las únicas fuentes primarias del parásito. El gato con toxoplasmosis elimina los ooquistes inmaduros tras la reproducción sexual del parásito que luego de romper células epiteliales intestinales es evacuado con las heces. Durante el período de eliminación las heces de gatos infectados pueden

contener hasta más de 1 millón de ooquistes/gramo. La primera fase es encontrada entonces como contaminante biológico ambiental.

2. Ya en el exterior el ooquiste desarrolla un proceso de maduración (esporo gonia) produciendo un ooquiste maduro con carácter infeccioso. Las condiciones óptimas para la maduración son: temperatura, 28-30°C y humedad de 80%. La costumbre de los gatos de enterrar heces tiene influencia importante. Los ooquistes esporulados son extraordinariamente resistentes y pueden permanecer infecciosos por varios meses, dependiendo de las condiciones ambientales.

3. El ciclo puede mantenerse en los hospedadores intermediarios sin pasar por el gato. Tras la ingestión de los ooquistes liberan esporozoitos en intestino delgado en donde se multiplican asexualmente (esquizogonía) rompen las células y se difunden en forma libre o en el interior de macrófagos a todo el organismo.

4. En células nucleadas evolucionan de trofozoitos a taquizoitos, que son las formas típicas del periodo activo o agudo de la enfermedad, formando pseudoquistes. Los taquizoitos son formas extracelulares, liberadas de las células que los contenían después de haberlas destruido donde se habían multiplicado activamente, La multiplicación de taquizoitos es muy rápida, los pseudoquistes se forman en 4-6 h que supone la destrucción de la célula parasitaza. Durante esta etapa (fase parasitémica con generalización) en hembras preñadas, incluida la mujer, los taquizoitos invaden útero, placenta y feto generando alteraciones conocidas.

5. La respuesta inmune del huésped termina con el número de esquizogonias e induce la formación de quistes intracelulares con numerosos bradizoitos (cistozoitos) en el interior. Durante la primera semana de la infección se pueden formar los quistes que son característicos de la infección latente o crónica y pueden durar durante toda la vida del individuo. Los quistes se encuentran principalmente en músculo estriado y tejido nervioso por lo que manipulación e ingestión facilitan la transmisión del parásito. Los quistes pueden ser reactivados en caso de inmunosupresión.

6. La ingestión de quistes libera los bradizoitos que son lo que invaden células de todo el organismo e intestinales produciendo la coccidiosis toxoplásmica. Después de varias generaciones de reproducción asexual (esquizogonias) el parásito indica la reproducción sexual (gametogonia) con fecundación, produciendo los quistes inmaduros.

7. Además del ciclo largo (dixeno), con intervención del hospedero intermediario, el gato puede infectarse por consumo de quistes esporulados y tener un ciclo (monoxeno) sin necesidad de huésped intermediario. Las transformaciones de los parásitos ocurren como en huéspedes intermediarios, con la diferencia que los bradizoitos liberados del quiste invaden enterocitos convirtiéndose en trofozoitos que después de esquizogonia, gametogonia y fecundación produce los ooquistes inmaduros. Al estadio toxoplásmico (sistémico) procede a la infección intestinal.

9.3.1.2 *Taenia solium*-cisticercosis

Se debe distinguir claramente entre la teniasis y la cisticercosis como padecimientos independientes, aunque en el hombre pueden estar en forma simultánea.

La teniasis es la infección con la tenia adulta prácticamente exclusiva del hombre, generalmente son consecuencias graves a la salud pero con el riesgo de convertirse en cisticercosis. La cisticercosis en el hombre es una condición mucho más importante caracterizada por la invasión de metacéstodos (*Cysticercus cellulosae*); es un padecimiento crónico que puede tener manifestaciones graves y hasta mortales por la ubicación de cisticercos en el encéfalo.

Mientras la tenia exige especificidad de huésped, el estadio metacestódico no, aunque prefiere al cerdo como hospedero intermediario. El ciclo se mantiene generalmente por consumo de carne contaminada e insuficientemente cocida. La fuente de infección es el hombre que causa cisticercosis porcina y humana.

La distribución geográfica de la enfermedad se limita casi exclusivamente a países en desarrollo con deficiente cultura sanitaria.

En México la parasitosis es endémica y representa un serio problema de salud pública. Las pérdidas económicas por decomiso de cerdos afectados se han estimado en más de 60 millones de dólares anuales. En los últimos años el mejoramiento intensivo de las explotaciones porcinas ha disminuido considerablemente el problema.

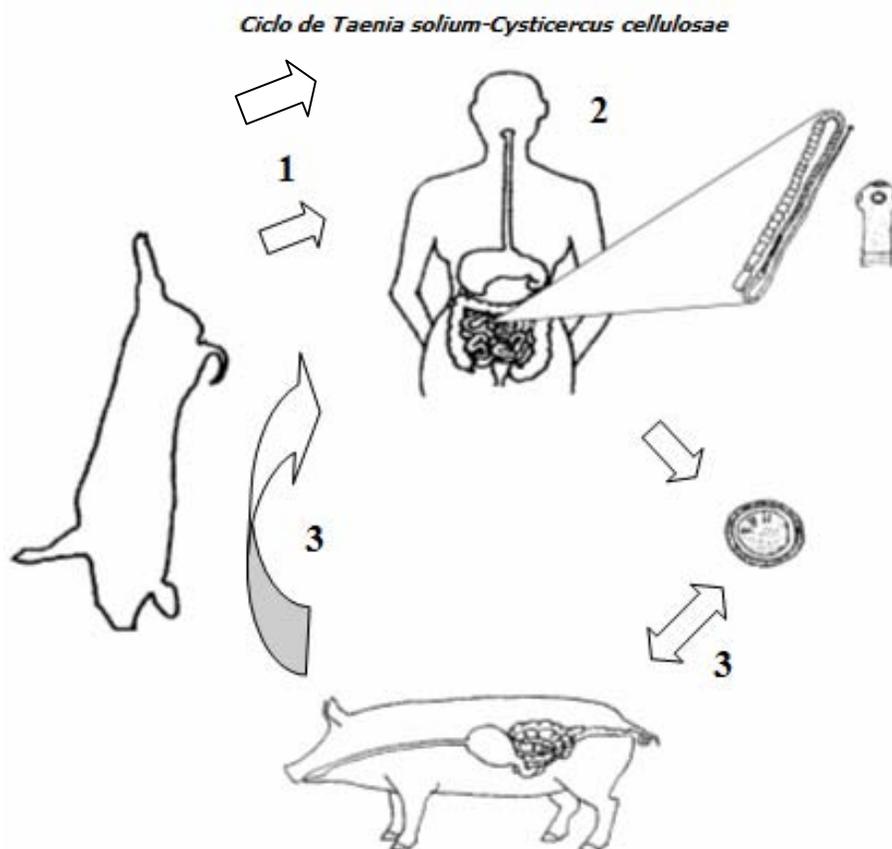
Cuadro Clínico

La teniasis en el hombre no ocasiona sintomatología grave; por el contrario, la neurocisticercosis, dependiendo del número y la localización de los metacéstodos, ocasionará cuadros nerviosos con diferente gravedad. Entre los síntomas presentes se encuentran dolor de cabeza, alucinaciones, convulsiones y falla cerebral. La muerte puede venir como consecuencia de una infestación encefálica múltiple.

En los ventrículos cerebrales y en el espacio subaracnoideo pueden presentarse formas atípicas del cisticerco, con delgada cubierta y sin escolex conocidos como *Cysticercus racemosus* (forma teratológica del cisticerco). Además de la neurocisticercosis, en el hombre se puede presentar una forma ocular de la enfermedad.

Ciclo biológico

Es importante hacer notar que el hombre es huésped definitivo de la tenia y por tanto fuente de infección para él y para el cerdo.



1. El hombre adquiere la teniasis por ingestión de *Cysticercus cellulosae* (metacéstodo de *Taenia solium*) presente en carne de cerdo contaminada e insuficientemente cocida.
2. El cisticerco es liberado por el proceso de digestión y el escolex preformado se fija en la mucosa intestinal y empieza el desarrollo de los proglótidos hasta tenia adulta en aproximadamente 70 días. La tenia tiene una longitud de 3-7 metros con 6 mm de anchura máxima, posee entre 60 y 100 proglótidos, siendo éstos individuos hermafroditas que se autofecundan, ya grávidos pueden tener cada uno entre 30 mil y 500 mil huevos. En promedio se eliminan alrededor de 250,000 huevos diarios por paciente. Los proglótidos se eliminan pasivamente con las heces en grupos de 4-5.
3. La cisticercosis es causada por la ingestión de huevos de tenia procedente de un humano parasitado que pueden contaminar cualquier alimento. Cuando los huevos, ocasiona la liberación de la oncósfera (larva). Las oncósferas atraviesan el intestino y por vía sanguínea son distribuidas por todo el organismo instalándose en los tejidos; se acumulan particularmente en la musculatura, el SNC

y el ojo, y en aproximadamente diez semanas desarrollan hasta cisticerco, con dimensión de 6 x 10 mm, que contiene en el interior una larva de 4 mm. Los quistes pueden calcificarse.

En humanos, la larva presenta un evidente neurotropismo que produce el grave cuadro de la neurocisticercosis. La longevidad del cisticerco en el encéfalo es mucha, pueden alcanzar hasta 20 años. El hombre, por fecalismo, puede infectar cerdos, perros, corderos y otros animales (infección alógena). La auto infección (autógena) es también posible cuando los hábitos higiénicos son deficientes o inexistentes. La reinfección es posible y produce una invasión masiva cuando por retroperistaltismo los proglótidos llegan al estómago.

Entonces, los humanos ¿cómo podemos adquirir la cisticercosis? Puede ocurrir por un fenómeno conocido como fecalismo, que es la ingesta de heces, el cual se caracteriza por la falta de higiene. Al comer excremento, el humano o el cerdo pueden ingerir huevos expulsados por la tenia adulta. Entonces, el huevo llega al estómago del cerdo o del humano y se libera de la pared que lo protege gracias a la acción de los jugos generados ahí. Ya sin su capa protectora, el huevo llega al intestino delgado y el embrión (debido a procesos que todavía no se conocen muy bien) secreta sustancias que le sirven para degradar la pared intestinal. De esta forma alcanza el sistema circulatorio (o el ganglionar) y viaja a través de él hasta encontrar algún tejido donde alojarse. Allí se desarrolla como *cisticerco joven* (más pequeño que el maduro). En los humanos, y de la misma forma en el cerdo, la llegada del cisticerco joven al tejido donde se desarrollará hasta convertirse en un *cisticerco maduro* da comienzo al padecimiento conocido como 'cisticercosis'.

Hasta ahora, poco se sabe sobre las preferencias del cisticerco para alojarse en uno u otro tejido del cuerpo de su huésped. Se tienen estadísticas de que en México, tanto en humanos como en cerdos, predomina la infección del sistema nervioso central, en especial del cerebro, aunque muchas veces el parásito se puede alojar en los músculos (sobre todo en el cerdo), el hígado y los ojos. La cisticercosis puede llegar a ser una enfermedad mortal, pero ello depende del lugar y el número de cisticercos que afectan al que la padece. En la mayoría de los casos pasa inadvertida.

Y ¿cómo el humano puede adquirir la teniasis? Una vez que el cisticerco infectó a un cerdo y se alojó en su tejido muscular, su carne cruda o mal cocida es portadora del parásito. Al ser ingerida por una persona, los cisticercos que contiene entran por la boca como alimento; posteriormente son estimulados por sustancias digestivas en el estómago y en el intestino delgado; con ello logran salir de su cápsula protectora e inician su desarrollo como adultos en el intestino del hospedero, provocan la enfermedad conocida como 'teniasis' y cierran así el ciclo de vida al volver a la fase inicial. La teniasis no es mortal ni grave, pero puede tener complicaciones en ciertos casos. Un alto número de personas que la contraen ni siquiera se dan cuenta de que la tuvieron. Al cabo de algún tiempo, el gusano simplemente muere y es expulsado en la materia fecal.

Por lo anterior podemos concluir que, debido al ciclo de vida de este animal, la única forma de contraer cisticercosis humana es consumir oralmente algún alimento (verduras, carne, pan o cualquiera) contaminado con heces de un individuo infectado (sea cerdo o humano) con tenia adulta en su intestino, porque en las heces se encuentra el huevito que al llegar al estómago formará al cisticerco que se alojará posiblemente en el cerebro. Por lo anterior, es casi imposible contraer cisticercosis al consumir carne de cerdo.

Sin embargo, si existiera la posibilidad de alimentarnos con carne de cerdo infectado con cisticercosis (es decir con cisticercos implantados en el tejido muscular) estaríamos ingiriendo los cisticercos y no los huevos, lo que provocaría que el cisticerco se desarrollara en nuestro intestino como adulto; entonces el diagnóstico que nos haría el médico sería el de teniasis y no el de cisticercosis. La cisticercosis la provoca el huevo de *Taenia solium* y la teniasis el cisticerco, contrario a lo que se cree. Por otro lado, si queremos evitar contraer teniasis lo único que tomaremos en cuenta es ingerir carne libre de cisticercos, lo cual se puede hacer consumiendo carne con sello de inspección sanitaria o tipo inspección federal, y en el caso de cerdos criados en granjas particulares, manteniendo un alto nivel de higiene en su crianza revisando y cocinando (pues el cisticerco muere a temperaturas mayores a 79° C) la carne antes de ingerirla, tratando de identificar algún cisticerco presente en ella. Por último, es importante mencionar que en caso de haber adquirido cisticercosis humana debido a la ingestión de huevos de solitaria, tenemos que considerar que hasta ahora no se conoce una forma para saber si el cisticerco se ha desarrollado en nuestro organismo. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, las personas que en algún momento de su vida contrajeron este mal, pueden pasar años con el o los cisticercos en su cerebro, su hígado o sus músculos hasta que el parásito ocasiona daños severos a la

parte del cuerpo donde se encuentra; lo cual, dependiendo de la zona, puede variar entre algunos meses y hasta 8 o 9 años.

Lo anterior nos dice que la cisticercosis y la teniasis humana y porcina son, más que problemas alimentarios, problemas de higiene y educación sanitaria, problemas que se pueden solucionar transmitiendo desde el aula las medidas sanitarias más comunes y los hábitos de limpieza básicos para ingerir y preparar alimentos.

9.3.1.3 Triquinosis

Es una enfermedad parasitaria ocasionada por el nematodo *Trichinella spiralis*, con curso va desde no grave hasta mortal, caracterizada por la invasión de parásitos adultos en intestino, cuyas larvas migran y se enquistan en músculo esquelético.

El agente etiológico e la triquinosis pertenece a un complejo grupo en el que ha n identificado varias especies (por ejemplo *spiralis*, *nativa*, *pseudospiralis*, *Nelson* y *tritovi*) que poseen características diferenciales desde el punto de vista epidemiológico, tanto en si ecología como en su frecuencia y patogenicidad para el hombre.

El parásito se encuentra distribuido ampliamente en el planeta; presenta mayor prevalencia en zonas templadas que tropicales. La especificidad de huésped es baja, puede infectar a una gran variedad de especies de sangre caliente, particularmente en carnívoros y omnívoros. La *T. pseudospiralis* puede infectar incluso a aves, en las que la relación parásito-huésped es diferente en cada especie. En el cerdo la capacidad reproductiva y por tanto infecciosa es alta. *Trichinella spiralis* constituye el nemátodo causal de la triquinosis, antroponosis de origen alimentario, en los humanos es más frecuente en poblaciones donde se consume carne de cerdo cruda o insuficientemente cocida.

Cuadro clínico

La presencia y gravedad de los síntomas de la triquinosis dependen en primer término del número de larvas ingeridas, La dosis infectiva se estima en 70 larvas. Existen diferencias en la patogenicidad según la especie de *Trichinella* involucrada.

La magnitud del cuadro clínico depende del grado de invasión muscular y del estado inmunológico del hospedero. Se caracteriza por debilidad, pérdida de peso, fiebre, escalofrío, edema facial, dolor ocular, congestión, hemorragias conjuntivales, lagrimeo, fotofobia, mialgias, espasmos musculares, arritmias, taquicardia, hipotensión y alteraciones electrocardiográficas. La miocarditis representa la causa más frecuente de muerte. La invasión de las larvas al sistema nervioso central origina cefalea, insomnio, irritabilidad, apatía y vértigo.⁷⁹

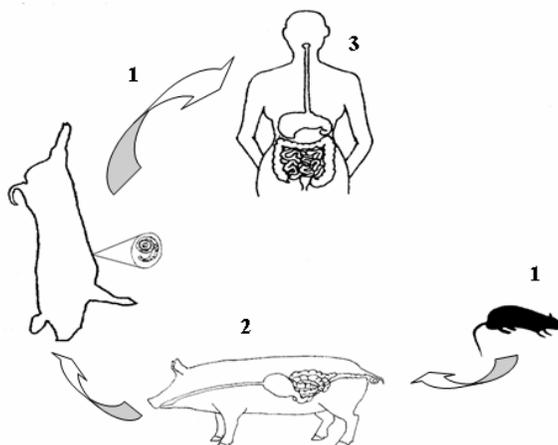
El periodo de incubación varía de a 40 días. Los edemas faciales, en particular en la región orbital, son hallazgos clínicos de importancia.

El cuadro, caracterizado por trastornos del estado general (anorexia, dolores articulares, cefalea, depresión), parece un resfriado común. Los síntomas pueden desaparecer en pocos días pero también pueden durar de cinco a seis semanas. Aunque desaparecen los síntomas agudos en pacientes con triquinosis sin tratamiento, persiste la infección latente, y se convierte en un problema crónico con consecuencias a la salud (dolencias reumáticas persistentes, mialgias e incluso dolencias cardiacas).

En infecciones masivas los dolores musculares son característicos, existe dificultad para masticar, hablar y respirar. La muerte puede ocurrir por insuficiencia cardiaca ocasionada por la miocarditis infecciosa (larvas).

Ciclo biológico

Ciclo de *Trichinella spiralis*



1. El hombre se infecta por consumo e carne cruda o insuficiente mente cocida contaminada con larvas.
 2. Las larvas son liberadas durante el proceso de digestión y penetran en el epitelio en porción superior del intestino delgado. En pocos días las larvas se desarrollan intracelularmente entre la lámina propia y el epitelio a parásito adulto e inicia la liberación de larvas. La trichinella tiene un periodo de vida de entre cuatro y seis semanas, durante las cuales cada hembra produce entre 1,000 y 1,500 larvas.

3. Las larvas, que miden 80 micras de longitud promedio, penetran en los vasos sanguíneos y linfáticos, y así, por vía hematogena, se distribuyen e invaden las células del músculo que pierden los elementos contráctiles y evolucionan a células nodrizas de las que desarrollan las larvas hasta alcanzar 1 mm de longitud. Las larvas se desarrollan en forma espiral y el huésped, en un lapso de cinco a seis semanas, forma una cápsula que las envuelve.

Si estas larvas de edad mínima de 17 días son consumidas por otro huésped se sierra el ciclo de la infección sin parar por una etapa externa. Las larvas encapsuladas permanecen viables y con capacidad infecciosa durante años, incluso aunque la capsula se haya calcificado. Se ha estimado que en el hombre la *Trichinella spiralis* puede sobrevivir hasta 30 años.

En México la triquinelosis humana ha sido poco estudiada, para el decenio de 1976 a 1985 se registraron brotes en Zacatecas, Durango, Estado de México, Guanajuato y Ciudad de México. En Chihuahua se registró el brote epidémico más grande de triquinelosis, con 166 casos, de los cuales 59 correspondieron a casos hospitalizados.⁷⁹ En este brote la fuente de infección fue la carne de cerdo que se consumió en forma de chorizo, a pesar de que las piezas anatómicas de los animales infectados presentaban sellos de revisión sanitaria.

De acuerdo a un estudio realizado⁷⁹ los resultados obtenidos en los 2 500 cortes provenientes de 500 muestras de carne de cerdo estudiadas por triquinoscopía fueron negativos; en ningún caso se identificó la presencia del nematodo del estudio.

La carne de cerdo comercializada, que se analizó proveniente de la Ciudad de México, se obtiene por medio de rastros TIF y seguramente el sistema de inspección es suficientemente para que en muy baja proporción llegue a salir carne parasitada al mercado, de hecho la carne muestreada se obtuvo en locales donde tenía sellos de inspección sanitaria, lo que nos hace pensar que cumple con los lineamientos correspondientes. Lo anterior no significa que sea imposible que llegue a venderse carne con larvas, pero seguramente se expende en lugares con sistemas de comercialización y malos hábitos de higiene. De acuerdo con el comportamiento social, comercial y de control sanitario en México, el mayor riesgo de cerdos infectados se presenta en las comunidades rurales, donde a cría de cerdos no es tecnificada y frecuentemente hay cerdos libreas que se alimentan de desechos orgánicos.⁷⁹ Durante los últimos años no se han registrado casos de triquinelosis humana en la ciudad de México, sólo se han presentado brotes esporádicos en localidades de algunos estados de la República Mexicana.⁷⁹

9.4 Agentes Virales de la Carne

A pesar de que no pueden multiplicarse ni producir toxinas en los alimentos, los virus son responsables de diversas epidemias de origen alimentario. Esto se debe a su capacidad para permanecer viables en alimentos mantenidos a distintas temperaturas de refrigeración y en el medio ambiente. Los alimentos

propicios son los de consumo crudo, como carne, y aquellos que se preparan una vez que han sido cocidos. El virus es una especie específica de la célula que invade. A veces los virus pueden mutar (someterse a algunos cambios químicos y genéticos). Estas mutaciones pueden permitir que el virus infecte a los cerdos o a los humanos. Las personas que viven en contacto cercano con cerdos infectados pueden contraer el virus. También existe la preocupación de que el virus pueda mutar lo suficiente como para permitir que se transmita entre los seres humanos. El virus no se contrae al comer carne de cerdo. Actualmente se contagia a través del contacto con la saliva, secreciones nasales o el excremento de animales infectados.

10. Mohos y levaduras de importancia en carne.

Levaduras	{	<i>Trichosporon scottii</i>
Hongos	{	<i>Thamnidium, Cladosporium spp., Geotrichum</i> <i>Sporotrichum, Chrysosporium, Mucor, Penicillium,</i> <i>Alternaria, Monilia</i>

Las levaduras son capaces de desarrollarse en condiciones de aerobiosis en las superficies de las carnes, produciendo una película superficial viscosa, lipólisis, olores y sabores extraños y coloraciones anormales: blanca, crema, rosada o parda, causadas por los pigmentos de las levaduras.

El crecimiento aerobio de los mohos puede producir:

- **Adhesividad.** El desarrollo inicial de los mohos hace la superficie de la carne pegajosa al tacto.
- **“Barbas”.** La carne almacenada a temperaturas próximas a la de la congelación es capaz de soportar un desarrollo limitado de micelios sin formación de esporas. Los mohos que participan en el proceso son muy numerosos, y entre ellos se encuentra *Thamnidium chaetocladioides* o *T. Elegans*, *Mucor mucedo*, *M. Lusitanicus* o *M. Racemosus*, *Rhizopus* y otros.
- **Manchas negras.** Suelen estar producidas por *Cladosporium herbarum* y a veces por otros mohos con pigmentos oscuros.
- **Manchas blancas.** Se deben, en general, al *Sporotrichum carnis*, aunque pueden también estar producidas por cualquier moho con colonias húmedas semejantes a las levaduras, como los del género *Geotrichum*.
- **Manchas verdosas.** Están en su mayor parte producidas por las esporas verdes de las especies del género *Penicillium*, como el *P. Expansum*, *P. asperulum* y *P. Oxalicum*.
- **Descomposición de las grasas.** Muchos mohos poseen lipasas, a las que se debe la hidrólisis de las grasas. Los mohos contribuyen también a su oxidación.
- **Olores y sabores extraños.** Los mohos proporcionan a la carne en torno a sus colonias un sabor a enmohecido; a veces se les da un nombre con el que se hace referencia al agente causal, por ejemplo “alteración por *Thamnidium*”.

11. Fundamentos de la conservación de la carne

11.1 Generalidades

Desde el comienzo de su existencia, el hombre ha tenido que enfrentar al problema del deterioro de los alimentos. La conservación de los alimentos ha sido, por tanto, una constante e importante preocupación a lo largo de la historia. Algunos de los métodos de conservación, como el frío, la desecación, el salado, el ahumado y el calentamiento, tienen un origen remoto. La conservación de los productos alimenticios sigue siendo hoy en día de vital importancia, aunque la mayor parte de la población no sea consciente de ello. Los alimentos han de poseer la suficiente capacidad de conservación como para aguantar sin deterioros el, a veces muy largo, trayecto de distribución comercial desde los centros de producción hasta los de consumo.

La carne es un producto fácilmente deteriorable y sin los procedimientos de conservación sería imposible garantizar un suministro constante a la población. La conservación de la carne es, por esta razón, uno de los principales objetivos de la tecnología alimentaria.

El objetivo de la conservación es impedir la acción de las causas internas y externas de deterioro, o al menos crear las condiciones mínimas necesarias para reducir éste durante el periodo de tiempo que media entre la producción y el consumo del producto. Los métodos de conservación de la carne se

dirigen principalmente a combatir los microorganismos. Lo que se pretende es destruirlos o, al menos, inhibir su actividad metabólica y reproductiva. El plazo de conservación de un alimento depende sobre todo el tiempo de exposición al proceso de conservación y de la intensidad de éste (temperatura y tiempo de calentamiento, grado de deshidratación, concentración de sal común y de sales curantes, ahumado, etc).

Los distintos procedimientos de conservación actúan sobre los microorganismos de muy diferentes formas:

- (1) Destrucción total de los microorganismos: esterilización mediante calor o irradiación.
- (2) Destrucción parcial de los microorganismos:
 - mediante calor o irradiación (pasteurización) ; se eliminan las formas vegetativas sensibles al calor y a la radiación, pero sobreviven las formas más resistentes, principalmente las esporas
 - mediante nitritos (se destruyen los gérmenes sensibles a los nitritos)
 - mediante microorganismos (discriminación microbiana en los procesos de fermentación).
- (3) Inhibición del metabolismo y de la reproducción de los microorganismos mediante la acción del frío, calor, deshidratación (descenso del valor a_w), sal común, nitritos, ácido ascórbico, fosfatos, etc.

El que estos procesos destruyan o simplemente inhiban a los microorganismos depende de la intensidad del efecto y de la sensibilidad de los gérmenes. Los microorganismos más lábiles se destruyen enseguida, mientras que los más resistentes únicamente ven reducidos su metabolismo y sus procesos de reproducción. Estos últimos reanudan plenamente su desarrollo una vez que cesa el efecto inhibitorio y se reinstauran unas condiciones favorables para su desarrollo.

Generalmente se distinguen dos clases principales de procedimientos de conservación de la carne: los físicos y los químicos. En la industria cárnica nos interesan los siguientes:

Métodos físicos	
Frío	Refrigeración, Congelación
Calor	Pasteurización, Esterilización
Desecación	Deshidratación Parcial, Liofilización
Irradiación	Rayos UV, Radiación ionizante (rayos γ , de electrones)

Métodos químicos	
Salado	Sal común
Curado	Nitratos + Fermentación, curado con nitritos
Ahumado	Aplicación directa (humo de madera), Aplicación indirecta (humo condensado o extractos)
Acidificación	Acido acético, acido láctico

El procedimiento de conservación no sólo destruye o inhibe la microflora, sino que además modifica en mayor o menor medida el producto en sí. La refrigeración es el único método que no altera sustancialmente las propiedades del producto. La congelación por el contrario, produce determinadas alteraciones que conllevan una disminución de la capacidad de retención de agua de la carne. Estas alteraciones dependen en gran medida del método de congelación utilizado. Generalizando se puede decir que la refrigeración y la congelación correctamente aplicadas no modifican sustancialmente la carne (en comparación con otros métodos). La desventaja que presenta la congelación y la refrigeración es que han de ser mantenidas, mientras que en los demás métodos se consigue la conservación tirando o mediante el proceso de fabricación del producto.

Los llamados "métodos de conservación química", que están basados en la utilización de determinados conservantes químicos y no están autorizados para la carne ni los productos cárnicos en casi ningún país, actúan inhibiendo y destruyendo los microorganismos sin apenas modificar los productos. El inconveniente de los conservantes químicos es que el consumidor los ingiere junto con el producto alimenticio.

Los ejemplos citados bastan para evidenciar el hecho de que la conservación suele implicar una modificación del producto cárnico, modificación que puede ser positiva o negativa. Las modificaciones positivas explican por qué en ocasiones se aplican estos métodos a unos productos que no los necesitan para su conservación (por ejemplo, la adición de sales).

En la actualidad se tiende a reducir el empleo de los métodos químicos sustituyéndolos por temperaturas de almacenamiento cada vez más bajas. Estas tendencias no están exentas de riesgos, ya que es imposible garantizar con absoluta certeza la no interrupción de la cadena de frío.

11.2 Métodos físicos

La conservación de la carne, así como de casi todos los alimentos perecederos, se lleva a cabo por una combinación de métodos. El hecho de que la mayoría de las carnes constituyan excelentes medios de cultivos con humedad abundante, pH casi neutro y abundancia de nutrientes, unido a la circunstancia de que pueden encontrarse algunos organismos en los ganglios linfáticos, huesos y músculos ya que la contaminación por organismos alterantes es casi inevitable y hace que su conservación sea más difícil que la de la mayoría de los alimentos.

Los dos factores más importantes en la conservación de alimentos son: temperatura y tiempo.

Temperatura			
74 °C	60 °C	8 °C	0 °C
Zona de alarma	Zona de peligro	Zona de enfriamiento	Zona de congelación
No hay multiplicación si supervivencia	Gran proliferación bacteriana	No hay multiplicación, el alimento puede estar a esta temperatura breves períodos	No hay multiplicación, pero si supervivencia. Se usa en períodos largos

A su vez los diferentes tipos de conservación se agrupan en dos grandes bloques:

- Sistemas de conservación que destruye los gérmenes (bactericidas)
- Sistemas de conservación que impiden el desarrollo de gérmenes (bacteriostático)

11.2.1 Efectos del frío sobre los microorganismos

El frío se aplica para alargar el tiempo de conservación de los productos alimenticios fácilmente deteriorables; se aplica de forma rutinaria para conservar la carne y determinados productos cárnicos. La acción del frío se debe a que al disminuir la temperatura decrece en curva continua el desarrollo de los microorganismos; hasta que se alcanza la temperatura mínima de crecimiento por debajo de la cual se paraliza totalmente el desarrollo de los gérmenes. Cada tipo de microorganismo presenta una temperatura mínima de crecimiento (que suele ser inferior a 20°C) y puede llegar a estar bastante por debajo del 0°C

Tabla 2. Temperaturas mínimas de crecimiento de algunas especies de microorganismos (Sinell, 1980) Tecnología e Higiene de la Carne (1994)

	Especie o género	Temperatura mínima de crecimiento en °C
Gérmenes patógenos o potencialmente patógenos	<i>Bac. cereus</i>	10
	<i>Staphylococcus aureus</i>	5-13
	<i>S. aureus, enterotoxinas</i>	10-19
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5-8
	<i>E. coli enteropatógenos</i>	8-10
	<i>Clostridium botulinum tipo A</i>	10
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9
	<i>Salmonella sp.</i>	6
	<i>Clostridium perfringens</i>	5
	<i>Clostridium botulinum, tipo E y algunas cepas de los tipos B y F</i>	3.5-5
	<i>Fusarium, Penicillium</i>	-18
Gérmenes indicadores	<i>E. coli</i>	8-10
	<i>Klebsiella sp., Enterobacter sp.</i>	0

	<i>Streptococcus faecalis</i>	0
	<i>Bacillus subtilis</i>	12
	<i>Streptococcus faecium</i>	0-3
	<i>Lactobacillus sp.</i>	1
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-3
	<i>Achromobacter sp.</i>	-4
	<i>Bacillus psychrophilus, Bacillus insolitus</i>	-5 a -7
	Levaduras	-12
Gérmenes que deterioran los alimentos		

De la Tabla 2 se deduce que también se pueden desarrollar procesos de descomposición a temperaturas en torno al punto de congelación e incluso inferiores. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que las temperaturas mínimas arriba indicadas se refieren a unas condiciones óptimas de crecimiento y que en la carne y en sus derivados no se dan estas condiciones (valor A_w , valor de pH, sales, efectos del calentamiento, etc.) por lo que en realidad las temperaturas mínimas de crecimiento requeridas por los microorganismos de la carne son siempre algo más elevadas.

Temperatura óptima de crecimiento

Psicrófilos	-2 a 7°C
Psicrótrofos	0 a 37°C
Mesófilos	10 a 40°C
Termófilos	43 a 66°C

Esta subdivisión es muy simplista y no siempre aplicable a todas las especies. El frío puede ejercer efectos estimulantes sobre determinados procesos metabólicos de los microorganismos. Así parece ser que, por ejemplo, las lipasas y las proteinasas de las pseudomonas actúan preferentemente a temperaturas inferiores a la óptima de crecimiento. El sistema de conservación más importante es la **refrigeración y congelación**, el almacenamiento a temperaturas bajas (refrigeración y congelación) por sí solo permite mantener la carne cierto tiempo sin que sus propiedades cambien apreciablemente⁶. Si se seca la superficie de toda la canal se frena el desarrollo bacteriano con lo que puede ocurrir la alteración fúngica.¹⁴ El fundamento físico de la aplicación del frío en el proceso de refrigeración y la congelación se basan en “extraer” el calor del producto.

11.2.1.1 Refrigeración

Después del sacrificio es conveniente colocar las canales, tan pronto como sea posible, en cámaras de refrigeración a temperaturas menores que 10 °C, preferiblemente cerca de 0 °C.

Cuanto más pronto se realice y más rápido el enfriamiento de la carne menos probabilidad menos posibilidades tienen los gérmenes mesófilos de reproducirse. Los mesófilos crecen cuando las canales se enfrían a temperaturas $\geq 15^\circ\text{C}$.¹⁴

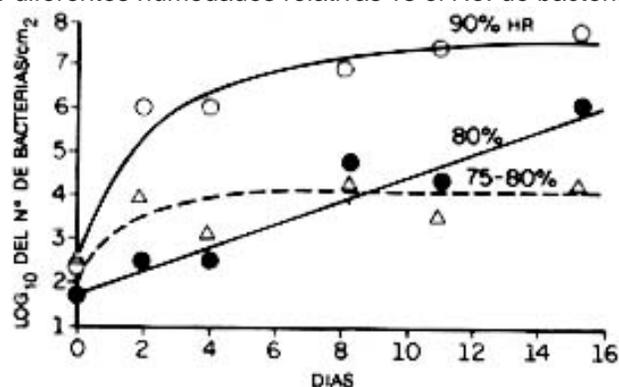
Ya que la refrigeración es un factor de selección de poblaciones bacterianas. Los mohos, las levaduras y las bacterias psicótrofas se desarrollan lentamente y producen ciertos defectos que mencionaremos más adelante. En estas condiciones es muy difícil la putrefacción, que es cambio muy fácil a la temperatura ambiente. Como ocurre en la mayoría de los alimentos, la temperatura tiene una importancia decisiva en la selección del tipo de microorganismos que crecerán y, en consecuencia, del tipo de alteraciones producidas. A la temperatura ambiente ordinarias (de 15-20 °C ó más) pueden desarrollarse las bacterias mesófilas, incluidas las patógenas, como las bacterias coliformes, y especies de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*, que producen ácido a partir de las limitadas cantidades de carbohidratos presentes.

Cabe mencionar que los despojos comestibles generalmente están mucho más contaminados que la carne de la canal y por lo tanto deben someterse a enfriamiento inmediatamente.

De acuerdo a toda la información recopilada y los principios en los que se basa el almacenamiento en refrigeración, se sugiere que el tiempo máximo de conservación de la carne de cerdo refrigerada es de 1 a 2 semanas, dependiendo del número de gérmenes presentes, de la temperatura y de la humedad relativa. El objetivo es enfriar no sólo la superficie de la carne, que alcanza muy pronto una temperatura igual a la del aire del entorno, sino llevar la temperatura de los tejidos profundos a - 20°C antes de que tengan tiempo de multiplicarse las bacterias mesófilas. En el control de estas bacterias durante las primeras horas después de la muerte y antes de que baje la temperatura interna, son probablemente factores importantes, la caída de la tensión de oxígeno y del potencial Redox y el

aumento de la acidez¹⁷. Como ya se menciona, el tiempo máximo de conservación de la carne de cerdo refrigerada depende directamente del número de bacterias presentes y humedad relativa, por lo tanto el efecto de la refrigeración en la flora microbiana de la carne depende de una refrigeración rápida a temperaturas bajas con aire a gran velocidad y baja humedad puede reducir la carga bacteriana. Lo anterior lo podemos corroborar con un estudio en donde se graficó los efectos de diferentes humedades relativas contra el número de bacterias en carne de cerdo. (Imagen 1).

Imagen 1. Efectos de diferentes humedades relativas vs el No. de bacterias en carne de cerdo



Por lo que si la refrigeración se realiza correctamente, el interior de la carne contendrá pocas bacterias. De aquí que durante el almacenamiento de la carne refrigerada los cambios microbiológicos importantes tengan lugar en su superficie. Pero, ¿qué es en realidad lo que produce el frío a los microorganismos?, para que podamos entender como funciona la refrigeración como método de conservación tenemos que entender el frío produce alteraciones metabólicas en los microorganismos, es decir que la baja temperatura provoca que las rutas metabólicas de los microorganismos se vean alteradas, como consecuencia de su adaptación al frío. En resumen, el deterioro de alimentos refrigerados se produce por microorganismos psicófilos porque, aunque sus velocidades de crecimiento son lentas, los periodos de almacenamiento son muy prolongados. En condiciones menos rigurosas puede tener lugar el crecimiento de los microorganismos psicotrofos alterándose así la proporción de psicotrofos/mesófilos. El tiempo que la canal permanece en la cámara de refrigeración puede tener más efecto en la población microbiana que la temperatura de refrigeración^{6, 14}. Con tal de que se mantengan convenientemente las condiciones de refrigeración, la contaminación aérea no sobrepasará los 10² microorganismos/m²/minuto, que aportará unos 14 microorganismos/cm² de superficie de canal/día. La refrigeración de la carne se complica por dos motivos: porque existen en la carne diferencias de temperatura y porque además en la superficie se produce una evaporación de agua. A ello hay que añadirle, al menos en la refrigeración de la carne de los animales recién sacrificados, el desarrollo de una serie de reacciones bioquímicas que provocan determinadas transformaciones térmicas (tensión muscular y temblores musculares) que influyen sobre el intercambio calorífico.¹⁰⁸ Por lo tanto es absolutamente necesario de aplicar el frío rápidamente después de lo sacrificio. Las temperaturas típicas para una congelación rápida comercial, hoy en día estarán seguramente entre los -35°C y los -40°C, conforme al producto, su espesor y embalaje, o la velocidad que se requiere para la congelación. En los congeladores de placas la temperatura típica es el -37°C. Los microorganismos patógenos son, en su mayoría, mesófilos y no muestran crecimiento apreciable, ni formación de toxinas, a temperaturas de refrigeración correctas. Ahora bien, si la temperatura no es controlada rigurosamente puede producirse un desarrollo muy peligroso rápidamente.

11.2.1.2 Congelación

La congelación consiste en hacer descender la temperatura del producto por debajo del punto de congelación de los componentes líquidos de la carne. En la práctica, no obstante, se dan unas condiciones que impiden que se produzca totalmente la congelación de la carne, ya que para ello se necesita una temperatura entre -62° y -65°C (punto eutéctico). La carne comienza a congelarse a una temperatura entre -0.6 y -1.2°C, pero bajo determinadas condiciones no se inicia la formación de cristales hasta que se alcanzan temperaturas más bajas. Una eliminación rápida del calor de cristalización conlleva la formación de cristales de pequeño tamaño en el interior de las células. Por el

contrario, cuando el enfriamiento se realiza de forma lenta se producen primero unos cristales de gran tamaño en los espacios intercelulares. La relación entre la cantidad total de hielo que se ha formado y la cantidad de hielo más agua depende de la temperatura final alcanzada en la carne. La congelación siempre daña en mayor o menor medida a los microorganismos. Estos daños, que pueden ser reversibles o por el contrario provocar la muerte de las células bacterianas, dependen de la velocidad de congelación y del procedimiento empleado. Una congelación rápida y a temperaturas muy bajas no daña las células bacterianas o sólo mínimamente, mientras que una congelación lenta a temperaturas relativamente altas (hasta -10°C) puede provocar daños considerables. La causa es la congelación del agua del plasma y de la pared celular de las bacterias. Este fenómeno se debe a que cada disolución presenta una determinada temperatura por encima de la cual se congela el agua a estado puro, concentrándose entonces las demás sustancias disueltas. Solamente cuando se alcanza una temperatura lo suficientemente baja se consigue que los cristales presenten la misma concentración que presentaba la disolución antes de la congelación- La temperatura a la que produce la congelación con la misma concentración se conoce con el nombre de punto eutéctico.¹⁰⁸

El proceso de congelación se inicia con la transformación en cristales de hielo del líquido que rodea a las células, lo que tiene un efecto similar a la deshidratación. Como consecuencia de ello se produce un proceso de difusión de agua desde el interior de las células al exterior, donde se transforma en hielo. Este fenómeno, que es más intenso a temperaturas entre -4 y -10°C , provoca lesiones mecánicas de las paredes celulares. A temperaturas más bajas, la cristalización se desarrolla también en el interior de las células (plasma). De esta manera se forman cristales más pequeños que dañan mucho menos las paredes celulares.¹⁰⁸

A temperaturas de congelación, por ejemplo, está favorecido el desarrollo de los gérmenes psicrófilos y es probable que tenga lugar la proteólisis producida por una de las especies bacterianas dominantes, seguida de la utilización de pépticos y aminoácidos por especies secundarias. La congelación destruye aproximadamente la mitad de las bacterias presentes, cuyo número disminuye lentamente durante el almacenamiento: especies de *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Moraxella*, *Lactobacillus*, *Flavobacterium* y *Proteus*, continúan su crecimiento durante la descongelación, si esta se practica lentamente.

11.2.2 Gases conservantes

Actualmente, las canales se están almacenando en atmósferas con un 15 % de CO_2 , ya que presenta la ventaja de que dobla aproximadamente el tiempo necesario para el crecimiento a temperaturas próximas a 0°C del grupo *Pseudomonas-Acinetobacter-Moraxella*; a temperaturas mayores, a las pueden crecer bacterias insensibles a este gas, el CO_2 es menos eficaz. El CO_2 inhibe el crecimiento de microorganismos sobre los alimentos con eficiencia creciente cuanto más desciende la temperatura. Este efecto se manifiesta tanto en bacterias como en hongos por un incremento de la fase de latencia y del tiempo de generación durante la fase logarítmica. Sus mecanismos de inhibición no se conocen con claridad, aunque se debe a la presencia del CO_2 (y quizá a la formación de ácido carbónico) y no a la ausencia de oxígeno. Los mohos y las levaduras son algo más resistentes al CO_2 que las bacterias (las Gram-negativas más sensibles que las Gram-positivas).

12. Microbiología del agua

12.1 El agua como vehículo de transmisión de microorganismos

Desde el punto de vista bacteriológico, la importancia sanitaria se refiere a la presencia de aquellos microorganismos patógenos que pueden utilizar el agua como vehículo de diseminación; principalmente bacterias intestinales. El agua es utilizada como medio de eliminación de excretas y otros desechos; puede también contener microorganismos patógenos de asiento no intestinales (flora de la piel por ejemplo). Tales gérmenes son destruidos por los mismos mecanismos y medios que suelen utilizarse cuando se tratan las aguas por el proceso ordinario de potabilización.

Al aplicar criterios de seguridad en los alimentos, se deberán establecer límites aceptables de microorganismos no patógenos presentes. Básicamente se cuenta con dos tipos de microorganismos indicadores: los coliformes fecales y los mesófilos aerobios. (Ver **Microorganismos indicadores de inocuidad de alimentos**).

12.2 Análisis microbiológico del agua

Existen por lo menos dos grupos de microorganismos que están dotados de una serie de cualidades que son:

- Presencia constante en la materia fecal.
- Exclusividad y abundancia en la materia fecal.
- Incapacidad para multiplicarse en el agua.
- Sobre vivencia semejante a las de las bacterias patógenas.
- Facilidad para demostrar en el laboratorio.

La presencia de coliformes no indica obligatoriamente la existencia de patógenos en el agua; más bien representa una medida de la posibilidad de que existan patógenos en el agua en el momento de efectuarse el muestreo o quizás en otro posterior.

Para fines de evaluación de la calidad sanitaria del agua y alimentos para consumo humano, la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa (American Public Health, 1992). De acuerdo con lo señalado por Alonso *et al.* (1999), los coliformes fecales no están definidos taxonómicamente, por lo tanto, *E. coli* es el único miembro del cual datos estandarizados existen. Leclerc encontró ciertas especies de coliformes fecales, y su frecuencia de aislamientos en heces humanas fue: *E. coli* (100 por ciento), *Citrobacter diversus* (70 por ciento), *C. amalonaticus* y *C. frundii* (70 por ciento).

Por otra parte, la investigación de bacterias mesofílicas aerobias proporciona información acerca del número total de bacterias viables, constituyendo un recurso valioso adicional para determinar el grado de exposición del agua y alimentos a la contaminación por microorganismos. El recuento de estos organismos representa un respaldo al significado atribuido a los resultados de los análisis de coliformes. El valor de la cuenta de colonias en placa a 35 °C ha encontrado apoyo y rechazo por diferentes autoridades. Se acepta en general que las aguas protegidas contra la contaminación natural contienen bajo número de bacterias, generalmente menos de 100 por ml. Las aguas purificadas suelen contener menos de 10 por ml. En consecuencia, el encontrar cifras elevadas se interpreta como una indicación de exposición a cualquier tipo de contaminación y por tanto, riesgo de mayor magnitud si a esto se agrega la presencia de organismos coliformes.

Es reconocido que no existe una correlación significativa entre la cuenta en placa y la presencia de bacterias patógenas, principalmente *Salmonella*, es decir, valores altos de mesofílicos no necesariamente implican que exista la presencia de patógenos; de igual forma, valores bajos tampoco lo aseguran, dado que en ambas situaciones se ha encontrado la ausencia y presencia de ésta respectivamente.

La importancia de *E. coli* O157:H7. ¿Se considerará como indicador obligatorio?

Expertos en inocuidad alimentaria han estado perdiendo terreno contra la contaminación bacteriana. Las cepas más amenazantes, como la *Escherichia coli* O157:H7, continúan apareciendo inesperadamente, a pesar del incremento en las exigencias de estándares para alimentos seguros.

Escherichia coli como ya se señaló anteriormente, es un residente comúnmente encontrado en el tracto digestivo normal de humanos. Ciertos serotipos de *E. coli*, sin embargo, pueden causar enfermedades diarreicas.

El mantenimiento de la calidad microbiológica del agua se ha usado como un medio importante de prevención de enfermedades originadas por el agua durante el siglo XX. Las pruebas microbiológicas más comunes, realizadas en agua son para coliformes y *Escherichia coli* (o coliformes fecales). En el pasado, las medidas de correlación microbiológica; relacionaron la calidad del agua con los riesgos de contraer enfermedades gastrointestinales. Trabajos recientes sugieren que las enfermedades gastrointestinales están más estrechamente asociadas con la presencia de enterococos que con *E. coli*. Nuevas enfermedades, como la criptosporidiosis, han causado brotes de enfermedades originadas por el agua cuando los parámetros microbiológicos convencionales son satisfactorios. Por lo tanto, es recomendable considerar la posibilidad de regular la calidad sanitaria del agua en función de otros tipos de parámetros en los que se incluyan estos nuevos tipos de organismos, además de los ya establecidos.

Una amplia variedad de bacterias patógenas pueden encontrarse en las fuentes de suministro de agua y aguas residuales. Los brotes de enfermedades originadas por el agua se siguen presentando. Las bacterias que pueden ser transmitidas son: *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* enteropatógena, *Vibrio cholerae*, *Leptospira* además de *Yersinia*. Entre las bacterias no entéricas, una familia recientemente reconocida de Legionellaceae está ampliamente distribuida en ambientes acuáticos, y se han reportado brotes de neumonías asociadas con agua de la llave y transmisión por la vía aérea.

En condiciones naturales, el agua no se contamina con cultivos puros de bacterias patógenas. Están presentes en las heces, alcanzan el agua acompañadas de gran cantidad de materia orgánica y de gran variedad y abundancia de otras bacterias. Deben utilizarse necesariamente de cultivos selectivos ya que ejercen efectos bacteriostáticos sobre los gérmenes patógenos, lo que, aunado al efecto antagónico de la flora asociada, aumenta la probabilidad de frustrar el aislamiento que se pretende llevar a cabo.

En un estudio a gran escala sobre los factores relacionados con el recrecimiento de coliformes en agua para beber, realizado en un período de 18 meses en 31 sistemas de agua de EUA, estas bacterias fueron detectadas en un 27.8 por ciento en un período de dos semanas y fueron asociadas a varios factores como la filtración, la temperatura, el tipo de desinfectante y los niveles de cloración.¹³³

Rice *et al.* (1999)¹³⁴ analizaron aislados de *Escherichia coli* O157:H7 (los cuales han causado brotes originados por el agua) y cepas nativas de *E. coli* para determinar su sensibilidad a la cloración. Ambas cepas, patógenas y no patógenas fueron reducidas significativamente dentro de un minuto de exposición a cloro libre (1.1 ml/l). Los resultados indicaron que los niveles que típicamente se mantienen en los sistemas de agua, son suficientes para que estos microorganismos sean inactivados. La presencia de *E. coli* es casi siempre asociada con la contaminación fecal e indica organismos de este tipo.

12.2.1 Método del NMP

Existen diversos métodos o técnicas para el recuento de microorganismos de acuerdo a los diferentes tipos de muestras, las cuales pueden dividirse en dos grandes grupos que son: métodos directos y métodos indirectos.

Los métodos directos son aquellos que usan conteos al microscopio, pero tienen la desventaja de que realizan el recuento tanto de microorganismos viables como no viables por lo que son conocidos como recuento total de microorganismos.

Por otro lado tenemos los métodos indirectos entre los que se encuentra el recuento de células viables en placa o simplemente Cuenta Viable en Placa (CVP) la cual puede realizarse por vaciado en placa o bien por extensión. Tenemos también entre algunos otros el Número Mas Probable (NMP) y es a este método al que nos enfocaremos en el presente trabajo, debido a que es un método sencillo que puede aplicarse en múltiples tipos de productos y sus resultados tienen una amplia aproximación.

Pareciera lógico que la prueba para determinar la pureza del agua sea la de examinar el tipo de bacterias que contenga, esto ha sido llamado búsqueda directa de patógenos. En la práctica, esto ha sido muy problemático ya que es difícil detectar la presencia de *Salmonella typhi* y otros organismos causales de las enfermedades entéricas. Existen varias razones que hacen pesada esta tarea.

- (1) Los mejores métodos que se conocen hasta la fecha son demasiado lentos, tediosos y antieconómicos para usarse en análisis rutinario de aguas.
- (2) Por lo general existen muchos más individuos inoocuos que patógeno, lo cual interfiere con los resultados.
- (3) por medio de los mejores métodos disponibles en la actualidad los patógenos se minimizan, por lo que se requiere incrementarlos en cantidad para poder ser detectados^{101, 102}

Bajo el aspecto bacteriológico, la elección de gérmenes indicadores de contaminación, esencial para la interpretación de la calidad de las aguas objeto de examen, ha sido y es motivo de debate bajo la luz que proporcionan las nuevas técnicas analíticas, los medios de cultivo más selectivos y el mejor conocimiento epidemiológico, que permiten conceder a cada indicador bacteriano el crédito de confianza que real y verdaderamente merece¹⁰³.

Número más probable (NMP)

Este número es calculado a partir de la observación del crecimiento, tanto con la aparición de turbidez como con la formación de gas, en cultivos en caldo duplicados, inoculados con porciones de un ml de diluciones decimales de la muestra. Las cifras que representan resultados positivos con crecimiento en tres diluciones sucesivas, suelen denominarse número significativo, por ejemplo, si tenemos dos tubos positivos en la muestra directa, uno en la dilución 10-1 y otro en la 10-2 se obtiene el número y se coteja con la tabla de Número Más Probable con lo que resulta un número significativo que es 210^{101, 102}.

12.2.2 Método de Cuenta viable en Placa

El recuento de organismos unicelulares, puede también realizarse en placa, ya que las células viables separadas espacialmente unas de otras por dispersión sobre un medio de agar, originan cada una en su crecimiento colonias independientes y microscópicamente visibles. Por lo tanto, si se preparan

diluciones apropiadas de una población bacteriana y se siembra con ellas un medio conveniente, puede calcularse el número de células viables en al contar el número de colonias que se desarrollan después de la incubación de las placas y al multiplicar dicho valor por el factor de dilución.¹⁰⁴

No cabe duda que el agua, por ser el elemento más importante para todo proceso, tiene una función importante en el uso y destino que se le dé.

Ciertamente, las principales dificultades se encuentran en los países más pobres y también en los países en desarrollo, dentro de los que se encuentra México.

Los gobiernos interesados, en este caso el mexicano, deberán invertir en capacitación y adiestramiento del personal, y en infraestructura de empresas que actualmente exportan, en especial en las empresas que producen carne, dados los incrementos que ha tenido la exportación en el último año. Los compradores exigen en la actualidad un mayor control del producto que se obtenga del campo.

Desde el punto de vista bacteriológico, la importancia sanitaria se refiere a la presencia de aquellos microorganismos patógenos que pueden utilizar el agua como vehículo de diseminación; principalmente bacterias intestinales. El agua es utilizada como medio de eliminación de excretas y otros desechos; puede también contener microorganismos patógenos de asiento no intestinales (flora de la piel por ejemplo). Tales gérmenes son destruidos por los mismos mecanismos y medios que suelen utilizarse cuando se tratan las aguas por el proceso ordinario de potabilización.

<<http://www.fao.org/DOCREP/003/Y0600M/y0600m02.htm>>

13. Técnicas de análisis microbiológico de alimentos

El análisis microbiológico de alimentos no tiene carácter preventivo sino que simplemente es una inspección que permite valorar la carga microbiana. Por tanto, no se puede lograr un aumento de la calidad microbiológica mediante el análisis microbiológico sino que lo que hay que hacer es determinar en la Industria cuáles son los puntos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana (los llamados Puntos Críticos del proceso) y evitarlos siguiendo un código estricto de Buenas Prácticas de Manufactura del alimento (BPM). (Ver Módulo de Buenas Prácticas de Manufactura).

La prevención, por tanto, está en evitar manufacturar productos de baja calidad microbiológica y no en comprobar la calidad microbiológica de los ya elaborados.

En el desarrollo de las BPM hay que hacer un análisis del riesgo consistente en determinar el peligro para la salud humana de un factor patógeno presente en un alimento y el medio como puede reducirse ese riesgo hasta valores infinitesimales por medios tecnológicos. Este riesgo depende de de la DMI (Dosis Mínima Infecciosa) del microorganismo y de los valores del mismo que se encuentren en el alimento; así mismo hay que valorar la carga inicial de microorganismos en cada una de las raciones del alimento, y el número de raciones o partes consumidas por la población en un determinado tiempo.

13.1 Generalidades sobre la toma de muestras y el análisis microbiológico

Principios ecológicos: Es necesario considerar la distribución desigual de los microorganismos en los alimentos, lo que hace necesario seguir un esquema de toma de muestras para obtener resultados representativos.

El número de criterios utilizados a la hora de juzgar la calidad microbiológica de los alimentos debe limitarse al mínimo necesario para así poder aumentar el número de análisis.

Los criterios de análisis aplicados han de ser específicos de cada alimento porque son diferentes los microorganismos patógenos y alterantes de cada tipo de alimento.

Fundamentos de los procedimientos analíticos:

Heterogeneidad de la presencia de microorganismos en los alimentos: El factor más importante en el análisis es el muestreo, que incluye:

(a) Evaluación de la muestra necesaria para evitar la distorsión producida por los microorganismos que se encuentran en diferentes partes de las superficies, por ejemplo de las canales o de las máquinas, sistemas de alimentos heterogéneos (ensaladas, platos congelados, etc.)

(b) Determinación del modo óptimo de remoción del microorganismo de la muestra o lugar de muestreo

(c) La evitación de la contaminación ambiental durante la toma o transporte de muestras.

Transporte de muestras: Es importante evitar que durante el transporte de las muestras se produzca:

(a) Multiplicación de los microorganismos presentes

(b) Inactivación de algún microorganismo.

En general es conveniente hacer el transporte a temperaturas del entorno de 0° C por un tiempo no superior a las 24 horas, excepto en el caso de microorganismos Termófilos.

Confianza en los procedimientos: Normalmente es necesario detectar bacterias que suponen entre 10^{-4} y 10^{-7} de la flora normal del alimento, flora ésta inocua. Es necesario utilizar medios selectivos para detectar estos microorganismos presentes en proporciones tan bajas.

Como norma general conviene probar experimentalmente los medios usados para determinar su selectividad y su productividad; así como no debe usarse un medio diseñado para un producto en otro producto diferente porque las condiciones ecológicas pueden ser diferentes dando lugar a una distorsión de los resultados.

13.2 Valores microbiológicos de referencia para los alimentos.

Es necesario comparar los resultados con valores microbiológicos de referencia. Estos valores de referencia no son formulaciones teóricas de la carga microbiana aceptable, sino los valores obtenidos cuando la producción del alimento se ha ajustado a las BPM (Buenas Prácticas de Manufactura).

La Microbiología de alimentos puede evaluar el riesgo asociado a estos valores de referencia y cuantificar los valores asociados a un alimento concreto para medir el incumplimiento de la referencia (y por tanto de las BPM).

El número y tipos de microorganismos presentes en un producto alimenticio pueden ser utilizados para juzgar o determinar la seguridad microbiológica y la calidad del producto. La seguridad se determina por la presencia o ausencia de microorganismos patógenos o sus toxinas, el número de patógenos, y el control esperado o destrucción de estos agentes. Ensayos o pruebas para microorganismos indicadores pueden utilizarse para vigilar tanto la calidad como la seguridad microbiológica cuando se ha establecido previamente una relación entre la ocurrencia de los organismos indicadores y la presencia de un patógeno o toxina. El nivel de microorganismos de alteración refleja la calidad microbiológica o integridad de un producto alimenticio, así como la efectividad de las medidas utilizadas para el control y destrucción de tales microorganismos.

Así, los criterios microbiológicos se utilizan para vigilar:

- a) la seguridad del alimento
- b) la adopción de buenas prácticas de manufactura
- c) el mantenimiento o la conservación de la calidad de ciertos productos perecederos (vida de anaquel)
- d) la utilidad de un alimento o ingrediente para un propósito en particular

Cuando se aplican apropiadamente, los criterios microbiológicos se pueden utilizar como mecanismo para asegurar la calidad y seguridad de los alimentos, lo cual a su vez eleva la confianza del consumidor.¹⁰⁰

Las pruebas microbiológicas efectuadas en puntos específicos de la cadena de producción de carne de porcino son un mecanismo importante para verificar un enfoque de la inocuidad de la carne basado en el análisis de riesgos. La especificación de los resultados microbiológicos referentes a la inocuidad de los alimentos permite establecer niveles adecuados de protección de los consumidores al tiempo que proporciona a las empresas la máxima flexibilidad en cuanto a los sistemas específicos de control del proceso utilizados.⁽¹⁾

Para ello, ha tenerse la siguiente información, a la hora de realizar un análisis microbiológico en las canales de cerdo:

- a) Las fuentes de contaminación.
- b) Las rutas de infección del patógeno.
- c) La resistencia de los patógenos a condiciones adversas.
- d) Las necesidades de crecimiento de los patógenos.
- e) Minimizar la contaminación y el crecimiento de los microorganismos.
- f) Método de muestreo proporcional al riesgo

13.3 Muestreo

El muestreo consiste en separar una serie de muestras representativas del lote para someterlas al análisis microbiológico.

Muestreo único

Cuando hay que hacer un muestreo de una partida única de alimento hay que considerar que los datos de mayor importancia los proporcionan las normas de elaboración y conservación del alimento.

Ningún muestreo único puede dar una garantía total de calidad microbiológica del alimento; si se analizan 30 muestras de una partida suficientemente grande y no aparece ninguna en malas condiciones microbiológicas, aún hay una probabilidad razonable de que el 10% del lote sea microbiológicamente defectuoso.

Como norma general, si se trata de un lote desconocido es conveniente analizar un número de muestras equivalente al 1% si el lote es grande y al 10% si es pequeño. Aunque estos valores hay que adecuarlos a las condiciones reales.

Cuando se analiza una muestra única el mejor criterio de seguimiento son las especificaciones del fabricante. Las muestras únicas están siempre sometidas a una gran probabilidad de falsos negativos.

Análisis repetido.

Se pueden definir dos tipos de riesgo microbiológico:

- (a) el riesgo del consumidor
- (b) el riesgo del fabricante

Un sistema de muestras basado en el análisis de 10 muestras al azar y rechazo del lote cuando se detecte una defectuosa obligará al fabricante a establecer medidas de seguridad suficientes para proteger adecuadamente al consumidor.

Planes de muestreo de tres categorías.

Se aceptan con condiciones algunos alimentos que sobrepasen la norma microbiológica establecida conforme a los valores microbiológicos de referencia. Clase: aceptable, grado intermedio, inaceptable. [En aquellos casos en que el obtener valores más altos que los de referencia no hace inaceptable el alimento].

Toma de muestras representativas.

Una vez decidido el número de muestras que hay que tomar, han de seleccionarse éstas de forma estadísticamente representativa utilizando tablas de número al azar. Dentro de cada unidad hay que tomar muestras representativas de todos los constituyentes del alimento, para ello se debe homogeneizar la muestra usando batidoras o stomacher.

13.4 Métodos de recuento de microorganismos

13.4.1 Recuento de microorganismos viables totales. (Muestras líquidas u homogeneizadas).

Se trata de conocer el número total de microorganismos presentes en el alimento. Este número no guarda relación con el de microorganismos patógenos por lo que no puede usarse como índice de su presencia y sólo debe considerarse un indicador de las características higiénicas generales del alimento.

Dependiendo de las características del medio utilizado (medio rico, medio limitado en nutrientes para medida de la flora no láctica de alimentos fermentados) y de las condiciones de incubación (mesófilos, psicrófilos) los microorganismos analizados serán miembros de poblaciones diferentes. En general se investiga la presencia de microorganismos aerobios o aerotolerantes (anaerobios facultativos).

Se han desarrollado técnicas que hacen posible la automatización del proceso, existen cuatro técnicas biológicas básicas:

1.- Cuenta en Placa Standard (Standard Plate Count).

Consiste en tomar de una muestra de volumen conocido del alimento que se analiza. El resultado es función de una serie de factores como son el método de muestreo, el tipo de microorganismo, el tipo de alimento y las características del medio de cultivo. Los cultivos pueden hacerse tanto en masa como en superficie, aunque hay que considerar que los cultivos en masa son letales para la flora psicotrofa. Cada bacteria viable formará una colonia, la siembra puede hacerse en una placa normal o por medio de un difusor en espiral que va depositando concentraciones progresivamente más diluidas de la muestra.

2.- Determinación del Número Más Probable.

3.- Métodos basados en la reducción de colorantes por viables.

4.- Cuenta microscópica directa.

Filtros de membrana: utilizados cuando el número de bacterias es bajo. Son filtros con un poro de 0.45 mm que retienen las bacterias. Se filtra un volumen dado y se coloca el filtro sobre una placa del medio de cultivo apropiado. La muestra puede haber sido procesada para epifluorescencia previamente, lo que facilita el recuento (la epifluorescencia se puede provocar con naranja de acridina que tiñe específicamente los ácidos nucleicos).

Microcolonias en DEFT: DEFT son las iniciales en inglés de Direct Epifluorescence Filter Technique (técnica de epifluorescencia directa en filtro). En esta técnica las bacterias se filtran para retenerlas en

una membrana apropiada que posteriormente se trata con un agente fluorescente (como la naranja de acridina) para teñir las células bacterianas (se somete el filtrado a un tratamiento previo con detergentes para destruir las células somáticas). La detección de los microorganismos ha de hacerse mediante microscopía de fluorescencia o por cualquier otro método de medida de la epifluorescencia. En ciertos casos, las membranas se incuban para producir colonias que son más fácilmente detectables.

Cuenta de microcolonias al microscopio: Se añade un pequeño volumen de agar-cultivo a un porta y se incuba para seguir la formación de microcolonias al microscopio.

Gotitas de agar: Se hacen diluciones de la muestra (solución madre) y se depositan gotitas de 10 ml en una placa Petri (gotitas de cultivo + agar). Se examina el crecimiento de las colonias en las gotitas tras la incubación.

Films secos (Petrifilm): Son películas deshidratadas de medios de cultivos generales o selectivos en las que se deposita 1 ml de la muestra que rehidrata el medio. Tras la incubación se hace el recuento.

Método del número más probable: Basado en series de diluciones y cálculo estadístico del número de bacterias presentes en las diluciones más altas. Se puede hacer con 3 ó 5 tubos. El método es popular aunque poco exacto.

Métodos basados en la reducción de colorantes: Usando azul de metileno o resazurina. Colorantes reducidos por las bacterias; al reducirse cambian de color y esto es medible usado medios líquidos (lácteos).

Tubos rodantes: son tubos herméticamente cerrados en los que haciéndolos girar se forma una fina capa de agua. Útiles para recuento de anaerobios.

Cuenta de microscópico directo: Usando cámaras de cuenta, se coloca un volumen determinado y se recuentan las bacterias.

Además de las técnicas de recuento basadas en la formación de colonias observable (técnicas biológicas) hay una serie de procedimientos de recuento basado en técnicas químicas, físicas e inmunológicas.

13.4.2 Métodos físicos para la detención de microorganismos

Impedancia: Es la resistencia aparente presentada a la corriente alterna. En un cultivo los microorganismos alteran los substratos cambiando su conductividad eléctrica y esto varía la impedancia. El método se basa en detectar estos cambios y la cantidad de microorganismos se expresa como función del tiempo que tarda el cultivo en alcanzar unos valores de impedancia correspondientes a $10^6 - 10^7$ células por ml^{-1} . (IDT: Impedance Detection Time). Es necesario que el medio de cultivo permita un crecimiento homogéneo.

Microcalorimetría: Estudio de los pequeños cambios de calor producidos como consecuencia del anabolismo de nutrientes. Los diferentes tipos de microorganismos metabolizan los substratos de forma diferente y, por ello, se ha usado la microcalorimetría para poder identificar las especies presentes en un alimento: usando un medio de cultivo con una composición definida de azúcares pueden llegar a identificarse diferentes tipos de bacterias lácticas mediante los termogramas de su metabolización de los azúcares presentes en el medio.

Citometría de flujo: Método basado en hacer pasar una a una las células de una suspensión por un sistema de detección; este sistema puede contener un detector capaz de medir diferentes parámetros (diferentes tipos de fluorescencia, absorbancia, dispersión de luz, etc.) lo que permite identificar las bacterias durante su paso por el detector.

13.4.3 Métodos químicos de detección de microorganismos

Nucleasa Termoestable: *S. aureus* produce una nucleasa termoestable con mayor rapidez y en mayor cantidad que la enterotoxina responsable de la intoxicación. La endonucleasa puede detectarse experimentalmente como un índice de la presencia de *S. aureus* incluso en concentraciones demasiado bajas para que hayan producido unas cantidades detectables de enterotoxina.

Lisado de Limulus: Usado para detección de endotoxinas (derivadas del lipopolisacárido LPS de las bacterias Gram negativas). Se basa en la aglutinación de extractos de amebocito de sangre de *Limulus* (cangrejo de mar) producido por cantidades del orden de picogramos de LPS. Puede detectar 300 células de *E. coli*. El método detecta células viables y no-viables. Es muy rápido.

Sondas de ácidos nucleicos: Sirven para identificar microorganismo desconocidos por medio de *Southern*.

PCR: Método para detectar número extremadamente bajos de microorganismos con una cierta rapidez basado de la producción de copias de genes específicos de un microorganismo en cuestión.

Medida de ATP-: Se detecta la presencia de ATP usando luciferasa, aunque hay algunos problemas experimentales que hacen que la técnica sea controvertida.

Radiometría: Medida de la transformación de un sustrato con ^{14}C en $^{14}\text{CO}_2$: el tiempo necesario para detectar el $^{14}\text{CO}_2$ es inversamente proporcional a la cantidad de microorganismos presente.

Substratos Fluoro y Cromogénicos: Se añaden como aditivos a los medios de cultivos para facilitar y acelerar la detección de los microorganismos.

13.4.4 Métodos inmunológicos

Normalmente se usan antisueros que detectan flagelos (responsables de las formas móviles de *Salmonella* y otras bacterias)

Anticuerpo fluorescentes : Se utiliza anticuerpo marcado con una molécula fluorescente o un segundo anticuerpo que reconozca el primero. Se pueden usar antisueros complejos en el primer anticuerpo y de esta forma detectar cualquier tipo de *Salmonella* sin necesidad de aislarlas. El método también se ha usado para Clostridios aunque su mayor aplicación ha sido en *Salmonella* donde es muy conveniente por la sensibilidad y rapidez.

Serología de enriquecimiento: En este procedimiento especialmente desarrollado para la detección de *Salmonella*, el antisuero no se añade al alimento sino que se efectúa un paso previo de enriquecimiento del cultivo y de selección para evitar falsos positivos.

Test 1 - 2 de *Salmonella*: Sistema con dos cámaras de agar blando. Una de las cámaras (la de siembra) contiene un medio selectivo para *Salmonella*, las bacterias móviles de este género atraviesan la cámara selectiva y pasan a la no selectiva pero portadora de un anticuerpo específico por lo que se forma una banda de aglutinación cuando entre *Salmonella*.

Radioinmunoensayo: se basa en el marcaje con un radioisótopo de un antígeno determinado (toxina producida por una bacteria patógena) y su posterior detección por anticuerpos específicos fijados sobre un soporte sólido.

ELISA: El método es similar al radioinmunoensayo: el antígeno se fija en un soporte sólido, se trata con el antisuero correspondiente y la interacción se detecta mediante una actividad marcadora (peroxidasa) unida al anticuerpo en cuestión o a un segundo anticuerpo de revelado.

El método se ha usado para detección de Salmonellas. Toxinas de *S aureus*, micotoxinas, toxinas de *C. botulinum*, enterotoxinas de *E. coli*.

Difusión en gel: Método de Ouchterlony para detección de antígenos.

13.4.5 Examen de superficies

Métodos dirigidos a detectar y medir los números de microorganismos presentes en superficies contaminadas. Algunas veces es necesario añadir agentes neutralizantes para eliminar el efecto de detergentes que han sido utilizados para limpiar la superficie. El método más clásico de obtención de muestra es el uso de torundas de algodón o de alginato cálcico. Las muestras se recogen en seco o en húmedo y se depositan sobre medios de cultivo líquido (generales o de enriquecimiento). En algunos casos se usan otros métodos como el contacto con placa o la jeringa de agar.

13.4.6 Recuento de mohos y levaduras

Se realiza o bien directamente en el alimento humedecido e incubado a 22°C o bien mediante diluciones sucesivas y siembra en placa en superficie. Es necesario añadir agentes antibacterianos al medio de cultivo para evitar el crecimiento de las bacterias, que es más rápido que el de los mohos

13.5 Detección de microorganismos indicadores

Ver Tema 3. Microorganismos indicadores de inocuidad de alimentos

14. Residuos Tóxicos

14.1 Conceptos Básicos

Los alimentos de origen animal pueden ser contaminados con una o más de las muchas sustancias químicas que son utilizadas por el hombre en las actividades industriales, agrícolas, ganaderas, etc. La mayoría de estas sustancias nocivas son antibacterianos, hormonas promotoras de crecimiento, plaguicidas, químicos industriales y metales pesados. La interacción de la industria y la agricultura es

frecuentemente la causa del ingreso de contaminante a la cadena alimenticia, partiendo del suelo, el aire o el agua hacia las plantas, los animales y, finalmente, hasta el hombre, teniendo a la leche materna como eslabón final de la cadena.⁷¹

Los residuos son los vestigios de diversas sustancias químicas, entre ellas plaguicidas, metales pesados, medicamentos veterinarios o sustancias promotoras del crecimiento, que pueden estar presentes en concentraciones dentro de la escala de las partes por millón o menores y que normalmente no se encuentran en los alimentos que no han estado expuestos a estas sustancias.⁷¹

La presencia de residuos de sustancias indeseables en los productos alimentarios es motivo de preocupación para los consumidores y para las autoridades sanitarias, debido al riesgo que presentan para la salud humana. Los animales ingieren gran cantidad de sustancias que pueden ser dañinas para la salud, ya sea procedentes del aire, del agua, de los alimentos que ingieren o suministradas en forma de medicamentos. Algunas de estas sustancias se metabolizan rápidamente y apenas se encontrarán residuos en el animal, pero otras se excretan lentamente y estarán presentes en mayor o menor grado en los diferentes tejidos del animal.

El término residuo es muy amplio, pues engloba a todos aquellos compuestos o sustancias químicas que pueden estar presentes en la cadena alimentaria y que pueden ser potencialmente peligrosos para la salud humana. Los residuos que pueden estar presentes en la carne y en los productos derivados pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. Residuos presentes de forma natural: Aquellas sustancias que han estado siempre presentes en la naturaleza y que han pasado a formar parte de la cadena alimentaria en cantidades importantes a causa de los métodos agrícolas modernos y la contaminación ambiental, como los metales pesados o las micotoxinas.
2. Residuos causados por el hombre: En este grupo se incluyen los residuos de productos debidos a la intervención directa del hombre, tales como: productos químicos utilizados en la agricultura y muy estable en el ambiente, como plaguicidas, DDT, lindano o hexaclobenzol. Compuestos usados en procesos industriales, como hidrocarburos organoclorados, dioxinas, percloroetileno o compuestos organometálicos; medicamentos y sustancias promotoras del crecimiento, las cuales no deberían presentar ningún problema se utilizan correctamente, pero su uso inadecuado, sin observar los tiempos de retirada recomendados o el uso de sustancias ilegales puede significar un riesgo para la salud.¹⁰⁰

Para evaluar si existe un peligro para la salud por el consumo de alimentos con residuos se debe considerar la probabilidad de que produzcan un efecto indeseable, es decir, el riesgo. Como riesgo se define la posibilidad de que la exposición a una determinada sustancia cause daño al organismo.⁷¹

Si con los alimentos son ingeridos elementos indeseables es posible que se presente un efecto negativo, pero si las cantidades son ocasionales o extremadamente bajas, el daño es poco probable o nulo. El riesgo depende de las siguientes condiciones:

- i. cantidad real de la sustancia ingerida con el alimento en un tiempo determinado y
- ii. disponibilidad biológica de la sustancia o biodisponibilidad

La Biodisponibilidad significa la velocidad y extensión con la cual la sustancia activa es absorbida de una forma farmacéutica y se hace disponible en el sitio de acción. En la mayoría de los casos, las sustancias han sido desarrolladas para exhibir un efecto terapéutico sistémico, y puede darse entonces una definición más práctica, tomando en consideración que la sustancia en la circulación general se halla en intercambio dinámico con la sustancia en el sitio de acción, en otras palabras la biodisponibilidad es la velocidad y extensión con que una sustancia activa es entregada desde una forma farmacéutica a la circulación general.

La peligrosidad (toxicidad aguda) de un tóxico se expresa por medio de la dosis letal media (DL₅₀). La cual se define como la dosis única que, obtenida por estadística, de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte del 50% de los animales a los que se haya administrado. El valor de la DL₅₀ se expresa en peso de la sustancia por unidad de peso del animal (miligramos por kilo, mg/kg).

La toxicidad aguda se refiere a una respuesta tóxica, corrientemente inmediata, inducida por una sola exposición. Podemos emplear como ejemplo, la dosis letal de ácido cianhídrico (50-60 mg) induce la

muerte en unos pocos minutos; la cicutoxina, tóxico principal de la cicuta europea, mata tan rápidamente al ganado vacuno que consume esta hierba que, a menudo, los animales mueren antes de que el forraje implicado haya pasado el tubo esofágico.

La toxicidad crónica alude al efecto que necesita cierto tiempo para desarrollarse. La comprobación de la toxicidad crónica implica el suministro continuo de la sustancia experimental a los roedores durante 20-24 meses. La evaluación de la toxicidad crónica se realiza mediante experimentos en los que se expone con dosis progresivas a animales de laboratorio durante lapsos prolongados. Con ello se determina el Nivel de Efecto No Observable (NOEL, por sus siglas en inglés de No Observable Adverse Effect Level). El NOEL se emplea en pruebas de alimentación crónicas con las sustancias que inducen respuestas tóxicas (distintas del cáncer), que corregido con un margen de seguridad, genera los valores de Ingesta Diaria Admisible (ADI, por sus siglas en inglés de Acceptable Dairy Intake).

La pregunta sería, ¿por qué es necesario un margen de seguridad? Por dos razones fundamentales. Primero, el Nivel de Efecto No Observable (NOEL) se determina en animales y no en seres humanos. Por ese motivo, es prudente ajustarlo por las posibles diferencias que pudieran existir, suponiendo que el ser humano es más sensible que el animal de laboratorio.

En segundo lugar, porque la confiabilidad de las pruebas de toxicidad está limitada al número de animales comprobados. Dichas pruebas no pueden representar la diversidad de la población humana, cuyos subgrupos pueden exhibir sensibilidades diferentes (por ejemplo, niños, enfermos, ancianos). Es prudente ajustar los niveles por estas diferencias.

Por lo general, se usa un factor de seguridad de 100, que se basa sobre un factor 10 veces superior al nivel permitido. Sin embargo, el factor 100 veces superior (10x10) no es una constante y se lo puede variar de acuerdo con las características del aditivo, la cantidad de datos toxicológicos y las condiciones de uso.

Considerando los ADI con el dato estimado de consumo de varios alimentos que pueden contener el contaminante y las rutas de exposición se establecen los Límites Máximos del Residuo (LMR). Los LMR son la concentración máxima de residuos de un contaminante que la Comisión del Codex Alimentarius recomienda que se permita legalmente o se reconozca como aceptable en un alimento o producto agrícola.⁷¹

Una inspección integrada, que comprenda todas las fases de la producción cárnica, desde el animal en la explotación hasta su distribución y consumo, sería lo más adecuado. Este tipo de inspección comprende una serie de medidas preventivas y de autocontrol para que así la inspección del establecimiento sea de menor importancia, y que no sea el único punto de control.⁷¹

14.2 Residuos presentes en forma natural

14.2.1 Metales pesados

El hombre se encuentra al final de la cadena alimenticia por lo que está expuesto a concentraciones elevadas de agentes potencialmente tóxicos, debido al proceso de bioacumulación. Algunos metales pesados, como plomo, cadmio, mercurio o arsénico, pueden incorporarse a los alimentos como resultado de los procesos de producción, elaboración y comercialización por los que pasan antes de su consumo.⁷¹ Los metales pesados llegan a los alimentos dependiendo de la característica geológica del suelo y debido a la contaminación provocada por diversas actividades del hombre (industria, combustión de gasolina, etc.)⁷¹

La ingestión de metales pesados a través del alimento representa una parte importante de la exposición de la población a estos elementos. El plomo y el cadmio se concentran sobre todo en el hígado y riñón. El mercurio se acumula principalmente en tejido adiposo. En el músculo de los animales de abasto solo se detectan niveles bajos de metales pesados y la mayoría de las veces por debajo de los límites máximos permitidos. En general, el hígado y el riñón de los animales sacrificados son los tejidos más contaminados con metales pesados, sobre todo plomo y cadmio cuando se trata de animales viejos (ganado vacuno) más que en animales jóvenes (cerdos y becerros). El mercurio y el arsénico se encuentran más en mariscos y especialmente en especies viejas con valores promedio considerablemente muy variados.⁷¹

Plomo, cadmio y mercurio han sido detectados ocasionalmente en leche y carne, particularmente cuando provienen de animales criados en áreas de contaminación industrial, o, en el caso de cadmio, cuando los suelos naturalmente contienen niveles altos de este elemento. Por otra parte, el contenido de cadmio y plomo en hígado y riñón de los animales de granja y silvestres depende de la edad del animal (a mayor edad, mayor concentración). Esta relación no se observa en el tejido muscular, con

excepción de la carne de caballo. Niveles altos de metales en tejidos se han encontrado en cerdas reproductoras, ya que estas viven más tiempo que los cerdos en producción.⁷¹ De acuerdo a EPA (Environment Protection Agency), los metales pesados y otros materiales de residuos inorgánicos son considerados peligrosos si el extracto de una muestra representativa del residuo tenga alguna de las concentraciones de componentes y se encuentra señalado en 40 CFR 262.24, Tabla 1.

14.2.2 Micotoxinas

Las micotoxinas son un grupo heterogéneo de sustancias químicas que tienen efectos negativos agudos y/o crónicos sobre la salud de los animales y de los seres humanos.

Pueden afectar numerosos órganos y sistemas, en particular el hígado, los riñones, el sistema nervioso, el sistema endocrino y el sistema inmunitario. La preocupación mayor se debe a los efectos crónicos en niveles bajos de exposición, habiendo sido clasificadas varias micotoxinas como carcinógenos o posibles carcinógenos para los seres humanos por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC).

Son metabolitos fúngicos que están presentes en una gran parte de los suministros alimentarios mundiales y pueden representar una amenaza potencial para la inocuidad de los alimentos. La posible toxicidad crónica de muchas micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxinas, fumonisinas, zearalenona) en dosis inferiores suele suscitar mayor preocupación que la toxicidad aguda, dado que algunas de esas sustancias son carcinógenos muy poderosos y la exposición a ellas es muy amplia.

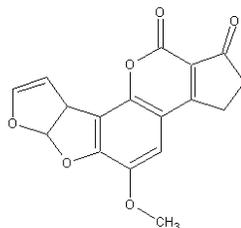
Las aflatoxinas están entre las más potentes sustancias mutágenas y cancerígenas conocidas, son capaces de inducir el cáncer de hígado en la mayoría de las especies animales estudiadas. La mayor parte de los estudios epidemiológicos demuestra también la existencia de una correlación entre la exposición a la aflatoxina B1 y un aumento en la incidencia del cáncer de hígado.

La contaminación de alimentos, piensos y productos agrícolas por micotoxinas continúa afectando la disponibilidad y la inocuidad de los alimentos a nivel mundial, por lo tanto FAO y OMS vieron la necesidad de convocar a conferencias sobre micotoxinas, ya sea por nuevas micotoxinas emergentes, progresos realizados en técnicas de muestreo, análisis y monitoreo, así como procesos de descontaminación, establecimiento de regulaciones en diversos países y gran preocupación sobre los efectos en la salud producidos por ciertas micotoxinas.

A continuación se presentan las estructuras químicas de las principales micotoxinas, donde se clasifican en cuatro grupos¹³⁵:

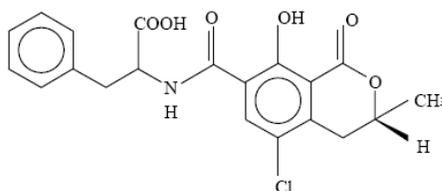
- I. Micotoxinas derivadas de anillos cumáricos producidos por *Aspergillus*: Aflatoxina B1, B2, G1, G2 y stigmatocistina. Las aflatoxinas son una de las más importantes como causantes de intoxicaciones por micotoxinas en el hombre. Producidas principalmente por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Existen distintos tipos: B1, B2, G1, G2 y M1 (derivado de la B1). La más tóxica de todas ellas es la B1, la cual posee una fuerte acción cancerígena. Alrededor del 1% de la aflatoxina B1 ingerida por los animales con el pienso se transforma en aflatoxina M1.

Imagen 1. Estructura química de aflatoxina B1.



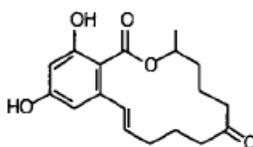
- II. Micotoxinas derivadas de anillos lactónicos producidos por *Penicillium* y *Aspergillus*: Patulina y Ocratoxina. Las OCRATOXINAS producen alteraciones principalmente a nivel renal, y la especie que con mayor frecuencia lo padece es el cerdo, de ahí que se deben realizar *análisis* en los riñones de los cerdos para detectar la presencia de este tipo de micotoxinas.

Imagen 2. Estructura de la Ocratoxina A



III. Micotoxinas derivadas de anillos lactónicos producidos por Fusarium: Zearalenona.

Imagen 3. Estructura de la Zearaleona



Una de las micotoxinas más estudiadas es la ocratoxina A y es reconocida como el componente micotóxico de los cereales almacenados y se la ha asociado a la nefropatía porcina tras una exposición por medio de piensos contaminados.¹⁰⁰ Podría existir alguna asociación con la nefropatía endémica de los seres humanos pero las pruebas no son concluyentes.¹³⁶ Dada la estabilidad de la ocratoxina A y su larga vida en la sangre y los tejidos, los productos porcinos y alimentarios que contienen sangre de cerdo derivada de animales alimentados con cereales contaminados son fuentes alimentarias potenciales.¹⁰⁰

14.3 Residuos causados por el hombre

14.3.1 Plaguicidas

Son sustancias que se utilizan para eliminar insectos, parásitos y plagas en plantas y animales. Existe una gran cantidad de informes en los cuales se señala la amplia distribución de plaguicidas en todo el mundo.

Los plaguicidas se clasifican químicamente en:

- ① organoclorados
- ① organofosforados
- ① carbamatos
- ① nicotenoides
- ① piretrinas
- ① piretroides
- ① feromonas

Los dos tipos de plaguicidas más utilizados son los organoclorados y los organofosforados.¹³⁷ Los organofosforados se descomponen con mayor facilidad y son menos persistentes en el ambiente en relación con los organoclorados, pero más peligrosos para el hombre debido a que tienen un alto grado de toxicidad.¹³⁸

① ORGANOFOSFORADOS:

Los insecticidas organofosforados se descomponen con mayor facilidad y son menos persistentes, debido a ellos actualmente se utilizan más que los organoclorados. Algunos son sistémicos y son absorbidos por las plantas e introducidos al sistema vascular vegetal, afectando tanto a insectos como a personas. Son biodegradables y no se acumulan en el organismo. Paratión, Dimecrón y Namacur son extremadamente tóxicos.

La intoxicación por plaguicidas organofosforados es debida a la inhibición de la acetilcolinesterasa, enzima que cataliza la reacción de acetilcolina a ácido acético y colina en las células. De los plaguicidas organofosforados, los fosfotioles son relativamente no tóxicos. Durante el proceso metabólico son transformados a fosfatos o derivados, los cuales son capaces de inhibir la acetil-

colinesterasa. Esta activación se lleva a cabo por el sistema enzimático citocromo P450 que causa el remplazamiento de un átomo de azufre por uno de oxígeno.¹³⁹

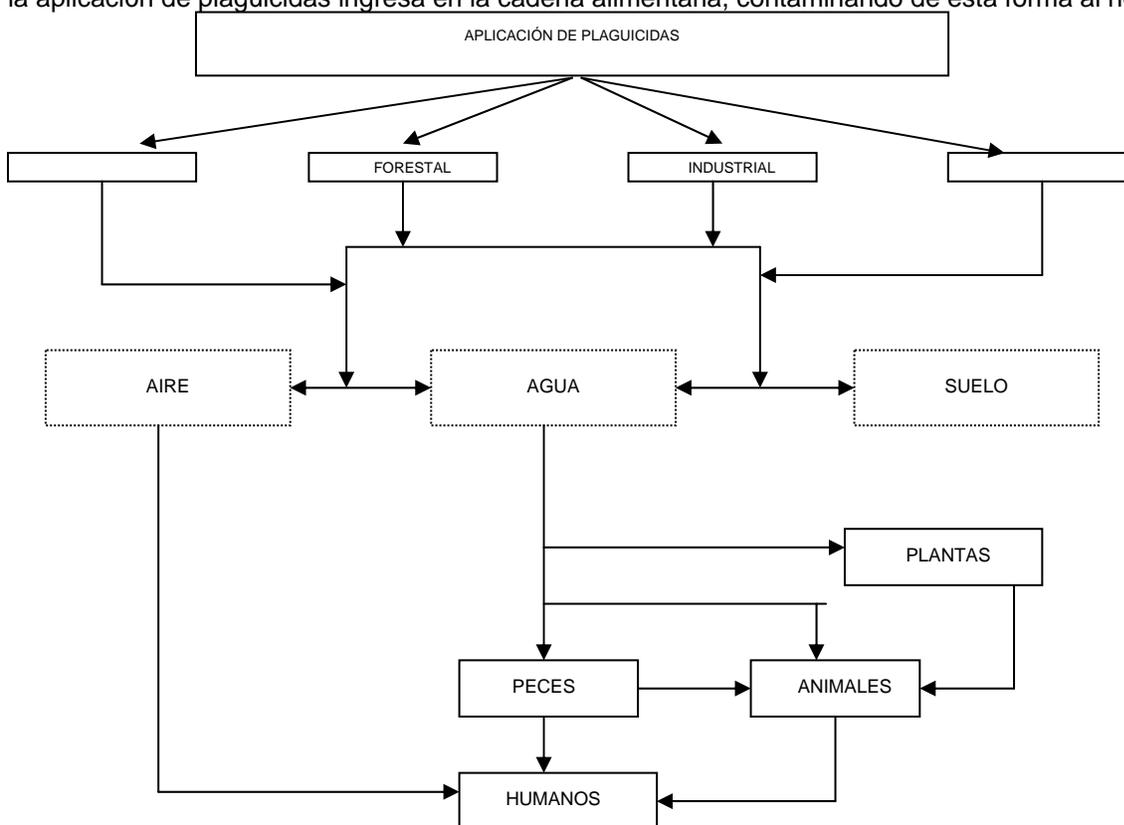
① ORGANOCOLORADOS (OCL):

Son los compuestos que más persisten en el ambiente. Se han acumulado en el suelo. Las causas principales de que existan residuos de estas sustancias en los alimentos han sido:

- prácticas agrícolas inadecuadas (no dejar que transcurra el intervalo de seguridad para recoger las cosechas)
- aplicación de dosis excesivas o plaguicidas no recomendados.

Los OCL pueden ingresar al organismo por ingestión, inhalación o por contacto con la piel. La absorción de grandes dosis se facilita cuando se encuentran disueltos en grasa animal o vegetal. Se considera que los alimentos son la principal vía de ingestión.⁷¹

La concentración de organocolorados aumenta a mayor nivel del organismo en red trófica⁵. Se han encontrados grandes concentraciones en mamíferos superiores, leche y tejido adiposo. Por tanto, estos compuestos se encuentran especialmente en la grasa de los alimentos de origen animal, y en los órganos de detoxificación: hígado y riñón. Por medio de estos alimentos un adulto ingiere al día aproximadamente de 1 a 10 mg de la suma de todos los bifenilos policlorados (PCB). Los plaguicidas Organocolorados y PCBs se acumulan en la grasa de los animales dada su liposolubilidad y persistencia y, por tanto, es lógico que sea en los alimentos de origen animal donde se hayan encontrado residuos con mayor frecuencia. El riesgo de exposición a estas sustancias se asocia fundamentalmente con la exposición a largo plazo debido a su persistencia en el medio ambiente, acumulación en la grasa corporal y carcinogenicidad en animales de experimentación. Muchos de estos compuestos son potentes inductores de enzimas microsomales y pueden modificar el metabolismo de otras sustancias químicas. Es conocido que los plaguicidas organocolorados se acumulan a través de la cadena trófica en la fase lipídica de los organismos a causa de su persistencia y lipofilia. La Imagen 3 muestra cómo la aplicación de plaguicidas ingresa en la cadena alimentaria, contaminando de esta forma al hombre.



⁵ MSN Encarta, palabra: red trófica, http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761557485/Red_tr%C3%B3fica.html

Conforme al Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991, en México han sido prohibidos el uso del DDT, lindano, paraquat, paratión metílico y pentaclorofeno.

Tabla 1. Plaguicidas prohibidos en México, conforme al DOF 3 de Enero 1991.

Triamifos	Erbon	DBCP
Dialiafor	Mercurio	Formotión
Dieldrin	Acido 2,4,5-T	Scradan
Dinoseb	Aldrin	Fumisel
Endrin	Cianofos	Kepone/Clordecone
Monuron	Cloranil	Mirex
EPN	Nitrofen	HCH
Sulfato de talio	Paration metilico	Toxafeno
Fluoroacetato de sodio (1080)	Acetato o propionato de fenil	DDT
Lindano	Paraquat	Pentaclorofeno

En México se usa el 60% de los 22 plaguicidas como perjudiciales para la salud y el medio ambiente. De ellos el 42% se fabrican en el país. De 90 plaguicidas que han sido cancelados o restringido en EUA, 30 se usan en México. (INEGI, 1992).¹⁴⁰ El Catálogo Oficial de Plaguicidas publicado por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest) [para mayor información consultar <<http://www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/>>], contiene la lista y las especificaciones de uso de los plaguicidas autorizados y su categoría toxicológica (SEMARNAP, 1999).

Tabla 2. Plaguicidas restringidos en México

1,3 Dicloropropeno	Fosfuro de aluminio	Alaclor
Aldicarb	Isotiocianato de metilo	Aldicarb
Lindano	Bromuro de metilo	Metam sodio
Clordano	Metoxicloro	Paraquat
Cloropicrina	Mevinfos	Dicofol
Forato	Pentaclorofenol	Clorotalonil
Pentaclorofenol	Clorotalonil	Quintozeno
Metamidofos		

Según la Secretaría de Salud, el 80 % de los 300 mil casos de intoxicación por plaguicidas registrados cada año en el mundo ocurren en países en vías de desarrollo. En México se emplean 260 marcas de las cuales, 24 están prohibidas y 13 restringidas, siendo las principales causas de intoxicación las deficientes medidas de control y previsión.

Tabla 3. Sistema de Vigilancia Epidemiológica

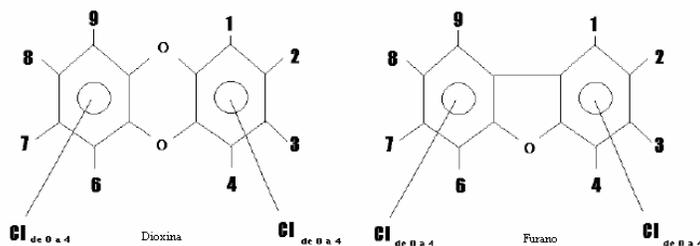
Entidad	Personas Intoxicadas		
	1996	2000	2001
Baja California Norte	1	4	15
Campeche	-	5	4
Chiapas	-	23	44
Distrito Federal	3	1	10
Guanajuato	-	4	7
Jalisco	1	10	43
México	5	4	2

Nayarit	52	57	45
Oaxaca	3	2	5
Puebla	1	12	6
Sinaloa	-	18	18
Tabasco	7	-	2
Veracruz	8	10	11

14.3.2 Dioxinas

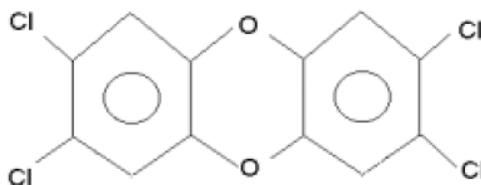
Las dioxinas pertenecen a un grupo de compuestos químicos: el de los hidrocarburos aromáticos polihalogenados. Este nombre alude a su estructura básica: dos átomos de oxígeno ligados a dos bencenos, a los cuales se ligan uno o varios átomos de cloro. Su estructura química queda reflejada en la Imagen 5. Dependiendo del grado de cloración (de 1 a 8 átomos de cloro) y de la posición de la sustitución se pueden encontrar 75 PCDDs y 135 PCDFs diferentes llamados “congéneres”. La posición y el grado de sustitución determinan las propiedades físico-químicas de las “dioxinas” así como su grado de toxicidad. Sus propiedades les confieren gran afinidad por los sedimentos y un alto potencial de acumulación en los seres vivos.

Imagen 4. Estructura química de dioxinas (PCDDs) y furanos (PCDFs)



La más estudiada de las dioxinas es la 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina, también llamada dioxina de Seveso, cuya estructura se indica en la Imagen 6.

Imagen 5. Estructura química de 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina



Las dioxinas son un grupo de compuestos químicos tóxicos que se producen por los procesos industriales, se acumulan en los tejidos grasos de animales del hombre.¹⁴¹ Las dioxinas se encuentran prácticamente en todos los medios, incluyendo aire, suelo, agua, sedimentos y alimentos, especialmente lácteos, carne, pescados y moluscos. Una hipótesis para explicar esto es que las dioxinas llegan a los animales por el alimento que pueden estar contaminado por emisiones de fuentes de combustión por el aire. Para destruirlas la mejor respuesta disponible es la incineración completa. El proceso requiere alta temperatura, por encima de los 850°C; para la destrucción de grandes cantidades de material contaminado se requieren temperaturas aún superiores a los 1000°C.^{141,142}

Las dioxinas están clasificadas dentro de las sustancias químicas que pueden causar efectos disruptores sobre el sistema endocrino; una política adecuada para reducir la amenaza de las sustancias químicas que alteran el sistema hormonal requiere la prohibición inmediata de plaguicidas como el endosulfán y el metoxicloro, fungicidas como la vinclozolina, herbicidas como la atrazina, los alquilfenoles, los ftalatos y el bisfenol-A.¹⁴² Dieber y Koefer¹⁴³, en 2000, investigaron la contaminación por dioxinas de grasa de cerdo y grasa de pollo, ellos encontraron que 89.4% de la grasa de cerdo estaba libre de dioxinas, 5.3% contenía dioxinas en una concentración menos de 2 pg/g. El valor más

alto que ellos encontraron fue 7.5 pg/g. Austria tiene una máxima tolerancia a dioxinas y furanos policlorinados en alimentos de cerdo y pollo de 2pg/g de alimento. El riesgo de la contaminación por dioxinas es un problema que está siendo foco de discusión en muchas partes del mundo.¹⁰⁰

14.3.3 Antibióticos

Los residuos de productos médicos veterinarios (por medicamento veterinario se entiende cualquier sustancia aplicada o administrada a cualquier animal destinado a la producción de alimentos, como los que producen carne o leche, tanto con fines terapéuticos o de diagnóstico, o para modificar las funciones fisiológicas o el comportamiento¹⁴⁴), son las sustancias farmacológicamente activas y sus metabolitos que quedan en los alimentos obtenidos de animales en los cuales dicho producto fue administrado deliberada o accidentalmente.⁷¹

Si con el consumo de alimentos de origen animal se ingieren residuos, éstos se acumularán en el organismo y pueden provocar efectos adversos a la salud. Por este motivo ha sido necesario establecer límites máximos permisibles, que son la concentración máxima de un residuo, después de la administración en la práctica veterinaria, que puede ser permitido o aceptado en los alimentos por las leyes de un país determinado.⁷¹ El uso de medicamentos veterinarios en la producción animal requiere la observancia del periodo de retiro, que es el tiempo que debe transcurrir entre la última dosis administrada al animal y el tiempo cuando el nivel de residuos en los tejidos (músculo, hígado, riñón, grasa) o sus productos (leche, huevos, miel) es más bajo o igual que el límite máximo permitido. Mientras no haya transcurrido el periodo de retiro, el animal y sus productos no deben ser destinados para consumo humano.⁷¹

Son muchos los beneficios que tiene el uso de antimicrobianos en la práctica pecuaria. Al adicionar antibióticos al pienso se consigue prevenir enfermedades infecciosas que afectan la producción. Se puede también obtener mayor incremento del peso diario, ya que aumenta el consumo de pienso y el animal aprovecha mejor lo que come. Sin embargo, existen problemas que se derivan de esta práctica y por tanto algunos países prohíben el uso en antimicrobianos que se utilizan con fines terapéuticos en humanos.⁷¹

Ingerir carnes, huevo o leche que contengan estos residuos hace posible que las bacterias adquieran resistencia a los antimicrobianos. Esta resistencia puede ser transmitida a otras bacterias. Algunas de estas son *Escherichia coli* y *Salmonella*. Otros problemas que también pueden derivarse de esta práctica es que la presencia de residuos en la carne de animales de abasto puede provocar que personas sensibles presenten urticaria y otros procesos alérgicos.⁷¹

Dado que el uso inadecuado de estas sustancias trae consecuencias negativas, han sido establecidos Límites Máximos Permitidos (LMP) para su uso en la producción animal. La violación de estos límites sólo puede ser demostrada con análisis de los alimentos en el laboratorio.⁷¹

En los programas de monitoreo se ha podido determinar que la mayoría de las violaciones de los LMP se deben a la utilización de dosis excesivas, particularmente sulfonamidas y antibióticos para prevenir o tratar infecciones bacterianas. Otra causa recurrente de niveles violatorios de residuos en el ganado se debe a que no se cumple adecuadamente el tiempo de retiro que permite la eliminación de la sustancia del organismo animal.⁷¹

La especie en la que con mayor frecuencia se detectan residuos es la porcina, los cerdos han mostrado mayor incidencia de sulfas dado el intenso uso de la sulfametazina y sulfadimetoxina durante su producción. Las sulfonamidas son antibióticos sintéticos que se han utilizado desde 1932 en la reducción de enfermedades infecciosas y mortalidad en humanos y animales. Se cree que las sulfonamidas promueven el crecimiento animal y mejoran la eficiencia alimentaria, por lo que se emplean principalmente como aditivos a niveles subterapéuticos en las dietas de los animales.⁸²

Dentro de esta familia de antibióticos, la sulfametazina (SMZ) representa una de las más empleadas, además de que se le ha identificado como la de mayor residualidad en tejidos animales. En la región noroeste de México, 7% de los tejidos porcinos analizados en la última década resultaron positivos a sulfonamidas, entre éstas predominó la sulfametazina.⁸²

Las agencias reguladoras de diversos países, entre ellos México, han establecido un valor máximo residual de 0.1 mg de sulfametazina / kg de tejido, como límite de tolerancia. Asimismo, en EUA se establece un tiempo de retiro para SMZ de 15 días.

Los estudios sobre SMZ se han llevado a cabo principalmente en carne cruda, debido a los escasos estudios válidos se desconoce la magnitud del problema de los residuos de sulfametazina en los

alimentos de consumo humano. La carne puede destinarse al consumo directo tras aplicarle un tratamiento térmico, o usarse como materia prima en la fabricación de subproductos.⁸²

Los tejidos musculares utilizados en las pruebas del estudio realizado sobre la estabilidad de la sulfametazina en carne y productos cárnicos de cerdo tratados térmicamente se obtuvieron de cerdos alimentados con dieta comercial adicionada con sulfametazina en concentración similar a la empleada en las prácticas veterinarias dentro de la industria porcina, que son los niveles permitidos en EUA. En México no se cuenta con regulaciones respecto de las dosis de antibióticos que pueden adicionarse en el alimento para animales. El estudio tenía como finalidad conocer el efecto de los tratamientos térmicos y de elaboración de productos cárnicos en el mantenimiento de los niveles de SMZ en músculo de porcino y se encontró que la sulfametazina residual contenida en los tejidos crudos mostró valores iniciales variables entre los diferentes animales, debido a la propia variabilidad entre organismos, ese aspecto está documentado para distintas especies. Sin embargo, estas concentraciones se mantuvieron estables en su mayoría antes los diferentes tratamientos de calor. La estabilidad encontrada fue similar a la descrita por diferentes autores como Fischer et al, tras someter a diferentes tratamientos térmicos carne de cerdo contaminada con dosis intramuscular de sulfametazina, concluyendo que el antibiótico es estable a altas temperaturas.

La estabilidad presentada por el antibiótico frente a los cambios de temperatura, indica que el consumidor se expone a concentraciones de SMZ similares a las contenidas en el tejido crudo, lo que puede representar un riesgo en la población general, por lo que destaca la importancia de mantener los residuos de sulfametazina en carne de cerdo, al menos por debajo del límite máximo permitido con la normatividad.⁸²

14.4 Residuos tóxicos que se consideran dañinos para el humano

De acuerdo a la Normatividad Mexicana³ relacionada con detección de residuos tóxicos en el producto los diferentes elementos, compuestos y familias químicas presentan efectos nocivos relacionados con sus características estructurales, los cuales provocan daños potenciales por consumirlos en alimentos cárnicos que los contengan y que son:

Residuo Tóxico	¿Cómo afecta al consumidor?
Antibióticos	La aplicación de antibióticos en concentraciones subterapéuticas para mejorar la conversión alimenticia o como promotores de crecimiento en los animales, conlleva el riesgo de poner en peligro la vida del consumidor de los productos de origen animal o la salud de éste, ya sea por una reacción de hipersensibilidad, un efecto específico o por el desarrollo y transmisión de organismos patógenos resistentes a la terapia con antibióticos.
Arsénico	Los compuestos arsenicales se utilizan en medicina humana o veterinaria como tónicos, herbicidas, pesticidas, agentes antimicrobianos o como promotores de crecimiento. Su uso se ha correlacionado con el desarrollo de cáncer en hígado, pulmón y piel.
Bencimidazoles	Son compuestos usados para la eliminación de parásitos gastrointestinales y pulmonares, en diferentes especies animales. En humanos provocan anorexia, náuseas, vómito y mareo; algunas veces llegan a ocasionar diarrea, gastritis y dolor de cabeza.
Cadmio	Es un elemento que puede producir un incremento de la salivación, vómito, dolor abdominal, anemia, disfunción renal y diarrea.
Cloranfenicol	Es un compuesto antimicrobiano, su peligrosidad radica en que produce anemia aplásica en individuos susceptibles, cuyo efecto no está

	relacionado a la dosis ingerida.
Dietilestilbestrol (DES)	Este es un compuesto estrogénico usado para aumentar la eficiencia de la conversión alimenticia y la ganancia de peso. Su uso fue descontinuado en 1979 debido a que se relacionó al desarrollo de cáncer en humanos.
Ivermectinas	Son compuestos macrocíclicos de lactosa que se emplean en contra de una amplia variedad de nemátodos y parásitos artrópodos.
Mercurio	Este es un elemento que se encuentra en compuestos fungicidas, antisépticos o corrosivos, como el cloruro mercúrico y es un veneno acumulativo.
Plaguicidas organoclorados (OCL), organofosforados y bifenilos policlorados (PCB)	Muchos de estos compuestos son pesticidas potentes y persistentes, que pueden causar efectos teratogénicos, cancerígenos y la bioacumulación en el organismo puede ser de 10 a 30 veces mayor que lo ingerido en el alimento. Su metabolismo y eliminación es lento y el tiempo de vida media de estos compuestos puede ser de varios meses en los mamíferos o hasta varios años en suelos áridos.
Plomo	Es un elemento usado entre otros, en pinturas, baterías y pesticidas, además de ser un contaminante industrial. Este elemento puede causar anorexia, vómito, malestar y convulsiones, debido al incremento de la presión intracraneal, pérdida de peso en niños, debilidad y anemia.
Sulfonamidas	Son agentes antibacterianos cuyos efectos adversos pueden ser reacciones de hipersensibilidad como: urticaria, angiodema, anafilaxia, pápulas en la piel, fiebre, poliartritis, anemia hemolítica y agranulocitosis; también pueden causar cristaluria con hematuria.

14.4.1 Antibióticos

La aplicación de antibióticos y sulfamidas para el control de enfermedades en animales domésticos es una práctica habitual desde que se descubrieron estos antimicrobianos, contribuyendo significativamente en el control de enfermedades de los porcinos. Posteriormente se han descubierto otros usos de los antibióticos, entre los que destaca su aplicación como promotores del crecimiento, especialmente en la crianza intensiva de animales de carne.

El uso masivo e indiscriminado de antimicrobianos trae consigo algunas consecuencias negativas como es la generación de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos⁸⁵ y la presencia de residuos en los productos destinados a consumo humano, especialmente huevos, leche y carne⁸⁶.

Al ser consumidas por el ser humano pequeñas dosis de antimicrobianos presentes en los alimentos, se puede producir hipersensibilidad, de manera que al tratar a las personas sensibles con el antibiótico respectivo se presentan reacciones adversas que van desde un simple prurito hasta el shock anafiláctico⁸⁶. Es por ello que en países desarrollados de Europa y de Norteamérica existe preocupación por la detección de residuos de antimicrobianos en alimentos de origen animal.⁸⁷ Si bien existen diversas metodologías de análisis cuantitativo para la detección de inhibidores bacterianos en alimentos, como método de control de rutina se prefiere la aplicación de técnicas microbiológicas de tipo cualitativo que no pretenden más que indicar la presencia o ausencia de algún inhibidor bacteriano. Estas técnicas se han perfeccionado constantemente con el fin de asegurar una sensibilidad tal que la ausencia de inhibidores detectables asegure la inocuidad del alimento⁸⁸.

14.4.2 Arsénico

Posiblemente sea el mineral más conocido popularmente como tóxico. Su forma inorgánica es la más tóxica. En diversos países existen límites fijados de toxicidad en agua, así la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA) fija en 50 µg/l el contenido del agua potable, pues está probado el riesgo de cáncer en poblaciones de Chile, Argentina, y Taiwan donde los niveles en agua son elevados.⁸⁴ En alimentación animal la principal fuente de arsénico era en el pasado los tratamientos o factores de crecimiento que contenían ácido arsanílico, pero en la actualidad al estar retirados del mercado, las fuentes más importantes son aguas contaminadas, vegetales cultivados en suelos contaminados y pescados. Los niveles de tolerancia para los animales domésticos son de 50 mg/kg, claramente superiores a los considerados para un agua potable y los permitidos por la legislación europea. El arsénico se acumula lentamente, pues si bien la absorción es elevada, se excreta en orina. Para la EPA (1998) los problemas de arsénico para humanos pueden estar asociados con aguas y pescados, pero raramente con productos de animales domésticos.

14.4.3 Residuos de antihelmínticos (Bencimidazoles e Ivermectinas)

Antihelmínticos, destinados a tratar las parasitosis, son moléculas o formas nuevas de administración que han permitido mejorar la productividad de los animales proveedores de alimentos para el hombre, especialmente de carne y leche. Los benzimidazoles, avermectinas, piretroides y los métodos de tratamiento intrarruminal son ejemplos de la incorporación tecnológica a la producción animal. El uso de estos compuestos hace que tomen contacto con diferentes tejidos comestibles de los animales, exponiendo así al hombre. Por lo tanto, es importante que se respeten los tiempos indicados, entre que se suprime la administración del compuesto a los animales y su faena u ordeña (período de retiro o supresión), para garantizar que los alimentos para consumo humano no contengan residuos por encima de los LMR.¹⁴⁴

La familia de los bencimidazoles y la de las avermectinas presentan diferencias desde el punto de vista del potencial riesgo de sus residuos debidos a la diferente naturaleza química de sus moléculas. Estas se biotransforman y metabolizan de manera distinta y podemos puntualizar algunas características generales:

14.4.3.1 Bencimidazoles

Cinética de eliminación rápida, baja proporción de la droga madre y varios metabolitos en alta proporción, residuos parcialmente extractibles y alta proporción de residuos ligados con baja disponibilidad, baja toxicidad de sus residuos, acumulación en hígado

Los efectos agudos en el humano son que afectan el sistema nervioso central, es tóxico para el hígado además de producir alergias e irritaciones a la piel. Sensibilización cutánea, exantema, reacción fotoalérgicas. Es altamente tóxico y según el último informe de la Academia de Ciencias de EUA se clasifico como uno de los 12 químicos responsables del 98% del riesgo de cáncer en ese país. Según estudios en ratas ha demostrado ser mutagénico, teratogénico y cancerígeno.

14.4.3.2 Avermectinas

Cinética de eliminación lenta, alta proporción de la droga madre y pocos metabolitos en baja proporción, residuos totalmente extraíbles y ausencia de residuos ligados, baja toxicidad de sus residuos, acumulación en grasa e hígado.

14.4.4 Cadmio

El cadmio puede acumularse en el cuerpo humano, especialmente en el riñón, pues su eliminación es muy lenta y puede provocar afecciones renales, alteraciones óseas y fallos del aparato reproductor. No puede descartarse que actúe como carcinógeno. En su dictamen de 2 de junio de 1995, el SCF recomendó que se realizaran mayores esfuerzos para reducir la exposición de cadmio en la dieta, puesto que los productos alimenticios son la principal fuente de ingestión humana de cadmio (Reglamento 466/2001).

Aproximadamente se absorbe un 5% del cadmio presente en los alimentos. Este porcentaje puede alcanzar el 15% si hay deficiencia de hierro. En riñón puede concentrarse hasta el 85% de la carga corporal de cadmio. Se considera que el riñón es el órgano diana crítico tanto en la población general como en poblaciones expuestas.¹⁴⁵

La absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes,¹⁴⁷ donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1%, pero la retención en el organismo es muy elevada, particularmente en los riñones, donde la vida media puede ser de varios años en rumiantes. En animales de abasto donde el tiempo de crianza es muy reducido, particularmente en monogástricos, las acumulaciones de cadmio serán muy reducidas con prácticas normales de manejo.

El cadmio se encuentra presente en la mayoría de los alimentos siendo más abundante en moluscos bivalvos, y dentro de la carne en hígados y en riñones. Lo que preocupa a las autoridades sanitarias es precisamente que el cadmio se encuentre en la mayoría de los alimentos pues si bien las cantidades son pequeñas, al tener la particularidad de que su eliminación muy lenta del organismo, es necesario limitar mucho las cantidades de ingestión diaria para evitar efectos perniciosos a largo plazo. Por esta razón es uno de los metales que posiblemente preocupe más su control en la actualidad.

Los niveles máximos tolerables de consumo diario de cadmio son 68 µg/persona/día para un peso de 68 kg.¹⁴⁵ En el entorno occidental los valores de ingesta diaria varían entre los 10 µg/día para Finlandia y los 18 de Reino Unido, Bélgica, República Checa, los 11 ya citados del País Vasco, 12 de EUA y sobresale Japón con 35 g/d.

De acuerdo al estudio realizado en Metales Pesado en Alimentación Animal, se incluye una encuesta en donde se pone de manifiesto la importancia del aporte de los vegetales, en particular las patatas, le siguen los pescados y por último, los aportes de las carnes al total de la dieta son relativamente bajas, del orden del 9% (Imagen 1).

Una primera aproximación para el control del cadmio en las fábricas de piensos sería establecer un plan rutinario de análisis de piensos, que sean representativos de todas las materias primas utilizadas en la fábrica, de esta forma nos aseguramos con relativamente pocos análisis que los niveles de cadmio son correctos. También sería conveniente analizar los fosfatos.

14.4.5 Antimicrobianos (Cloranfenicol)

El riesgo más grande para la salud de los consumidores que implica la utilización de antibióticos en animales no está dado por los residuos, sino por el desarrollo de resistencias en bacterias de los mismos animales. Estas resistencias pueden, por supuesto, dar lugar a fallos terapéuticos en tratamientos veterinarios, y al riesgo de transferencia de bacterias resistentes de los animales al hombre, o de genes portadores de información que codifica resistencia de bacterias de animales a bacterias humanas

Como mencionáramos al inicio de esta sección, la resistencia bacteriana ha sido asociada largamente a la presencia de residuos de antibióticos en alimentos humanos. Sin embargo, y pensando lógicamente, las concentraciones residuales de antibióticos presentes en alimentos provenientes de animales tratados, difícilmente sean capaces de seleccionar bacterias resistentes, dado que a tan bajas concentraciones los antibióticos no pueden actuar sobre microorganismos resistentes ni sensibles. Especialmente cuando esas concentraciones se encuentran por debajo del NMEL.

La resistencia bacteriana es un problema gravísimo que representa una preocupación mundial, que se produce por múltiples causas, que probablemente sea inevitable y con la que tenemos que lidiar en forma multidisciplinaria a efectos de limitar su emergencia y paliar sus efectos al máximo.

El cloranfenicol es capaz de dar lugar a problemas tóxicos a dosis probablemente muy bajas. El cloranfenicol es capaz de producir dos tipos de manifestaciones toxicológicas:

- a. Una mielo depresión, dosis dependiente que se presenta en el curso de un tratamiento con la droga y
- b. Una anemia aplásica, que es dosis independiente, que desarrolla en individuos susceptibles, y que es irreversible una vez instalada.

Los derivados fenicoles tianfenicol y florfenicol, si bien pueden generar algún tipo de mielo depresión dosis dependiente, que cede al suprimir el tratamiento o bajar la dosis, no son capaces de producir la anemia aplásica que puede producir el cloranfenicol. Esta es la razón de que el cloranfenicol haya sido prohibido en algunos países, pero no haya ocurrido lo mismo con los otros fenicoles.

14.4.6 Mercurio

El metilmercurio puede provocar alteraciones del desarrollo normal del cerebro de los lactantes y a niveles más elevados, puede causar modificaciones neurológicas en los adultos. El mercurio inorgánico es muy poco tóxico, pero es transformado en la cadena trófica marina en metilmercurio que sí es muy tóxico. El mercurio contamina principalmente el pescado y los productos de la pesca, por este motivo,

las limitaciones para mercurio del Reglamento 466/2001, se establecen únicamente para pescados y no para el resto de productos animales.

Así la encuesta CAPV(1997) cita como la principal y prácticamente única fuente de ingesta de mercurio el pescado, siendo los valores de ingesta de mercurio en el País Vasco de 18 µg/persona y día, mientras que en países de muy bajo consumo de pescado como Holanda o República Checa estos valores son de 0,7 µg/persona y día.

Las harinas de pescado son la única vía probable de entrada de mercurio en la cadena alimenticia a través de los animales terrestres al ser una fuente de mercurio orgánico que se absorbe y acumula en músculo en porcentajes elevados,¹⁴⁷ por esta razón es importante asegurar que las harinas de pescado que se utilizan en alimentación animal cumplen con los máximos legales.

14.4.7 Plomo

La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública. El plomo puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. En los diez últimos años, los contenidos de plomo de los productos alimenticios se redujeron sensiblemente porque aumentó la sensibilización ante el problema sanitario que puede representar el plomo y por los esfuerzos realizados para reducir la emisión de plomo en su origen. En el dictamen de 19 de junio de 1992, el SCF establecía que el contenido medio de plomo de los productos alimenticios no parece ser causa de alarma pero que debe proseguirse la acción a largo plazo con el objetivo de continuar reduciendo los contenidos medios de plomo en los productos alimenticios.^{83,146}

La absorción de plomo por vía oral es cercana al 10% en adultos y se incrementa hasta el 50% en niños.¹⁴⁶ El plomo absorbido se distribuye en distintos órganos y tejidos como riñón, hígado, encéfalo y huesos. Dada su similitud con el calcio, el mayor depósito de plomo se localiza en el tejido óseo.

Los contenidos en plomo de los suelos son relativamente bajos y la absorción por las plantas es relativamente baja, salvo que los suelos estén contaminados. Una de las principales fuentes de contaminación del medioambiente son las gasolinas con plomo, lo que puede representar una vía importante de entrada en la cadena alimenticia al consumir los animales cultivos de áreas contaminadas. Otra posible fuente de entrada son las pinturas de las instalaciones ganaderas, que puedan ser lamidas por los animales.

La absorción de plomo por los animales es baja, inferior al 1%¹⁴⁷ parece existir un cierto mecanismo de regulación de forma que al aumentar la exposición a fuentes de plomo, no aumenta linealmente la retención en el organismo.

Exposiciones crónicas a bajos niveles de plomo no causan síntomas clínicos en vacuno, porque los huesos secuestran el plomo y lo liberan lentamente a sangre para que sea excretado (NRC, 2001).

El plomo se acumula más en huesos que en tejidos blandos, por esta razón los aportes de las carnes en plomo a la dieta son muy bajos.

Los valores tolerables de ingesta diaria de plomo son de 243 µg/persona y día. Los valores actuales en nuestro entorno de ingesta diaria de plomo oscilan entre los 28-29 µg/persona y día del País Vasco, Alemania, Reino Unido y Holanda, hasta los 7 µg/persona y día de EE UU.

14.4.8 Anabólico (Dietilestilbestrol)

Es una sustancia capaz de mejorar el balance de nitrógeno, produciendo un aumento en la ganancia de peso, mejora en la conversión del alimento en el animal y aumento notable en el rendimiento del proceso de biosíntesis de proteínas.

Las hormonas sexuales tienen un papel importante en el crecimiento celular del músculo y en el aumento de la eficacia en el ciclo metabólico del nitrógeno. Por lo tanto, son aquellas sustancias capaces de incrementar la retención de nitrógeno, aumentando la acumulación de proteína en los animales. Se clasifican desde el punto de vista bioquímico en tres grandes grupos: hormonas naturales (esteroides como el 17 β-estradiol, la testosterona, la progesterona), estilbenos (dietilestilbestrol -DES), hexestrol, dienestrol, que son estrógenos sintéticos, presentan alto riesgo por su alto poder estrogénico y están prohibidos en casi todos los países del mundo, y xenobióticos "no estilbénicos" (zeranol, trembolona).¹⁴⁴

Cada anabólico debe ser administrado en las dosis recomendadas y aprobadas por la SAGARPA. Una dosis mayor no produce mayores beneficios; por el contrario, ocasionar animales con mayor nivel de residuos, y compromete su comercialización.

El anabólico se metaboliza principalmente en el hígado, y su mayor parte se elimina por heces y orina, quedando una pequeña cantidad acumulada en los tejidos comestibles del animal, hígado, riñones y músculos cercanos a la zona de aplicación, residuo que va disminuyendo lentamente.

Si se utilizan sólo los formulados en base a los tres principios activos aprobados en nuestro país, zeranol, acetato de trembolona y nandrolona, y se respetan las instrucciones de uso, sus residuos en el animal no presentan riesgos para la salud de los consumidores ni ocasionan inconvenientes para la comercialización de los productos cárnicos a EUA y otros mercados, a excepción de la CEE, la cual por la Directiva 649/85 prohibió el uso de sustancias hormonales para el crecimiento desde el 1/1/88. En el caso de los anabólicos aceptados, puede llegar a detectarse residuos superiores a los permitidos. Otra trasgresión es el uso de dietilestilbestrol (DES), anabólico prohibido mundialmente debido a su probada toxicidad. Se ha comprobado que aun después de 6 meses de haber sido implantados novillos con una dosis de 30 mg de DES, los residuos del anabólico eran detectables en los tejidos comestibles, haciendo imposible su comercialización.

15. Métodos de Análisis para el control de residuos

En el análisis de residuos el inconveniente suele radicar en que no se conoce cuáles sustancias contiene la muestra problema y las concentraciones presentes generalmente son muy bajas. Cada laboratorio debe escoger el método mas adecuado para sus necesidades concretas.

Actualmente existe un número limitado de procedimientos analíticos validados, por lo que es necesario continuar desarrollando métodos para la determinación de este tipo de compuestos. Entre las técnicas más aceptadas para el análisis de residuos se encuentran: inmunoensayos, cromatografía de capa fina, cromatografía líquida, cromatografía de gases, espectrometría de gases, espectrometría de masas, espectrometría, o cualquier método analítico que satisfaga los criterios que se especifican.

Los inmunoensayos son específicos, sensibles, fáciles de utilizar y relativamente de bajo costo. Comparados con las técnicas cromatográficas, éstos son en general más ventajosos, ya que un gran número de muestras puede ser analizado, además de que no requiere de instrumentación sofisticada y es necesario sólo el mínimo de solventes.¹⁴⁸ Entre estos métodos están ELISA o el uso de anticuerpos recombinantes en biosensores.^{100,149}

El límite de detección o el límite de determinación y la sensibilidad deberán ser adecuados a los fines que se buscan. Los límites de detección o el límite de determinación y la sensibilidad deberán ser adecuados a los fines que se buscan. Los límites analíticos deben estar en relación con los niveles de residuos permitidos. Para sustancias cuyo uso no esté autorizado, el límite de detección del método deberá ser lo suficientemente bajo para poder detectar hasta con un 95% de probabilidad los niveles de residuos que cabe esperar tras un uso ilegal de estas sustancias. En el caso de sustancias para las que se ha establecido un límite máximo residual (LMR), el límite de determinación del método no deberá superar este LMR establecido más tres veces su desviación estándar.¹⁴⁹ El límite máximo residual que está establecido por cada país puede causar conflictos legales entre países, porque los niveles aceptados por uno pueden ser inaceptables por otros. Este problema ha mostrado la necesidad de armonizar los diferentes LMR, y es el objetivo de diferentes organizaciones internacionales, como son la Unión Europea (UE), el Codex Alimentarius de la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los animales o productos que se presenten a los establecimientos para ser sacrificados o procesados, así como los productos cárnicos de importación, deberán someterse a muestreo y análisis de laboratorio para la detección de residuos tóxicos³.

En la tabla 2 se muestran los principales residuos químicos que se analizan, en qué tejido y la técnica empleada. Existe una Norma Oficial Mexicana (NOM-133-ECOL-2000) para las especificaciones de manejo de los bifenilos policlorados, entre los que se incluyen: aceclor, apirolo, aroclor, asbestol, askarel, por citar algunos. Otras reglamentaciones que existen son las siguientes:

El *Codex Alimentarius* contempla en el Volumen 14 de 1995, los límites máximos para residuos de plaguicidas, y los niveles máximos para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos.

La Comunidad Europea tiene un reglamento por el que se establecen los límites máximos de residuos de medicamentos en alimentos de origen animal (2377/90).

Tabla 4. Fuente NOM-EM-003-ZOO-1994

COMPUESTOS	TEJIDOS	METODOS
ANABOLICOS	HIGADO, RIÑON Y MUSCULO	✓EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO ✓CROMATOGRAFIA DE GASES ✓ESPECTROMETRIA DE MASAS
ANTIBIOTICOS	HIGADO, RIÑON Y MUSCULO	✓PRUEBA DE TORUNDA
CLORANFENICOL	MUSCULO	✓EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO ✓CROMATOGRAFIA DE GASES
SULFONAMIDAS	HIGADO	✓EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO ✓CROMATOGRAFIA EN CAPA FINA
ORGANOCORADOS	GRASA	✓CROMATOGRAFIA EN COLUMNA ✓CROMATOGRAFIA DE GASES
BIFENILOS POLICLORADOS	GRASA	✓CROMATOGRAFIA EN COLUMNA
ORGANOFOSFORADOS	HIGADO	✓EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO ✓CROMATOGRAFIA DE GASES
ARSENICO	HIGADO, RIÑON Y MUSCULO	✓DIGESTION SECA ✓GENERACION DE HIDRUROS ✓ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA
MERCURIO	HIGADO, RIÑON Y MUSCULO	✓DIGESTION HUMEDA, ✓GENERACION DE HIDRUROS ✓E. DE ABSORCION ATOMICA
ELEMENTOS TRAZA (Cu, Cd, Pb)	HIGADO, RIÑON Y MUSCULO	✓DIGESTION SECA ✓ESPECTROFOTOMETRIA DE A. ATOMICA
IDENTIFICACION DE ESPECIE	MUSCULO	✓INMUNODIFUSION EN GEL
BENCIMIDAZOLES	HIGADO	✓EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO ✓CROMATOGRAFIA DE LIQUIDOS
IVERMECTINAS	HIGADO	✓CROMATOGRAFIA DE LIQUIDOS

¿Por qué se determina en hígado, riñón y músculo?

Desde el punto de vista de la salud pública, es importante conocer la persistencia de los residuos tóxicos a nivel de tejidos comestibles en animales de consumo humano, en este caso en particular, el cerdo.

Es por esto que a continuación se explicara porque es importante analizar los órganos antes mencionados para su detección:

▪ Hígado

El hígado es el principal órgano donde se metabolizan los fármacos; los sistemas enzimáticos microsomaes hepáticos regulan diversidad de reacciones oxidativas y de conjugación.

El *metabolismo* (biotransformación) de fármacos se realiza, en gran parte, en el hígado. En este órgano (sistema microsomal) hay reacciones químicas que convierten el fármaco en una sustancia menos soluble y más ionizada, por lo tanto, menos absorbible y menos reutilizable aunque puede darse el caso de una transformación metabólica necesaria para que ocurra el efecto biológico. Se habla entonces de un proceso de bioactivación. El metabolismo medicamentoso puede inhibirse o estimularse debido a enfermedades sistémicas y locales, malformaciones o exposición previa a otros fármacos.⁸⁹

▪ Riñón

La *excreción renal* de fármacos representa el mecanismo predominante de eliminación. Las diferentes porciones de la nefrona, unidad funcional del riñón, realizan funciones de filtración, secreción y excreción diferencial las cuales pueden alterarse por cambios fisiológicos o patológicos.

⁸⁹

Para la mayoría de los antibióticos el órgano de excreción es el riñón y, por ende, es factible que aún se encuentre en él, cuando ya ha desaparecido de la musculatura.^{88, 90.} A este respecto los especialistas⁹¹ agregan que la concentración de residuos varía mucho de un tejido a otro, siendo mayor en los tejidos de reserva, como son la grasa corporal o en los órganos que los metabolizan y excretan activamente como son riñón e hígado.

16. Criterios del Codex para el establecimiento de Límites Máximos De Residuos (LMR)

El Análisis de residuos tóxicos tiene como finalidad detectar la presencia de contaminantes tóxicos como plaguicidas, antibióticos, sulfonamidas en muestras de huevo, carne de conejo, productos cárnicos procesados y leche.

La presencia de sustancias químicas en los alimentos es, sin duda, uno de los grandes desafíos del siglo XXI que afrontan los países exportadores de alimentos para participar en mercados cada vez más globalizados. Cabe destacar que en los últimos años las causas de los rechazos efectuados por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) a las importaciones provenientes de diversos países del mundo fueron debidas 5% a aditivos, 8% a residuos de plaguicidas y 4% a metales pesados. Para las importaciones provenientes de América Latina los rechazos ascienden a 21 % por residuos de plaguicidas y 11 % por metales pesados, mientras que para aditivos baja a 1.5%. (FAO, 2002).

16.1 Micotoxinas

En los últimos años se han elaborado varios enfoques relacionados entre sí para evaluar los peligros, vigilar e evaluar la exposición y determinar los riesgos asociados. Es necesario que este proceso sea transparente a la hora de declarar los peligros y la necesidad de una gestión de los riesgos y una intervención. Para ello la evaluación de riesgos propuesta por el Codex Alimentarius proporciona el fundamento y los conceptos científicos necesarios para adoptar decisiones normativas acertadas que protejan al público con un costo asequible y permitan un debate, supervisión y armonización internacionales.

Teniendo en cuenta en cuenta las diferencias en la importancia de los efectos biológicos y los datos disponibles, no hay en la actualidad un único enfoque que pueda aplicarse a todos los problemas relacionados con las micotoxinas, por lo que es necesario examinar cada caso por separado. Hasta la fecha, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) ha evaluado tres micotoxinas (las aflatoxinas B, G y M), la patulina y las fumonisinas. Los tricotecenos y la zearalenona serán evaluados en los próximos periodos de sesiones del JECFA; la ocratoxina A será objeto de una reevaluación.

Diversos cereales y otros cultivos son vulnerables al ataque de los hongos tanto en el campo como durante el almacenamiento, ellos pueden producir micotoxinas como metabolitos secundarios. Su nivel en los alimentos puede variar de un año a otro por factores ambientales. Como la exposición a estas sustancias se registra en todo el mundo y muchos de los suministros mundiales están contaminados, se hace necesaria la vigilancia en las zonas donde se sabe que existen problemas.

La estrategia preferida para controlar la contaminación por micotoxinas es un enfoque polifacético integrado. La estrategia de precosecha o poscosecha más adecuada dependerá de las condiciones climáticas de ese determinado año. El conocer los factores medioambientales que fomentan la infección, el desarrollo y la producción de toxinas es el primer paso para un plan eficaz encaminado a reducir al mínimo las micotoxinas en los alimentos y los piensos. Además, se ha dedicado gran esfuerzo a mejorar y asegurar la calidad de los datos analíticos de micotoxinas, puesto que esos datos sirven para la evaluación de riesgos de exposición mediante la vigilancia de los alimentos, para su control (vigilancia reglamentaria) o para normas de seguimiento a fines comerciales. Además, presentan una problemática analítica peculiar en lo que se refiere a obtener muestras auténticamente representativas y en los límites reglamentarios de control ($\mu\text{g}/\text{kg}$ o menores). Diversos planes de muestreo se han propuesto, dependiendo si son con fines de control de calidad o que sirvan para hacer cumplir una norma, debiendo asegurarse que se basen en principios estadísticos sólidos, pero teniendo en cuenta consideraciones de orden práctico, para ello se cuenta con una orientación general de la norma de muestreo del Codex Alimentarius.

Durante los años ochenta y noventa se han elaborado varios informes internacionales sobre legislación de las micotoxinas y los piensos animales, en que se detallan tolerancias y protocolos oficiales de análisis y muestreo. Actualmente 77 países cuentan con reglamentaciones específicas, 13 países no

tienen ninguna reglamentación específica y sobre otros 50, la mayoría africanos, no se dispone de información.

Se han considerado diversos factores que influyen en el establecimiento de la reglamentación de las micotoxinas, tanto de índole científica, como no científica, tales como:

- Disponibilidad de datos toxicológicos
- Disponibilidad de datos sobre la presencia de micotoxinas en varios productos básicos
- Conocimiento de la distribución de las concentraciones de micotoxinas en los lotes
- Disponibilidad de métodos analíticos
- Legislación en otros países con los que existen contactos comerciales
- Necesidad de abastecimiento de alimentos suficiente

El Comité del Codex sobre Aditivos y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC) está estudiando un anteproyecto de Código de prácticas para prevenir (reducir) la contaminación de los cereales por micotoxinas, con anexos sobre ocratoxina A, zearalenona, fumonisina y tricotecenos, en que se indican buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) antes de la recolección, durante la recolección, durante el almacenamiento, durante el almacenamiento y un sistema de gestión complementario que ha considerarse a futuro aplicando el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP).¹⁴⁴

16.2 Medicamentos de uso veterinario

En el caso de los residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos, el JECFA:

- elabora principios para evaluar su inocuidad
- establece las IDA y recomienda límites máximos de residuos (LMR);
- determina los criterios para establecer los métodos adecuados de análisis a fin de detectar y/o cuantificar los residuos en los alimentos.

Se evalúan los datos sobre buenas prácticas veterinarias y se recomiendan el respectivo límite máximo para residuos de medicamentos veterinarios (LMRMV), que es la concentración máxima de residuos resultante del uso de un medicamento veterinario (expresada en mg/kg o ug/kg del peso del producto fresco) que se recomienda como legalmente permisible o reconoce como aceptable dentro de un alimento o en la superficie del mismo.

La finalidad de estos LMRMV es asegurar que cuando el medicamento se utiliza adecuadamente, la ingestión de residuos del medicamento presente en los alimentos probablemente no superará la IDA correspondiente.

En reuniones conjuntas de JECFA y JMPR se ha armonizado el establecimiento de LMR para compuestos utilizados como plaguicidas y como medicamentos veterinario, con el objeto de estandarizar los tipos de muestras, la porción de la muestra a analizar y los métodos analíticos. También se refieren a aquellas circunstancias en las que el consumidor pudiera verse expuesto de forma simultánea a residuos de una sustancia utilizada como protector de cultivos y fármaco veterinario, en tal caso la IDA debería aplicarse a ambos usos.

16.3 Plaguicidas

No basta que un alimentos no contenga plaguicidas en altas concentraciones capaces de causar intoxicaciones (agudas), sino que no deben excederse los límites máximos para residuos de plaguicidas (LMR), es decir, la concentración máxima de residuos de un plaguicida (expresada en mg/kg), recomendada por la Comisión del Codex Alimentarius, para que se permita legalmente su uso en la superficie o la parte interna de productos alimenticios para consumo humano y de piensos. Se basa en datos de las buenas prácticas agrícolas (BPA) y tienen por objeto lograr que los alimentos derivados de productos básicos que se ajustan a los LMR sean toxicológicamente aceptables.

Los LMR del Codex, que se destinan principalmente a productos que circulan en el comercio internacional, se obtienen basándose en estimaciones hechas por la JMPR, después de:

- la evaluación toxicológica del plaguicida y su residuo; y
- el examen de datos de residuos obtenidos por ensayos supervisados, en particular usos que se ajustan a las buenas prácticas agrícolas nacionales.

En el examen se incluyen datos de ensayos supervisados realizados a la concentración de uso más elevada recomendada, autorizada o registrada en el país. Para tener en cuenta las variaciones introducidas en los requisitos nacionales de control de plagas, en los LMR del Codex se consideran los

niveles más elevados observados en tales ensayos supervisados, que se estima representan las prácticas efectivas de control de plagas.

Dicho control se concreta si se cuenta con metodologías analíticas que puedan identificar y cuantificar los residuos de plaguicidas en un determinado alimento, productos agrícola o alimento para animales, con un grado aceptable de certeza, lo que requiere contar con laboratorios de alta complejidad, analistas capacitados y sistemas de aseguramiento de la calidad que incluya la validación de los métodos utilizados. (FAO, 2002).

Al sitio del JECFA se puede acceder desde la dirección www.fao.org., luego hacer un clic en "Nutrition" y de ahí acceder a JECFA. También se puede acceder directamente por <<http://www.fao.org/es/ESN/Jecfa/Jecfa.htm>>. En el caso del sitio del JMPR se accede por www.fao.org., y de ahí se utiliza el enlace con otros organismos, donde aparecen JMPR y también JECFA y OMC entre otros

17. Normatividad relacionada con detección de residuos tóxicos en carne

En el Programa Nacional de Control de Residuos Tóxico, Biológicos y Contaminantes, publicado en el Diario Oficial de la Federación en enero de 1984, contiene las normas oficiales mexicanas al respecto con la finalidad de diagnosticar y prevenir la presencia de residuos tóxicos y sus metabolitos en productos de origen animal destinados al consumo humano.⁷¹ Si desea conocer más sobre el Programa Nacional dar clic aquí.

La dependencia de la Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria directamente involucrada es la Dirección General de Salud Animal, misma que para cumplir con el programa cuenta con dos sistemas:

1. El de inspección de la carne, a cargo de la Dirección de Servicios y Registros Zoonosanitarios que, desde su Departamento de Plantas Tipo Inspección Federal (TIF), regula la aplicación del programa en este tipo de establecimientos.⁷¹
2. En la determinación de residuos tóxicos, a través del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA) el cual presenta dentro de sus funciones y objetivos contempla la planeación, organización, ejecución y evaluación de los estudios diagnósticos de referencia de las principales parasitosis que afectan a los animales, además de normar y aplicar lo relativo a la constatación de parasiticidad, productos químico-farmacéuticos y alimentos de uso veterinario y detección y cuantificación de residuos tóxicos en tejidos animales.⁷¹

Actualmente en México, la NOM-004-ZOO-1994 es de observancia en todo el territorio nacional y tiene por objeto establecer los límites máximos permisibles de residuos tóxicos y procedimiento de muestreo y es aplicable a la grasa, hígado, músculo y riñón en porcinos, aves, bovinos, caprinos, ovinos provenientes de establecimientos de sacrificio ubicados en el país, o de una planta aprobada cuando éstos sean de importación. Posteriormente derivaron una serie de normas que establecen los métodos que deberán aplicarse en los laboratorios que participen en el programa nacional para la cuantificación de casa uno de los compuestos, generándose así una serie de normas oficiales para las diferentes sustancias tóxicas.⁷¹

NOTA: Debido a que la Norma actualmente se esta modificando se sugiere que se revise el portal de la Secretaría de Economía en donde se muestran el Catálogo de Normas Oficiales Vigentes y Aplicables en este momento:<<http://www.economia.gob.mx>>

De entre los beneficios que reporta el hecho de contar con un programa eficaz de residuos, se encuentra el de participar con mayor confianza en el comercio internacional de alimentos, contando de esta forma con las bases suficientes para certificar la inocuidad de los productos alimenticios cárnicos, tanto importados como exportados.³

En México, los procedimientos de colecta, empaque, registro de datos, documentación requerida y envío de casos al laboratorio aprobado, será responsabilidad directa del Médico Veterinario aprobado de cada establecimiento.

Se debe evitar contaminación y cambios en la composición o características físicas de las muestras, por lo que es importante llevar a cabo un adecuado manejo de las mismas.³

a) ¿Cómo se realiza la toma y envió de muestras?

Mensualmente se seleccionará un animal al azar, de acuerdo al sistema de números aleatorios, de un lote que tenga identificado su origen, al que se le tomarán las siguientes muestras primarias: músculo,

riñón, hígado y grasa de acuerdo a lo señalado en las Instrucciones para la Obtención de Muestras, las cuales deberán enviarse al laboratorio aprobado para su análisis.

1. Las muestras iniciales serán tomadas y enviadas al laboratorio la primera semana del mes, las siguientes muestras se tomarán y enviarán en la segunda semana del mes correspondiente y así sucesivamente. El envío se debe realizar en un plazo no mayor de 48 horas posteriores a la colecta.
 2. Del lote seleccionado se elegirá un animal para proceder a la toma de muestras.
 3. Una vez obtenida la muestra, los tejidos se colocarán y envolverán individualmente en papel aluminio depositándose en una bolsa de polietileno transparente (plástico).
 4. Cada bolsa deberá identificarse con los siguientes datos:
 - Tipo de órgano o producto
 - Número de caso (animal o producto)
 - Número de lote al que pertenece
 - Fecha de colecta.
 5. La muestra será colocada en otra bolsa de plástico transparente de la que se extraerá el aire residual, sellándola con cinta adhesiva o material análogo.
 6. La bolsa se colocará en una caja de unicel o metálica. Las muestras deberán ir acompañadas de refrigerantes o hielo seco, que se intercalará entre las bolsas, para conservarse en buenas condiciones durante el transporte.
 7. Una vez cerrada la caja, ésta deberá sellarse con cinta adhesiva o engomada, colocando sobre ésta el sello y/o firma del médico veterinario aprobado de la planta.
 8. En la superficie de la caja se debe adherir una etiqueta con los siguientes datos del remitente:
 - Planta de sacrificio
 - Dirección con código postal
 - Número de teléfono y fax
 - Nombre del médico veterinario aprobado.
- Asimismo, a los lados de la caja deberán incluirse las siguientes leyendas: "Manéjese con cuidado y manténgase en refrigeración".
9. Cada muestra deberá acompañarse del formato de identificación que le corresponda debidamente requisitado, firmado y sellado conforme al Formato de Identificación De Muestras para envío al Laboratorio.
 10. Las muestras después de colectarse y ser empacadas se enviarán al laboratorio aprobado para llevar a cabo los análisis, y su llegada al mismo no deberá exceder en ningún caso de 72 horas.
 11. En el establecimiento de sacrificio se mantendrá un juego de muestras de retención colectadas y empacadas, de igual forma que las muestras primarias. Las muestras de retención se deberán almacenar y conservar en congelación durante 15 días hábiles.
- El Médico Veterinario aprobado deberá contar con un registro de las muestras remitidas al laboratorio.

18. Residuos Tóxicos para el humano de acuerdo a al Normatividad estadounidense

En EUA la población se encuentra protegida de los peligros de los residuos tóxicos en los alimentos por las acciones de tres agencias gubernamentales, las cuales son:

- Departamento de Agricultura (USDA) a través del FSIS (Federal Service of Inspection System) y AMS (Agricultural Marketing Service)
- FDA (Federal Drug Administration) del Depto. de Salud y Servicios Humanos (HAS)
- EPA (Environment Protection Agency)

Las funciones de las tres agencias gubernamentales trabajan bajo el Código de Regulaciones Federales (CFR) (título 21, 9 y 40 de dicho código).

a) Ley Federal para Insecticidas, Fungicidas y Pesticidas

La mayor parte de los países desarrollados ha establecido normas sobre las tolerancias de plaguicidas, herbicidas y fungicidas utilizados en la producción y tratamiento de los productos agrícolas, conocidos como **Límites Máximos de Residuos** (MLR por sus siglas en inglés).

La base legal con la que actúa la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA en inglés) son la *Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act* (FIFRA)⁶ y la *Food Quality Protection Act* (FQPA)⁷.

La Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Pesticidas (FIFRA) exige a la EPA (Environment Protection Agency), que todos los pesticidas utilizados en EUA sean registrados, y que establezca medidas de tolerancia segura para los residuos químicos que puedan encontrarse en los alimentos.

La Administración de Alimentos y Drogas (FDA) es responsable por la inspección de alimentos para asegurar que los pesticidas ilegales no estén presentes en los productos.

Además, la EPA (Environment Protection Agency) debe establecer la cantidad de residuos de agroquímicos que pueden permanecer en los alimentos. Estos límites de residuos son conocidos como "tolerancias".

Las tolerancias para cada uno de los pesticidas y tipos de alimentos se encuentran en la 40CFR180, 185 y 186. Estas tolerancias también se encuentran disponibles en la base de datos de la EPA (Environment Protection Agency) denominada *Pesticide Tolerante Index System (TISinfo)*⁸.

Por otra parte las tolerancias de residuos de medicamentos veterinarios son determinadas por la FDA a través de las tolerancias del *Center for Veterinary Medicine (CVM)*, aunque el control de los mismos es realizado por el FSIS. La lista de medicamentos veterinarios aprobados por la FDA puede encontrarse en la base de datos FDA Approved Animal Drug Products⁹; la cual se basa a su vez en las disposiciones pertinentes del *Code of Federal Regulations*, en especial las relativas a tolerancias de residuos¹⁰ y se puede consultar el 2005 FSIS Nacional Residue Program, Schedule Sampling Plans en el siguiente link <http://www.fsis.usda.gov/Science/2005_Red_Book/index.asp>

Se subraya que las tolerancias para pesticidas y medicamentos veterinarios en los alimentos, establecidas por las autoridades estadounidenses pueden ser diferentes a las vigentes en los diferentes países. La FDA es la agencia encargada de velar por el cumplimiento de los residuos en alimentos procedentes tanto de pesticidas como de medicamentos veterinarios.

19. Glosario

Coriorretinitis: inflamación de la corioide, un recubrimiento de la retina profundo en el ojo. La inflamación puede afectar la visión.

Alimento³: Es toda materia natural, elaborada o semielaborada, que se destina al consumo humano.

Carne: Estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conectivo, elástico, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos.

Caso: Con fines de detección de residuos, se considera al conjunto de muestras provenientes de un solo animal, grupo de animales homogéneo que se seleccionan al azar con el fin de analizarlas en el laboratorio aprobado.

Congelación: Proceso por el cual se mantiene la temperatura de los productos entre - 1° a - 18°C.

Contaminante: Cualquier sustancia, no añadida intencionalmente, que está presente en el alimento como resultado de la producción, incluyendo los procesos realizados en agricultura, zootecnia y medicina veterinaria, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como resultado de contaminación ambiental.

Lábil: Disponibilidad en que se encuentra un elemento nutritivo de reserva, cuando está pronta y ampliamente disponible para un cultivo.

Laboratorio aprobado: Laboratorio reconocido por la SAGARPA para realizar servicios de constatación en materia zoonosaria.

Lapso de retiro o plazo de seguridad: Es el periodo que debe transcurrir entre el momento en que un animal recibe por última vez un medicamento o alimentos medicados y aquél en que es presentado para su sacrificio y posterior consumo.

Linfadenopatía regional o localizada: agrandamiento delimitado de ganglios linfáticos en regiones anatómicas contiguas. De manera típica las infecciones localizadas originan dicho agrandamiento

⁶ http://www4.law.cornell.edu/uscode/html/uscode07/usc_sup_01_7_10_6.html

⁷ <http://www.epa.gov/oppfead1/fqpa/>

⁸ <http://www.epa.gov/opprd001/tolerance/tisinfo/>

⁹ <http://dil.vetmed.vt.edu/>

¹⁰ <http://dil.vetmed.vt.edu/cfr/556/21cfr556.html>

delimitando a ganglios regionales, ello exige considerar las redes de drenaje de dichos ganglios linfáticos al valorar al paciente.

Lipogénesis: reacción bioquímica por la cual son sintetizados los ácidos grasos y esterificados o unidos con el glicerol para formar triglicéridos o grasas de reserva.

Lipólisis: proceso metabólico mediante el cual los lípidos del organismo son transformados para producir ácidos grasos y glicerol para cubrir las necesidades energéticas. La lipólisis es el conjunto de reacciones bioquímicas inversas a la lipogénesis.

Lote: Cantidad identificable de animales con propiedades y características comunes o uniformes, tales como origen, raza y fin zootécnico; en el caso de productos de origen animal, el tipo de empaque en que son enviados a los establecimientos para su sacrificio o procesamiento, respectivamente.

Medicamento veterinario: Cualquier sustancia aplicada o administrada a un animal destinado a la producción de alimentos con fines terapéuticos, profilácticos, de diagnóstico o para modificar las funciones fisiológicas y/o el comportamiento.

Médico veterinario aprobado: Profesional reconocido por la SAGARPA, que presta sus servicios en las plantas de sacrificio de animales.

Médico veterinario oficial: Profesional que forma parte del personal de la SAGARPA.

Método analítico regulador: Método que se haya reconocido legalmente y/o validado mediante un estudio de varios laboratorios, que puede ser aplicado por analistas capacitados utilizando equipos e instrumentos comerciales de laboratorio, para detectar y determinar la concentración de los residuos de medicamentos veterinarios y otros en los productos comestibles de origen animal.

Método selectivo: Método rápido y aproximado para detectar en forma cualitativa y semicuantitativa la presencia de una sustancia específica o de un grupo de sustancias estrechamente relacionadas.

Método validado: Método analítico cuya exactitud, precisión, reproductibilidad y resistencia han sido objeto de un estudio realizado por varios laboratorios. Se proporcionan por escrito procedimientos concisos de selección, preparación y análisis cuantitativo de muestras, con el fin de asegurar la calidad y la obtención de resultados homogéneos entre laboratorios, sobre cuya base puede establecerse un método de análisis regulador apropiado.

Mialgia: Dolor en uno o varios músculos.

Microorganismos Psicrótrofos: Microorganismos que crecen a temperaturas de refrigeración, pero tienen temperatura óptima de mesófilos y se desarrollan a temperaturas bajas.

Miocarditis: inflamación del miocardio. Cuando el corazón se inflama, no puede bombear tan eficazmente debido a la hinchazón (edema) y al daño sufrido por sus células. El músculo cardíaco puede dañarse aún más si el sistema inmunitario envía anticuerpos para tratar de combatir la causa de la inflamación.

Muestra de retención: Cantidad conveniente de un tejido en particular o producto similar a la muestra primaria, que se conserva en congelación en el establecimiento, con objeto de que se envíe al laboratorio en caso de que la muestra primaria sufra descomposición, se extravíe o arroje resultados sospechosos.

Muestra primaria: Cantidad conveniente de un tipo particular de tejido o producto proveniente de un animal, grupo de animales homogéneo o unidad de empaque, que se colecta para ser enviada a analizar en laboratorio.

Nivel máximo de residuos: (NMR): Es el límite más alto permisible de un residuo que puede considerarse como aceptable en un tejido en particular, cuando éste es analizado por la metodología internacionalmente aceptada para su cuantificación. También se conoce como límite de tolerancia.

Plan de muestreo: Proceso que utiliza reglas estadísticas para cerciorarse de que los resultados son representativos de la calidad global de los productos que se están examinando.

ppm: Partes por millón.

Refrigeración: Proceso por el cual se mantiene la temperatura de los productos entre 0° y 4°C.

Refrigerantes: Bolsas de polietileno que contienen geles de propilenglicol u otras sustancias, que ayudan a preservar temperaturas bajas cuando son congeladas.

Residuo tóxico: Es la suma de compuestos presentes en cualquier porción comestible de productos animales, cuyo origen sea medicamentoso o por contaminación ambiental y que por estudios previos se ha determinado que puede constituir un riesgo a la salud pública si se consume por encima de niveles máximos de residuos.

Saprófito: es un organismo heterótrofo vegetal que obtiene su energía de materia orgánica muerta o de los detritos desechados por otros seres vivos, de los cuales extrae los compuestos orgánicos que requiere como nutrientes.

Septicemia: infección grave, potencialmente mortal que empeora en forma rápida y que puede surgir de infecciones en todo el cuerpo, incluyendo infecciones en los pulmones, el abdomen y las vías urinarias. Puede aparecer antes o al mismo tiempo de infecciones óseas (osteomielitis), del sistema nervioso central (meningitis) u otros tejidos.

Seropositivo: individuo que presenta en sangre anticuerpos que, cuando se le somete a la prueba diagnóstica apropiada, prueban la presencia de un determinado agente infeccioso.

Tejido: Todo tejido animal comestible, inclusive músculos y subproductos.

Toxicidad: Propiedad, estado o grado de una sustancia de ser venenosa, que puede ser aguda o crónica y se expresa en términos de "Dosis Letal Media" (LD-50). Según la vía de introducción, puede ser oral, dérmica, por inhalación, endovenosa, intramuscular y subcutánea.

Módulo 5. Corte y Deshuese de canales, Empaque y Etiquetado

1. Corte y Deshuese de Canales

- 1.1 Contaminación de la carne
- 1.2 Temperatura
- 1.3 Buenas Prácticas
- 1.4 Microbiología
- 1.5 Cortes Comerciales de cerdo

2. Empaques

- 2.1 Consideraciones básicas
- 2.2 Cualidades sanitarias de los materiales utilizados en la elaboración de empaques
- 2.3 Materiales más usados y su riesgo sanitario
 - 2.3.7 Metal
 - 2.3.8 Vidrio
 - 2.3.9 Papel y Cartón
 - 2.3.10 Películas y envolturas comestibles
 - 2.3.11 Plásticos
 - 2.3.11.1 Tipos de plásticos de interés
 - 2.3.11.2 Propiedades de los plásticos
 - 2.3.12 Empaques de alta barrera
 - 2.3.12.1 Materiales de Empaque de Alta Barrera
 - 2.3.12.1.1 Materiales externos
 - 2.3.12.1.2 Materiales internos
 - 2.3.12.1.3 Materiales de barrera
 - 2.3.12.1.4 Nylon amorfo
 - 2.3.12.1.5 Absorbentes de O₂
- 2.4 Criterios para la elección de un envase
- 2.5 Legislación en el área de materiales y empaques para alimentos
 - 2.5.4 Legislación Americana (FDA)
 - 2.5.5 Legislación europea (UE)
 - 2.5.6 Legislación MERCOSUR
- 2.6 Nuevas tecnologías
 - 2.6.4 Envasado al vacío y en atmósferas modificadas
 - 2.6.4.1 Efectos favorables
 - 2.6.5 Sistemas de envasado “activo” e “inteligente”
 - 2.6.6 Irradiación a empaques

3. Etiquetado

- 3.1 Trazabilidad
- 3.2 Legislación sobre Etiquetado
 - 3.2.3 Legislación Americana y de la Unión Europea
 - 3.2.4 Legislación Mexicana

4. Etiquetado, Empaque Y Embalaje de carne

- 4.10 Introducción
- 4.11 Función del empaque
- 4.12 Cambios Oxidativos
- 4.13 Tipos de Empaque
- 4.14 Materiales de Empaque
- 4.15 Sistema de Empaque
- 4.16 Empaque al vacío
 - 4.16.1 Cortes primarios envasados a vacío
- 4.17 Embalaje
- 4.18 Requisitos generales con los que debe contar una etiqueta para productos cárnicos

5. Glosario

Nota antes de comenzar el Módulo:

Dado que este diplomado se encuentra enfocado únicamente en el sacrificio de Porcinos y obtención de canales de porcino como producto final no se incluye en el Proceso de Sacrificio y Obtención de la carne la etapa de Corte y Deshuese de las Canales, esta etapa se realiza generalmente en los establecimientos de sacrificio. Las canales son cortadas y deshuesadas en el mismo establecimiento o puede realizarse aparte en otra planta, en donde se produce el producto cárnico. Es por esto que también en este módulo se incluye la Microbiología de la etapa de Corte y Deshuese de las Canales de Cerdo como un tema separado del Módulo de Microbiología de la Carne y se realizara una breve descripción de esta etapa ya que la obtención de piezas o cortes de carne de porcino esta muy relacionada con el empaque y el etiquetado.

1. Corte y Deshuese de Canales

Las sales de corte, deshuesado o también conocidas como de despiece son los locales o establecimientos autónomos o pertenecientes a los establecimientos de sacrificio, puntos de venta o frigoríficos de carne, donde las canales, medias canales y cuartos son cortados, deshuesados, despiezados, preparadas piezas de carnicería y trozos, filetes, o cortes diversos, eliminados los tejidos conjuntivos, las aponeurosis y la grasa, y a veces envasados, siendo los productos del despiece comercializados hacia la venta al por mayor o al por menor sin restricciones.²⁷ En el despiece de las canales con destino a la obtención de carnes para la venta directa al consumidor se intenta realizar el deshuesado de tal forma, que el periostio se quede en los músculos. Una limpieza posterior de los huesos, es decir, un rascado de los restos de carne, no suele ser necesario. Por el contrario, cuando la canal de despiece se va a destinar fundamentalmente o totalmente a la transformación industrial, se realiza el deshuesado de una forma “completa”. Sobre todo los huesos de la columna y de las costillas (los llamados “huesos carnosos”) presentan en este caso bastantes restos de carne, pudiendo ser la proporción de carne de hasta un 30% del peso total de los “huesos carnosos”.²³

Los productos finales obtenidos se pueden resumir en:

- Canales o medias canales y vísceras aptas para consumo humano y;
- Subproductos animales como el cuero, pelo, sangre, tripas y otras fracciones que pueden ser aprovechables en otras actividades industriales afines (alimentaria, farmacéutica, curtidos, etc.) En las salas de corte y deshuese, algunas partes de las canales o medias canales son troceadas en piezas enteras y recortes, que se destinan a su comercialización en fresco o como materia prima para la elaboración de productos cárnicos, como jamón, chorizo, etc.¹⁴ Como se menciona al inicio, en las salas de corte y deshuese, las medias canales procedentes del establecimiento de sacrificio son deshuesadas y divididas en partes más pequeñas, siendo el grado de división al que se llega en cada establecimiento variable. Estas piezas se pueden preservar mediante refrigeración y/o congelación ya que la sala de corte o deshuese cuenta con un sistema de regulación de la temperatura. Se recomienda que las salas de corte estén directamente conectada a las zonas de faenado, a menos que la autoridad competente apruebe procedimientos de alternativa que ofrezcan un nivel equivalente de higiene para evitar la contaminación.²²

1.1 Contaminación de la carne

En las salas de corte y deshuese, tiene lugar una contaminación importante de la carne, que se produce al cortar esta, ya que se hace una siembra en los tejidos profundos de los microorganismos superficiales. Además, las superficies de corte exudan jugo muscular, por lo que constituyen un excelente sustrato para el crecimiento bacteriano. Tanto o más se corta o divide la carne, tanto o más importante es la siembra y más abundantes las superficies de corte.²⁷

Además, la contaminación de la carne en las salas de corte y deshuese procede también de:

- salas sucias;
- aire, a veces muy contaminado
- superficies del equipo y utensilios
- mesas de trabajo y cintas transportadoras
- personal: falta de limpieza y de vestuario adecuado, utilización de zapatos de calle, cabeza sin proteger por una cofia, manos sucias,
- materiales de envasado

A continuación, se relacionan algunas medidas para reducir la contaminación:

- salas limpias, sometidas a programas adecuados de limpieza y desinfección

- aire limpio
- operaciones con equipos y utensilios limpios y desinfectados
- mesas de trabajo y cintas transportadoras de material adecuado (no usar madera) e igualmente limpias y desinfectadas
- higiene del personal y de la vestimenta

1.2 Temperatura

Es importante que en el área de corte y deshuese la temperatura sea menor a los 10°C ^{2,4} de acuerdo a Normatividad mexicana, el CFR (normatividad ESTADOS UNIDOS) recomienda que la temperatura de las áreas de almacenamiento o de productos terminados, posterior al corte y deshuese, no deberá ser mayor a 3.3 °C (38 °F) ²⁴ debido a que para un cuidado apropiado del producto y para facilitar el control de microorganismos ⁴ constatado por un termómetro o termógrafo el cual debe ser calibrado y ubicado en un lugar visible y registrando el monitoreo de temperaturas. ²⁶

1.3 Buenas Prácticas

La contaminación de la carne durante el corte y deshuesado depende de las condiciones locales; durante estas operaciones la carne se manipula mucho, exponiéndose a nuevas superficies lo que hace a la carne más sensible a la contaminación. Factores tales como temperatura de la sala de deshuesar, tiempo que la carne permanece en ella y limpieza de las mesas de corte, cintas transportadoras, sierras, cuchillos y otro equipo, afectan a la flora microbiana. Durante el corte y deshuese se puede producir un incremento de la flora microbiana, así como contaminación cruzada debido a la falta de limpieza y desinfección de los utensilios empleados o falta de higiene del personal. De esta manera también se recomienda que las superficies de contacto, como mesas de corte o deshuese) estén libres de excedentes de soldadura, sean de una sola pieza de plástico, de acero inoxidable o cualquier otro material que sea impermeable e inalterable por los ácidos grasos y de dimensiones cortas ⁴ para mantenerse limpias y libres de detritus de acuerdo a los POES (Ver Módulo 3 BPM), para que no contaminen a la carne con residuos como los mencionados y sean más fáciles de limpiar

Para facilitar la limpieza de los utensilios se debe contar con esterilizadores de acero inoxidable y de tamaño suficiente para la inmersión completa en agua de los cuchillos, sierras u otros implementos que utilizan para evitar contaminación cruzada entre cortes ya que con el esterilizador se asegura que se eliminan los microorganismos patógenos que se puedan transmitir por estos utensilios porque la temperatura del agua del esterilizador es de 82.5°C ⁴ con la que se asegura que se eliminan los microorganismos mesófilos (Los mesófilos presentan temperaturas óptimas a los 25-40°C y máximas entre 35 y 47°C). ²³

Para evitar contaminación cruzada es conveniente trabajar con un buen flujo, sin amontonar cortes y recortes sobre las mesas, lo que se desea es que la carne sea expuesta el menor tiempo posible a la temperatura ambiente, por lo que se sugiere que un ayudante se encargue de ir simultáneamente retirándolos y acondicionándolos en bandejas o carros para llevarlos a producción o almacenarlos en cámaras frías. Se recomienda que los contenedores estén claramente identificados de acuerdo al producto: comestible, no comestible y rechazado o contar con un código que identifique. ²⁶

Las prácticas inadecuadas en el proceso de despique de la canal facilitan la contaminación debido al contacto de la carne con suciedad, material fecal y polvo. Por lo general, la intensidad con que ocurre la contaminación depende de las normas de higiene y limpieza observadas en el rastro y en la planta de procesado. ²⁵ En caso de que el material de empaque ingrese al área, éste deberá estar listo para su uso, evitando que en el área se arme y pueda ser fuente de contaminación para el producto expuesto, en caso de no tener un área para el armado de cajas se debe delimitar una zona alejada del área de empaque. ²⁶

De acuerdo al documento emitido por SENASICA "Procedimiento de Supervisión de Establecimientos TIF dedicado al sacrificio, corte y deshuese de porcinos" ²⁶, se menciona que es importante supervisar la limpieza, temperatura, instalaciones y equipo de trabajo, así como la vestimenta de los trabajadores, la limpieza de estos y la forma de desarrollar sus labores, mejor conocidas como Buenas Prácticas de Manufactura). El personal debe cumplir con lo estipulado en el punto 17 (Personal) de la NOM-009-ZOO-1994. ^{2, 26}

En el proceso de deshuese, se revisará que el material utilizado en las instalaciones y equipo de trabajo sea el adecuado y autorizado por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-008-ZOO-1994, NOM-009-ZOO-1994). Esta área debe cumplir con los puntos 5.5.3.11 (temperaturas de áreas de deshuese), 5.4.1 al

5.4.5 (diseño y construcción), 5.5.1, (iluminación), 5.6.1 al 5.6.10 (Equipo e instalación) 5.3.8 (diseño y construcción), 5.7.2 (esterilizadores), y 5.8.2. (Flujo de operaciones) de la NOM-008-ZOO-1994.^{2,26}

1.4 Microbiología

La principal fuente de contaminación es de esperar que sea la superficie de las canales que van llegando y el grado de difusión de esta contaminación por las superficies recién cortadas, debido a su contacto con el equipo. La contaminación que se va acumulando en el equipo como consecuencia de su mala higiene es lógico que contenga una gran proporción de bacterias psicrotrofas. (Ver Módulo 4. Microbiología de la Carne y Residuos Tóxicos). Tomando en cuenta la temperatura en la que se realiza el corte y deshuese, se espera la presencia, por ejemplo, de *Listeria monocytogenes*, un microorganismo psicrótrofo, puede crecer a una tasa relativamente rápida a temperaturas por debajo de 10°C, así como algunas salmonelas crecen a 10 °C y en algunos informes incluso a temperaturas menores (a 5.3 °C; según el estudio de Matches y Liston, 1968).³¹

Los productos muy manipulados (como los cortes de carne) es natural que se contaminen con bacterias de origen humano. Existen pruebas de que la proporción de cepas de estafilococos de origen humano presentes en la carne aumentan durante el procesado. Los virus intestinales (como Rotavirus o Calcivirus humanos), que a veces se encuentran en los productos cárnicos, pueden ser de origen humano, aunque lo más corriente es que procedan de los animales.³²

Las piezas de carne individuales presentan una relación superficie/volumen relativamente grande y una superficie de corte bastante grande. Si los cortes se exponen a la venta sin precauciones especiales (transporte refrigerado, refrigeración adecuada en el punto de venta o almacén, etc.), estos se ven afectados en su calidad (Ver Módulo 7. Calidad de la carne de cerdo), como lo es, pérdida de brillo, cambios de color, deterioro microbiano, etc.

Cabe mencionar que los cortes de canal pueden sufrir una desecación superficial la cual favorece el aumento de los micrococcos y levaduras afectando también la calidad de la carne.

La importante contaminación microbiana de la carne durante el despiece y la inmediata multiplicación de los microorganismos contaminantes obligan a que, una vez finalizadas las operaciones, los productos deban refrigerarse o congelarse de modo inmediato, dependiendo su destino. La necesidad de reducir al mínimo la contaminación de la carne en las salas de despiece es la razón de las exigencias en cuanto a las instalaciones, temperatura del ambiente, practicas de trabajo, etc. contenidas en la normatividad legal.^{14, 27}

Por todas estas razones, constituye una práctica en crecimiento continuo el proteger los cortes de la carne con una envoltura o empaque transparente que mantenga la gran humedad de la superficie cárnica evitando la desecación y a su vez aumentado la vida de anaquel. Para conservar los pigmentos cárnicos en un estado oxigenado y preservar su color rojo brillante se utilizan normalmente películas permeables al oxígeno, también en atmósferas controladas que contienen CO₂, ayudando a la prolongación de la vida de anaquel a temperatura de refrigeración.²⁷ Todos estos tipos de empaques se describirán mejor conforme se vaya profundizando en el tema de los empaques y cuales son los que se usan para conservar en estado óptimo a la carne.

1.5 Cortes Comerciales de cerdo

El despiece de las medias canales y de los cuartos de canal varía mucho según dónde se realice. Se realiza de forma muy distinta en los ESTADOS UNIDOS, en Europa y Latinoamérica, etc. el despiece no sólo depende de las características anatómicas, sino también del tipo de comercialización y de los usos a los que se destine la carne. Por esta razón es totalmente imposible traducir los nombres de las diferentes piezas o cortes y es más conveniente realizar una comparación manteniendo sus denominaciones originales. El problema se complica además porque muchas veces se utiliza, en regiones diferentes, un mismo nombre para denominar piezas diferentes.²³ por lo tanto se recomienda consultar el nombre de los cortes en cada país e incluso en cada estado de la Republica Mexicana.

Los cortes comerciales de cerdo en Estados Unidos se encuentran reunidos en una manual que elaboró la Federación de Exportadores de Carne de ESTADOS UNIDOS, este Manual de Carne Internacional, tiene la finalidad de servir como guía para la identificación de los cortes de cerdo estadounidense más comunes de una manera práctica.

Para mayor información consultar el Manual de Carne Internacional de USMEF en la siguiente dirección:
[http://usmef.org/IMM/imm_pork/2_imm_pork_shoulder.pdf]

Los cortes primarios en México son los cortes básicos mayores en los cuales es cortada la canal y se clasifican de la siguiente manera^{33,34}:

- **Cabeza de lomo:** porción terminal del músculo gran dorsal y de otros músculos que recubren las vértebras cervicales y parte de las torácicas.
- **Entrecot:** corte de la parte dorsal de la canal, cuyos límites son en la región anterior, una línea perpendicular al plano medio que pasa a la altura de la primera costilla y la parte posterior por una línea ligeramente oblicua que atraviesa la cuarta vértebra sacra. La base ósea de este corte la constituye prácticamente toda la columna vertebral, a excepción de las vértebras cervicales y caudales de este corte, están dadas primordialmente por los músculos gran dorsal, ancho y largo dorsal.
- **Espaldilla:** región de las extremidades anteriores y está conformada únicamente por las masas musculares que rodean a la escápula (paleta, el húmero, cúbito, radio hasta la altura de la articulación del menudillo (carpiana). Su límite superior lo constituye la cabeza del lomo.
- **Jamón:** región de las extremidades posteriores (piernas) y está conformada únicamente por las masas musculares cuya base ósea son el extremo anterior del pubis y la totalidad de los huesos denominados fémur, tibia y peroné. La parte superior de esta región limita con las vértebras caudales, la anterior con los músculos rectos del abdomen y en la parte inferior con la articulación tibiotarsiana.^{33,34}

2. Empaques

2.1 Consideraciones básicas

Para entender como funciona el empaque en un alimento tan complejo como lo es la carne, primero tenemos que entender cual es la función de los empaques a nivel general. Los empaques de los alimentos tienen como función primaria protegerlo del daño físico, del ataque químico y la contaminación biológica ya sea de insectos, microorganismos o roedores. No existe un envase comercial que reúna todos los requisitos pero se puede escoger entre la gran oferta de materiales, formas, tamaños, colores, costos, etc. el que más se adecue al producto. Los requisitos sanitarios que deben cumplir los envases o empaques, determinan que los materiales que se utilicen para su fabricación, que estén o puedan estar en contacto con los alimentos, no deben ceder al alimento constituyentes como metales, ni sustancias orgánicas como plastificantes, estabilizantes, pigmentos, solventes u otras sustancias que sean tóxicas o representen un riesgo para la salud pública.¹²

La **Toxicidad** es la capacidad inherente a un agente químico de producir un efecto nocivo sobre los organismos vivos, para lo cual se requiere de la interrelación de tres elementos:

- ☒ Un agente químico
- ☒ Un sistema biológico
- ☒ Un medio

En el caso de los envases o empaques el agente químico es el contaminante cedido, el sistema biológico es el ser humano y el medio es el alimento. Algunos agentes químicos pueden ser muy tóxicos, aun en pequeñas cantidades y otros no producir efectos tóxicos, aún cuando se administre en dosis elevadas.

Por lo anteriormente dicho el concepto de **calidad sanitaria de los envases** no puede ser considerado prescindiendo de los aspectos toxicológicos de los materiales utilizados en su fabricación ni del uso final del envase o empaque. No da lo mismo la calidad sanitaria de un envase destinado a un alimento de consumo masivo y permanente como podría ser la leche, que la de uno destinado a un alimento de consumo restringido y esporádico como por ejemplo: caviar. Obviamente, no da lo mismo la calidad sanitaria de los envases para alimentos destinados a niños y ancianos o personas enfermas, que la de aquellos destinados a personas adultas sanas, ya que los primeros son más susceptibles a los efectos tóxicos de las sustancias químicas.

2.2 Cualidades sanitarias de los materiales utilizados en la elaboración de empaques

Los envases son los pilares principales de las mejores técnicas de conservación de los alimentos. Los materiales usados para la elaboración de los envases destinados a alimentos, deben reunir al menos las siguientes características básicas:

Deben ser inertes. Los materiales de empaques y envases no deben ceder al contenido ninguna sustancia extraña que implique daño a la salud del consumidor o que modifique las características organolépticas del alimento. Esto se refiere a la **seguridad toxicológica del material del envase**, en el

sentido de que la calidad del alimento no debe ser alterada por la migración de sustancias químicas desde el envase a los alimentos.

En las diferentes reglamentaciones técnicas sobre el área de empaque para alimentos se define el término “**Migración**” como la transferencia de componentes del empaque al alimento. La velocidad de migración de las sustancias químicas a través del empaque o envase para llegar al alimento, depende de la temperatura y del tiempo de exposición como se puede observar en esta fórmula:

$$M = KC_o + \sqrt{t} \cdot \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$$

Donde:

M: migración

K: factor constante para cada sistema polímero/migrante/alimento

Co: concentración inicial del migrante

t: tiempo de contacto del sistema empaque/alimento

T: temperatura del sistema empaque/alimento

EA: energía de activación del migrante

R: Constante universal para gas, expresada en [cal/mol – K] o [8.314 J/mol – K]; donde K se refiere a unidades de temperatura Kelvin

Los métodos para determinar la migración toman en cuenta el tipo de alimento, las condiciones de uso previstas del sistema envase-empaque/alimento y las condiciones de tiempo y temperatura en las que han de efectuarse las pruebas.

En la selección del material a utilizar para el envase o empaque, se deben tomar en cuenta la compatibilidad con el alimento a ser envasado y su capacidad de protección en relación con las siguientes alteraciones: pérdida o absorción de humedad, reacciones oxidativas, pérdida o absorción de compuestos volátiles (aromas), efectos indeseables de la luz y contaminación de microorganismos.

2.3 Materiales más usados y su riesgo sanitario

2.3.1 Metal

El metal es el material más resistente; por sus características puede soportar cualquier proceso de esterilización y es más ligero que el vidrio. Las ventajas del metal son su rigidez, ligereza y hermetismo, además de que ofrece un alto grado de conservación de los alimentos, facilidad de manejo y de transporte. El empaque metálico está particularmente recomendado para una larga conservación gracias a la solidez inerte de sus materiales y a su impermeabilidad a los líquidos, a los gases y a la luz. Particularmente, el aluminio (empleado en las latas para bebidas gaseosas) es un material ligero que cumple con gran eficacia las funciones de envasado, transportación y presentación, pero no es recomendable para contener productos ácidos ni para someterlo a temperaturas muy altas.

☒ La composición química del acero base debe ser la adecuada, ya que las características físico-químicas varían de acuerdo a su uso.

☒ El estaño le confiere a la hojalata resistencia a la corrosión y otras ventajas tecnológicas, sin embargo, pueden contener impurezas tóxicas como Cd, Pb, Zn, Fe, etc.

☒ En el caso de los envases de aluminio, el lubricante que se utiliza debe ser de grado atóxico.

2.3.2 Vidrio

El vidrio es el material que mejor garantiza la integridad de los productos alimenticios pues es una barrera absoluta contra la intemperie, no desprende olores ni sabores y conserva las características organolépticas de los alimentos, porque cuando se utiliza correctamente no requiere del uso de conservadores. Además, el consumidor puede observar a través de él lo que compra. También es impermeable a los gases, vapores y líquidos y es químicamente inerte frente a los alimentos; es fácil de lavar y esterilizar; puede colorearse y aportar así una protección frente a los rayos ultravioletas que en ciertas condiciones podrían dañar el contenido; resiste las elevadas presiones internas que producen ciertos líquidos que contienen gas carbónico (cerveza, refrescos, etc.), y permite el paso de las microondas. El vidrio es el único material que cumple con el proceso de reciclaje de forma continua, para lo cual la pedacería de vidrio se lava y después se tritura para ser fundida nuevamente gracias a que no se degrada, por lo que se transforman envases en mal estado en otros nuevos con propiedades fisicoquímicas idénticas a los originales. Las materias primas para fabricar dicho producto son naturales y muy abundantes: arena sílica, cloruro de potasio, caliza y feldespato.

En el caso de los envases de vidrio el riesgo sanitario se presenta en el lubricante que utilizan una vez formado el envase para facilitar el deslizamiento entre ellos. Este lubricante está constituido por varios compuestos químicos y alguno de ellos tiene límites de uso en el FDA, por lo que se debe controlar las cantidades utilizadas en la formulación de los referidos lubricantes. Los lubricantes utilizados son:

- Mezclas de alquil fenoxi polientoxi etanol estearato de butilo.
- Monoesterarato de polietilenglicol, ácido esteárico, hidróxido de potasio, dietilen.
- Glicol.

2.3.3 Papel y Cartón

Este material se ha visto sustituido a menudo por la bolsa de plástico, pero paralelamente ha ido apareciendo una multitud de variedades de empaques sofisticados, más o menos impresos y adornados, que cumplen las normas sanitarias para contener alimentos. Algunos envases de papel y cartón pueden ser reutilizables, y aunque estos materiales son biodegradables, su elevado costo energético y ambiental aconseja un uso limitado y preferentemente se les debe reciclar. Además, la porosidad del papel lo hace recomendable para productos que transpiran (como los vegetales) o empaque secundario.¹⁵ Los riesgos sanitarios de los envases de papel y cartón están relacionados con la migración de sustancias químicas y biológicas provenientes de la fabricación de las pulpas para el papel (funguicidas), ya que el Bactericida o Fungicida se añade a la pulpa del papel durante su fabricación con la finalidad de prevenir al papel del ataque de hongos y bacterias y sino se tiene cuidado este puede migrar al alimento cuando el papel o el cartón forma parte del empaque de un alimento. En el caso de los papeles parafinados, la parafina debe ser de grado atóxico.

2.3.4 Películas y envolturas comestibles

El empleo de películas o envolturas comestibles para la protección de alimentos se practica desde hace mucho tiempo; por ejemplo, para proteger de la desecación e intercambios gaseosos a los trozos de carne mediante su recubrimiento con grasa; a algunos productos de panadería con azúcar o chocolate, o a ciertas frutas mediante su recubrimiento con películas de cera. Un empaque se califica como comestible cuando forma parte integrante del alimento y se consume como tal. A causa de esta doble función de empaque y de constituyente alimentario, los revestimientos comestibles ofrecen numerosas ventajas, aunque también deben cumplir una serie de condiciones, indicadas en la norma de fabricación.¹⁵

2.3.5 Plásticos

Los materiales plásticos están constituidos por el polímero o resina base que por ser una macromolécula de alto peso molecular es generalmente inerte respecto a los productos en contacto y por componentes no poliméricos que son sustancias de bajo peso molecular susceptibles de transferirse a los alimentos.²⁰

Los componentes no poliméricos comprenden:

1. Residuos de polimerización: monómeros, oligómeros, solventes de polimerización, emulsionantes catalizadores.

2. Aditivos:

Agentes antibloqueo, agentes antiestáticos, agentes espumantes, antifúngicos, bactericidas, lubricantes, colorantes, cargas, protectores de ultravioleta, deslizantes. Los aditivos se agregan a la resina base para mejorar las propiedades del material plástico o su procesabilidad. Los componentes no poliméricos (bajo peso molecular) pueden moverse, migrar sin necesidad de contacto físico entre el envase y el alimento, pero para que migren los no volátiles debe existir contacto.²⁰

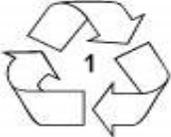
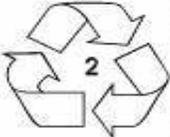
Los materiales que componen un envase plástico debe ser bromatológicamente apto, es decir, cumplimiento de límite de migración total (LMT). En las tres últimas décadas el uso de los envases plásticos se ha incrementado notablemente en la industria alimenticia, y no siempre de manera responsable por parte de quienes tienen a cargo el control en la fabricación de envases plásticos y el posterior envasado de alimentos. Los respectivos organismos encargados de la inocuidad de los alimentos en México no efectúan la verificación del fenómeno de interacción plástico-alimento. Por lo tanto es importante para nosotros que se conozca sobre la migración de componentes no poliméricos desde el plástico al alimento el cuál es un fenómeno difuso a través de los huecos transitorios que se generan en las macromoléculas de las zonas amorfas de los plásticos. La fuerza impulsora de la migración es la diferencia de potenciales químicos de los distintos componentes no poliméricos entre el plástico y el alimento.¹⁹

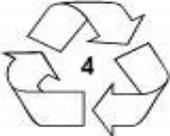
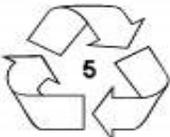
En los envases plásticos el peligro es la posible migración de los compuestos que intervienen en su elaboración, como por ejemplo: plastificantes, lubricantes, pigmentos, monómeros, por lo que deben mantenerse en los niveles más bajos alcanzables tecnológicamente para así minimizar los riesgos de contaminación del alimentos.¹⁵ Teniendo en cuenta que el LMT establecido por el Código Alimentario Argentino (pre Mercosur), Legislación Brasileña (pre – Mercosur) es de 50 [ppm], y en la Unión Europea el LMT es de 60 [ppm].¹⁹

2.3.5.1 Tipos de plásticos de interés

Se producen principalmente a partir de polímeros sintéticos como el polietileno (PET), el polipropileno (PP), el polietileno tereftalato (PET), el poliestireno (PS) y el cloruro de polivinilo (PVC). Se caracterizan por su bajo coste de producción y buenas propiedades mecánicas y de barrera (dependiendo del tipo de plástico). Hoy en día, sustituyen en algunos casos a otros materiales como el vidrio, metal o papel/cartón. Son fácilmente procesables en máquina y se pueden modificar sus propiedades dependiendo de las propiedades requeridas: rigidez, elasticidad, color, degradabilidad, etc. La inmensa variedad y disponibilidad de materiales con diversas propiedades permite al fabricante de envolturas flexibles "confeccionar a medida" un tipo de material de envase.

Si bien existen más de cien tipos de plásticos, los más comunes son sólo seis, y se los identifica con un número dentro de un triángulo a los efectos de facilitar su clasificación para el reciclado, ya que las características diferentes de los plásticos exigen generalmente un reciclaje por separado.

TIPO/NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	USOS/APLICACIONES EN ALIMENTOS
 PET Polietileno Tereftalato	Se produce a partir del Acido Tereftálico y Etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.	Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.). Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas.
 PEAD Polietileno de Alta Densidad	El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión ó Rotomoldeo.	Envases para cajones para pescados, gaseosas y cervezas, helados, aceites, y agua potable.
 PVC Cloruro de Polivinilo	Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común (*) 57%. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (Inyección - Extrusión - Soplado). (*) Cloruro de Sodio (2 NaCl)	Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras).

 <p>PEBD Poliétileno de Baja Densidad</p>	<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión y Rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.</p>	<p>Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. Películas para envasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc.)</p>
 <p>PP Polipropileno</p>	<p>El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado Punto de Fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (caucho, fibra de vidrio, etc.), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. (El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión /termoformado.)</p>	<p>Película/Film (para alimentos, snacks, chicles, golosinas). Bolsas para papas, cereales. Tapas en general, cajones para bebidas, helados y botes para margarina.</p>
 <p>PS Poliestireno</p>	<p>PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), cristalino y de alto brillo. PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: Inyección, Extrusión/Termoformado, Soplado.</p>	<p>Botes para lácteos (yoghurt, postres, etc.), helados, dulces, etc.</p>

Fuente: Revista "Noticiero Plástico", Nº 431, junio de 1998, Buenos Aires, Argentina

El de uso más difundido es el polietileno (PE) de baja densidad (LDPE). La lámina hecha de este material es suave al tacto, flexible y fácilmente estirable, tiene buena claridad, provee una barrera al vapor de agua pero es una pobre barrera al oxígeno. No tiene olor o sabor que pueda afectar el del producto empacado, y es fácilmente sellable por calor.

Polipropileno (PP)

Es el plástico de menor densidad utilizado en aplicaciones de envasado. Es mucho más transparente que el LDPE, además de ser más rígido y resistente. Posee menor permeabilidad a los gases y a la humedad

y tiene un punto de fusión más elevado, haciéndolo útil en aplicaciones de empaçado a altas temperaturas.

2.3.5.2 Propiedades de los plásticos

Desde el punto de vista de sus aplicaciones a los empaques, vamos a ver algunas propiedades importantes y por qué son significativas:

Resistencia mecánica a bajas temperaturas

Una gran parte de alimentos envasados tienen que mantenerse refrigerados, cuando no congelados, para llegar en óptimas condiciones de preservación al consumidor.

Barrera

Una de las funciones primarias de un convertidor es la de proveer envases con las bajas permeabilidades posibles a los gases y vapores, al oxígeno, a la luz, a los aromas.

Sellabilidad

Todos los empaques flexibles deben ser cerrados de alguna manera, y la gran mayoría lo son por termosellado. Este es un proceso en el cual una de las capas que componen el conseguir su fusión y luego es mantenida en contacto con la superficie opuesta, de similar constitución, hasta que las dos capas solidifiquen formando una única capa.

Imprimibilidad

El uso del envase para promocionar y describir al producto es una muy importante herramienta de mercadeo. Los gráficos, el texto, la disposición de las figuras en el envase, tienen que estar reproducidos de manera muy precisa y atractiva.

Durabilidad

Como el vidrio, los plásticos no se oxidan y son inertes al ataque de la gran mayoría de agentes ambientales comunes, con excepción de los rayos ultravioleta.

Costo

Por último, y no menos importante, tenemos el costo del envase, que es en muchos casos el factor que decide entre un tipo de envase y otro.

2.3.6 Empaques de alta barrera

El mercado mundial de empaques de alta barrera continúa un crecimiento espectacular. Esto se debe a un continuo desarrollo de nuevos materiales de barrera que proporcionan un mejor balance de costo y desempeño. Por lo general, la industria de alimentos exige a sus proveedores: empaques con una vida de anaquel más prolongada, mayor protección, mejores propiedades organolépticas, etc, a un costo más competitivo. Tanto PVC como EVOH han sido los polímeros de barrera de mayor uso en empaques, hagamos un repaso de sus principales características.

PVC: cuenta con excelente barrera a la humedad, buena barrera al O₂ y una buena transparencia. Entre sus desventajas, destacan las posibles grietas por flexión, es quebradizo al congelarse y con el tiempo se vuelve amarillo.

EVOH: cuenta con una buena barrera al O₂ y ahora, con una moderada barrera a la humedad y buena transparencia. Entre los inconvenientes que presenta, cuando se aumenta la humedad, la barrera al O₂ disminuye.

FOIL o papel aluminio: Presenta una excelente barrera al O₂ y a la luz, una barrera superior a la humedad y buena resistencia química. Ahora bien, presenta una pobre resistencia a las grietas por flexión y debe ser usado en un periodo de seis meses porque se oxida.

2.3.6.1 Materiales de Empaques de Alta Barrera

2.3.6.1.1 Materiales externos

Si analizamos la estructura de un empaque de barrera, contaremos con materiales internos (una capa sellante), materiales de barrera y materiales externos (una capa de soporte). Por materiales externos entendemos una capa de soporte de una estructura multicapa. Su desempeño y las propiedades dependen del producto empaçado y del tipo de maquinaria utilizados. Entre las propiedades que podemos encontrar en los materiales externos destacan las siguientes: la estabilidad dimensional controla el estiramiento cuando se imprimen mientras que la resistencia al calor evita la distorsión durante el sellado al calor. Las propiedades de barrera extienden la vida útil del producto mientras que la dureza o flexibilidad proporciona un toque especial al exterior del empaque. También proporcionan resistencia al manejo que evita que el empaque se quiebre y forme pequeños huecos. La resistencia a la perforación

evita que los objetos fluidos no rompan el empaque. Otra característica es la resistencia a la abrasión, en particular cuando se está en contacto con otras superficies. Su transparencia hace que el producto pueda ser visto a través del empaque mientras que el brillo proporciona a la superficie externa una apariencia atractiva al ojo humano.

2.3.6.1.2 Materiales internos

Estos son materiales poliméricos que se adhieren entre sí o a otro polímero cuando se aplica calor o presión. Forman sellos herméticos para evitar que los gases o la humedad penetren dentro del empaque. Se usan generalmente en la parte interna de la estructura coextruída, por lo que permanecen en contacto con el producto empacado. Tiene características sellantes y tienen además la habilidad de formar sellos herméticos sin importar qué área se selle o si está contaminado con grasa y sustancias extrañas. Por último, muestra una resistencia a la perforación ya que evita que los objetos agudos perforen el empaque. A esto se une una resistencia al rasgado.

2.3.6.1.3 Materiales de barrera

La función de éstos es evitar que las sustancias extrañas, gases, olores o productos químicos entren o salgan del empaque final y afecten la calidad y la vida útil del producto. Las necesidades de barrera dependen del producto empacado, la vida útil que se requiera y las condiciones de almacenamiento, distribución y empaque. Estos materiales pueden tener una barrera al O₂ y a la humedad, barrera a la luz y barrera a la salida del empaque de los aromas y olores. También aporta cierta resistencia química.

2.3.6.1.4 Nylon amorfo

Contiene uno o más monómeros aromáticos que dificultan la formación de cristales y resultando en una excelente calidad. Posee mejor barrera a gases y menor sensibilidad a la humedad. El nylon amorfo encuentra sus aplicaciones en empaques de jugos de frutas como una alternativa económica para evitar la extracción de sabores. Suelen ser más costosos. Una mezcla con un 30% máximo de nylon amorfo aumenta la barrera hasta dos veces. Se diferencia químicamente del PET en que posee una mejor barrera a los gases y resistencia térmica que el PET. Su principal desventaja es su alto costo.

2.3.6.1.5 Absorbedores de O₂

Forman parte de los llamados “Active Packaging” o empaques activos. Tanto humedad, temperatura y concentración de gases activan su función. Ciertas reacciones orgánicas e inorgánicas que suceden internamente pueden reducir el nivel de oxígeno a 0.01%. El óxido de hierro es el material inorgánico más común. Estos absorbedores pueden ser utilizados en alimentos con diferente nivel de humedad. Entre los productos que se benefician de ello destacan café, maní, carnes procesadas, cerveza y productos para microondas.¹⁷

Los plásticos de barrera cuentan con un futuro amplio. Los super polímeros son polímeros derivados del almidón y al azúcar que poseen una alta barrera al O₂ y son resistentes a la humedad. Entre los materiales de revestimiento destacan los óxidos de aluminio y óxidos de silica revestidos en películas y botellas, junto con las resinas epóxicas. Los super polímeros cuentan con un alta tensión superficial, sin necesidad de un tratamiento corona para impresión, son transparentes y sellables al calor en máquinas empacadoras, siendo además biodegradables. Las previsiones indican que los plásticos seguirán con su marcha triunfal acaparando cuota de mercado al vidrio y al metal. Los expertos afirman que el desarrollo de nuevos plásticos de barrera podría reemplazar a ambos tipos de empaque.¹⁷

2.4 Criterios para la elección de un envase

A la hora de seleccionar el envase ideal para un producto no sólo hay que tener en cuenta lo que los costos permiten, considerar la compatibilidad entre el recipiente y el producto que estará en contacto directo con él es de suma importancia. Siempre es necesario conocer y respetar la legislación del país y asegurarse de que el envase que finalmente se usará se encuentra habilitado por la autoridad competente como contenedor alimentario. Desafortunadamente en México, no existe alguna autoridad gubernamental que determine que material, tipo, composición, etc. de envase o empaque se emplea para cada alimento, únicamente las Normas Oficiales Mexicanas se limitan a definir empaque o envase como todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria. Se considera envase secundario, aquel que contiene al primero. Ocasionalmente agrupa los productos envasados con el fin de facilitar su manejo. Etiqueta, todo rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra forma descriptiva y gráfica, ya sea que esté impreso, marcado,

grabado, en relieve, hueco, estarcido o adherido al empaque o envase del producto. (NOM-034-SSA1-1993, Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias).

El envase es el contenedor que está en contacto directo con el producto, cuya función primordial es guardar, proteger, conservar e identificar además de facilitar su manejo y comercialización. A la hora de evaluar un envase es común en el mundo empresarial preocuparse por los aspectos relacionados a la calidad de servicio que este brindará. Es decir considerar la funcionalidad, la practicidad (por ejemplo la posibilidad de cerrar nuevamente el envase para que el producto no se altere) y diseño atractivo para el usuario. Pero un envase puede ofrecer una alta calidad de servicio y una baja calidad de producción. Evaluar la calidad de producción de un envase significa asegurarse que está fabricado con materiales adecuados y autorizados. La legislación nacional, clasifica los envases de uso alimentario en tres categorías: envase primario, secundario y terciario.

Aquí trataremos el llamado envase primario, porque es inmediato al producto, con el que tiene contacto directo, por ejemplo el que envuelve un corte de carne. Las normas establecen que los envases primarios deben fabricarse de conformidad con las buenas prácticas de manufactura o BPM. El objetivo principal es que en las condiciones normales o previsibles de empleo no se produzca migración a los alimentos de componentes indeseables, tóxicos o contaminantes que:

- a) superen los límites máximos establecidos;
- b) puedan representar un riesgo para la salud humana;
- c) ocasionen una modificación inaceptable de la composición de los alimentos o en los caracteres sensoriales de los mismos.

En resumen, la compatibilidad entre el recipiente y el producto es de suma importancia. Las características del envase, además de mantener la integridad física y microbiológica, no deben provocar alteraciones en las características organolépticas del alimento que contienen, ni tampoco poner en peligro la salud pública. Es por esto que preocuparse, y ocuparse, de la calidad de producción del envase primario no es solo responsabilidad del fabricante es también esencial para el productor alimentario.

2.5 Legislación en el área de materiales y empaques para alimentos.

A continuación Vamos a describir brevemente algunas legislaciones en el área de materiales y envases para alimentos:

2.5.1 Legislación Norteamericana (FDA)

Los materiales en contacto con alimentos en ESTADOS UNIDOS, están sujetos a las regulaciones de control del Code of Federal Regulations (CFR) de la Food and Drug Administration (FDA). Las regulaciones de aditivos alimentarios están en la forma de listas positivas publicadas en el Título 21 de la U.S. Code of Federal Regulations (CFR).

<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/scfr110.html>]

Los diversos materiales en contacto con alimentos son tratados como aditivos indirectos. Los métodos de ensayo para diferentes pruebas de migración se detallan en la Regulación, hay que recalcar que los límites de migración total y específica no son los mismos que en las legislaciones de otros países.

2.5.2 Legislación Europea (UE)

La necesidad de eliminar las barreras técnicas al comercio y de proteger al consumidor de los riesgos asociados con la migración de sustancias nocivas desde el envase hacia el alimento han llevado a la Unión de las Comunidades Europeas a dictar leyes que legislen sobre los materiales y artículos en contacto con alimentos. En cuanto al EMPACADO Y REQUISITOS DE ENVASADO, se determino que para:

Tamaño de envase:

[http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=ES&numdoc=31980L0232&model=guichett]

De acuerdo con la Directiva del Consejo 80/232/CEE, sobre los tamaños del envase, éstos se han establecido para mantequilla, quesos frescos, sal, azúcar, cereales, pasta, arroz, frutas y vegetales secos, café, frutas y vegetales congelados, filetes de pescado, trozos de pescado, helados, frutas y vegetales preservados, y productos vendidos en envases de metal.

Reciclado:

[http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=ES&numdoc=31994L0062&model=guichett]

Mediante la Directiva del Consejo 94/62/CE, los EM son requeridos a introducir sistemas de reutilización, recuperación y reciclaje de materiales de empaquetado. Para facilitar la recolección, la reutilización y el reciclado, se diseñó un sistema voluntario de identificación de empaquetado (Decisión de la CE 97/129/CE).

Materiales:

[http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=ES&numdoc=31989L0109&model=guichett]

La Directiva del Consejo 89/109/CEE especifica las reglas comunes para todos los materiales que entran en contacto con productos alimenticios.

2.5.3 Legislación MERCOSUR

Desde 1991 se establece la Comisión de Envases y Equipamiento en contacto con alimentos, del Sub-Grupo Técnico III del MERCOSUR (integrado por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay a partir del Tratado de Asunción).

En cada una de las legislaciones anteriormente mencionadas tienen en común sus criterios generales o directivas marco, donde se establece los principios generales referidos a los diferentes artículos en contacto con alimentos y se complementan con normas específicas para cada tipo de material.

En México, el material que se utilice para envasar y empaquetar los productos cárnicos debe ser de tipo sanitario, elaborados con materiales inocuos y resistentes a distintas etapas del proceso, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas o sensoriales.^{1,8} Se deben usar envolturas de material resistente que ofrezcan la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez faciliten su manipulación, almacenamiento y distribución.⁸ No se permite el almacenamiento de material de empaque directamente sobre el piso ya que se deben almacenar sobre tarimas u otros aditamentos.¹⁰

De acuerdo a la normatividad TIF dentro del Diseño y construcción de una planta TIF se debe incluir un listado de las características del material de empaque dentro de la Documentación y planos con que deberá contar un establecimiento TIF.⁴ La Subdirección de Certificación de Establecimientos TIF⁵ establece que las características de los empaques para productos cárnicos son:

- Ficha técnica del material de empaque primario y secundario.
- Que el material sea inocuo y no represente un riesgo sanitario.
- Que el material se pueda utilizar para el empaquetado o conservación de los alimentos.
- No deje residuos
- No contamine el producto alterando la constitución inicial
- Garantice la inocuidad del producto cárnico

Deben estar envasados de manera que el producto sea visible para el consumidor.¹

2.6 Nuevas tecnologías

2.6.1 Envasado al vacío y en atmósferas modificadas

Como sucede con muchas de las innovaciones tecnológicas de las que disfrutamos hoy en día, el envase con atmósferas modificadas (EAM), es un concepto que inició desde los años 70's principalmente en Europa y que en nuestros días, es una tendencia mundial. Paralelo al desarrollo de la tecnología del EAM está la tendencia de productos "Ready to eat" donde no hay que añadir ningún tipo de proceso en el autoservicio. Las preferencias detectadas entre los consumidores, es lo que ha generado que los procesadores y el autoservicio dediquen más tiempo y recursos a explorar y comercializar, cada vez más productos en envases con atmósferas modificadas.¹⁸

Los envases, mezcla de gases y equipos. Estos tres elementos son los que conforman la aplicación del envase con atmósferas modificadas. La selección de éstos está en función del tipo de producto, naturaleza y composición, de su tamaño, además de la forma que éste tenga. Como ejemplo de productos tenemos el envase de: carnes frescas de Bovino, Porcino y Aves; carnes procesadas; quesos, pastas y alimentos precocidos (Comidas preparadas, etc.); así como aquellos de origen vegetal. Otros factores determinantes para seleccionar el envase son: la forma de distribución, su alcance vida de anaquel peso del producto y las preferencias del consumidor.¹⁸

A medida que crece la demanda de alimentos listos para su consumo, se va depurando la técnica para su envasado. Con equipos de mayor velocidad de producción y mejor nivel de control de la mezcla gaseosa recomendada, mejores y más efectivas mezclas de gases capaces de incrementar la vida útil de los

productos frescos o procesados y envases sumamente revolucionarios que a basados en un diseño especializado de sus componentes y barreras son capaces de aportar los resultados exitosos de los alimentos incluso de aquellos sometidos a procesos de transformación mínimos.¹⁸

Es posible extender la vida de anaquel de los alimentos frescos y/o procesados usando los envases plásticos apropiados, los cuales deben de tener la facultad de poseer la barrera a gases específicos para mantener las condiciones de buscadas, tanto de disminución o incremento del factor oxidante del ambiente interno. El envase con atmósfera modificada consiste en el cambio de la composición de la atmósfera que rodea a un producto. Técnicamente, este concepto abarca el envase al vacío, al cual se le extrae el aire, así queda el envase adherido en todo momento al producto. El otro concepto, es la extracción de aire y la inyección de uno o varios gases, quedando el producto final envasado con una apariencia natural y si estar colapsado.¹⁸

El alto vacío (Presión absoluta de 9 milibares o menor) o una mezcla apropiada de gases depositada en los envases, mantienen los productos en excelente estado. Estos métodos, muchas veces combinados con la refrigeración han demostrado ser los favoritos del consumidor, gracias a la frescura que mantienen los alimentos y a la ausencia de aditivos para su preservación. La sellabilidad es importante para mantener la hermeticidad en el empaque. Otro factor muy importante es la propiedad antihumedad de algunos materiales plásticos. Esto evita que la humedad se condense en la superficie de la capa interna del envase obstruyendo la visibilidad del producto. Los consumidores actualmente buscan menos aditivos y conservadores en sus alimentos, lo cual es un reto para el procesador de alimentos que sabe bien como las tendencias de los mercados se van orientando a una dieta cada vez mas sana. Las mezclas de gases ofrecen una gama ilimitada de posibilidades. La inyección de uno o varios gases tienen un propósito definido en el envase de atmósfera modificada. Los más comúnmente usados son:

Oxígeno: Mantiene el color rojo característico de las carnes frescas.

Dióxido de Carbono: Es un inhibidor del desarrollo de las bacterias aeróbicas. Su efecto bacteriostático lo logra cuando está disuelto en la superficie de los alimentos. Con el aumento de temperatura del alimento disminuye su solubilidad (Temp. Mayores a 4° C.)

Nitrógeno: Es un gas inerte, no reacciona con los alimentos. Y se le utiliza para mantener la estabilidad en el paquete creando un efecto de amortiguados en el espacio gaseoso entre la película y el producto (Head Space).

En la selección de los equipos para el Empaque, se debe de tener en cuenta la presentación final del producto. Si se desea que el producto esté protegido por un envase totalmente flexible, como el que se utiliza para Pepperoni, embutidos, etc., o si su presentación final es un envase previamente formado, como es el caso de las bandejas de espuma con barrera (a la cual se le adhiere un film superior con propiedades de barrera) en ambos casos es necesario considerar la productividad de la máquina para hacer el correcto balance de la línea del empaque, existiendo diversas alternativas de equipo; desde sistemas de envasado intermitente hasta aquellos sistemas de alta productividad basados en líneas de flujo horizontal o vertical de formado, llenado y sellado.

2.6.1.1 Efectos favorables

En la actualidad, ésta es la mayor aplicación del envase con atmósferas modificadas en varios países de Latinoamérica. El envase es una charola de espuma con propiedades de barrera y una película superior de alta claridad y transparencia, que además de cuenta con propiedades de anti-humedad. Las mezclas de gases son comúnmente usadas son en porciones de 60-80% de Oxígeno y de 20-40% de Bióxido de Carbono. En condiciones adecuadas de elaboración y distribución del producto, su vida de anaquel puede llegar a los 10-12 días. Durante éste período, el Oxígeno mantiene el color rojo encendido de una carne fresca. El CO₂ hace su función bacteriostática deteniendo el crecimiento de ciertas bacterias y el producto puede mantener la apariencia fresca que el consumidor demanda. Aplicando los sistemas de membranas que respiran, la atmósfera dentro del paquete puede crearse adaptándose a los más altos niveles de respiración equilibrándolos con sus mínimos requerimientos de temperatura, lo que da como resultado una vida prolongada del producto en los anaqueles al mismo tiempo que alta calidad en el sabor, olor y apariencia de frescura del producto.

Lo más moderno en tecnología existente en el mercado son las películas plásticas que remueven los residuos de Oxígeno de los envases bajo atmósfera modificada, sin cambiar la apariencia y textura de su estructura original. En carnes frescas o procesadas, botanas, productos de panadería, lácteos, pastas frescas, etc.; el material OS1000, reduce los niveles de oxígeno por medio de un sistema de absorción de Oxígeno residual incorporado a la cara interior de la película la cual se activa mediante un tratamiento

de energía justo antes de cerrar el paquete durante su envasado, 100% autorizado para estar en contacto con los productos alimenticios. Y es capaz de incrementar la vida de un producto fresco de cuatro a diez días.

Existen tres factores primordiales para el éxito del empaque con atmósferas modificadas:

- adecuada cadena de frío, desde la elaboración hasta el anaquel
- condiciones higiénicas excelentes
- buena calidad del producto a envasar

El envase con atmósferas modificadas no puede sustituir a las buenas prácticas de manufactura, por lo que es importante que al manejar los productos envasados se evite abusar de los envases que protegen los productos. Es de vital importancia proporcionar al consumidor final la información relacionada al empaque de atmósfera modificada para incentivar la comprensión del concepto ya que puede crear una expectativa diferente y poco deseable del producto.

2.6.2 Sistemas de envasado “activo” e “inteligente”

La ciencia del envasado de alimentos ha evolucionado y en los últimos años ha desarrollado lo que se conoce como empaques inteligentes y activos.¹¹ El término empaque activo se refiere a un sistema en el cual ocurre un fenómeno físico-químico que permite que la función protectora del empaque alcance un periodo más extendido de tiempo, comparado con los mejores empaques de tipo pasivo. La idea con los empaques activos es la de neutralizar de manera más efectiva el efecto dañino de alguna sustancia indeseable sobre el empaque o su contenido. El concepto fue introducido originalmente en los años noventa y todavía está en un periodo de expansión y aplicación, especialmente en empaques para alimentos. Por lo pronto, las principales aplicaciones se han centrado en la disminución de la concentración de oxígeno, humedad, dióxido de carbono, otros gases y microorganismos en la pared del empaque y/o en el interior del mismo. De esta manera, los alimentos pueden retener durante más tiempo su nivel calidad, expresada en la frescura, propiedades organolépticas, control de microorganismos y facilidad de manejo. Los sistemas pueden incluir películas multicapa, bandejas, botellas, tapas, bolsas, etc. Es conveniente aclarar que los empaques activos no son lo mismo que los empaques inteligentes o que los pasivos.

Los **empaques inteligentes** son aquellos que contienen externa o internamente un indicador contando la historia del producto, dotados de un lenguaje propio, y que al consumidor le puede advertir de la calidad o descomposición del alimento. Los empaques inteligentes generalmente conllevan funciones relacionadas principalmente con el manejo de la información y los registros. Así por ejemplo, un detector de temperatura puede mostrar si la temperatura a la que ha estado expuesto el empaque subió de un cierto nivel que se considera como máximo aceptable. Puede indicar de manera similar el nivel de exposición a la humedad. En otra aplicación, con un chip RDF puede transmitir información a sistemas de logística durante la manipulación del empaque.¹¹

Los **empaques pasivos**, por otro lado pueden ser de muy alta barrera, ayudando así a extender la vida útil de los contenidos en los empaques. Pero, a pesar de que la barrera sea muy efectiva, si el poco gas que logra difundirse a través de la pared del empaque termina acumulándose (o siendo deficitario) en el interior, eventualmente va a alcanzar y a traspasar el nivel máximo permitido iniciándose entonces el deterioro del contenido. Los empaques activos contienen generalmente las propiedades de los pasivos más un elemento activo fisicoquímicamente que refuerza la acción de las barreras altas absorbiendo, por ejemplo, las pequeñas cantidades de gases que logran migrar.

Los niveles de efectividad de los empaques activos plásticos todavía no se igualan a los hallados en materiales como el vidrio, aluminio o el acero, pues estos últimos normalmente ofrecen barreras cercanas al 100% de efectividad. Sin embargo, los desarrollos tecnológicos que se están logrando hacen prever que el futuro de este tipo de empaques formará parte importante de la nueva era en el mundo de los plásticos. La compañía de estudios de mercado Freedonia Group está anunciando la publicación de su estudio más reciente sobre empaques activos e inteligentes en el cual prevé que el mercado de estos empaques en Estados Unidos alcanzará un tamaño avaluado en 11.000 millones de dólares en el año 2011. Y el 72% corresponderá al sector de alimentos y bebidas

2.6.3 Irradiación a empaques

La irradiación de los alimentos ha sido identificada como una tecnología segura para reducir el riesgo de ETA's (Enfermedades Transmitidas por Alimentos), en la producción, procesamiento, manipulación y preparación de alimentos de alta calidad. Es a su vez, una herramienta que sirve como complemento a

otros métodos para garantizar la seguridad y aumentar la vida en anaquel de los alimentos. En nuestro país, la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Irradiación de alimentos. Dosis Permitidas en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios, legisla sobre los aspectos generales de control y regulación de este proceso en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios, por medio de la aplicación de dosis permitidas con propósitos definidos. La irradiación aplicada a los empaques de alimentos consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes (radiación capaz de transformar moléculas y átomos en iones, quitando electrones) durante un cierto lapso, que es proporcional a la cantidad de energía que deseemos que el empaque del alimento absorba. Esta cantidad de energía por unidad de masa de producto se define como dosis, y su unidad es el Gray (Gy), que es la absorción de un Joule de energía por kilo de masa irradiada. (1000 Grays = 1 kiloGray). La clasificación de la OMS según la dosis, es la siguiente:

Dosis Baja (hasta 1 kGy¹¹): es usada para demorar los procesos fisiológicos, como maduración y senescencia de frutas frescas y vegetales, y para controlar insectos y parásitos en los alimentos.

Dosis Media (hasta 10 kGy): es usada para reducir los microorganismos patógenos y descomponedores de distintos alimentos; para mejorar propiedades tecnológicas de los alimentos, como reducir los tiempos de cocción de vegetales deshidratados; y para extender la vida en anaquel de varios alimentos.

Dosis Alta (superior a 10 kGy): es usada para la esterilización de carne, pollo, mariscos y pescados, y otras preparaciones en combinación con un leve calentamiento para inactivar enzimas, y para la desinfección de ciertos alimentos o ingredientes, como ser especias.

Dosis específicas de radiación destruyen las células en reproducción, lo que está vivo en un alimento: microorganismos, insectos, parásitos, brotes, etc. Es por esto que la normatividad mexicana también regula la cantidad de irradiación que se debe aplicar al empaque de acuerdo al Apéndice Normativo A en el apartado de Materiales de Empaque para Uso de Irradiación de Alimentos de la Norma Oficial Mexicana 033 de la Secretaría de Salud¹¹. [<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/033ssa13.html>]

3. Etiquetado

Una etiqueta es una pieza gráfica que se utiliza para identificar un objeto, alimento, residuo tóxico, etc. Actualmente existe una gran variedad de formatos y materiales para las etiquetas, con el fin de distinguir un producto entre la infinidad existente. La etiqueta es fundamental para distinguir productos en la vida cotidiana. Ella establece diferencias entre el producto promocionado y otros similares, da información de interés para el consumidor, y, junto con el envase, "viste" al producto y determina en gran medida la compra del mismo. Otra de las funciones de la etiqueta es la trazabilidad, ya que actualmente en la Unión Europea los alimentos que llevan un sistema de trazabilidad permiten a los productores, fabricantes y autoridades sanitarias seguir su pista desde su origen hasta que llega a manos del consumidor. Detengámonos en este punto para poder comprender que es la trazabilidad.

3.1 Trazabilidad

La trazabilidad es un sistema por el cual se puede recuperar la historia del alimento, su utilización y localización por medio de códigos registrados. El objetivo es poder disponer rápidamente de la información del alimento a lo largo de toda la cadena alimentaria. Una marca sanitaria oficial aplicada a la carne, la envoltura o el envase deberá indicar que el producto ha sido producido de acuerdo con los requisitos reglamentarios y ayudará a localizar el establecimiento de origen, en caso necesario. Cuando se utilice como parte de un programa oficial de higiene de la carne, misma marca sanitaria deberá incluir el número de aprobación/registro/inclusión en una lista del establecimiento, ser aplicado de manera que no pueda ser utilizado nuevamente y ser legible. Otras marcas podrán indicar la conformidad con especificaciones comerciales o la inacceptabilidad para el consumo humano, como por ejemplo marcas distintivas para los alimentos para animales.¹³

Las marcas sanitarias oficiales podrán aplicarse directamente al producto o a su envoltura o envase, o imprimirse en una etiqueta que se adhiera al producto, envoltura o envase. Cuando se trate de transporte

¹¹ kGy: kilogray; donde: 1000 Gy= 1 kGy

a granel a otro establecimiento para una ulterior manipulación, elaboración o envoltura, las marcas sanitarias podrán aplicarse a la superficie exterior del contenedor o envase.¹³

Actualmente, a raíz del suceso del 11 de septiembre en Estados Unidos, las nuevas leyes buscan garantizar que todos los productores y exportadores estén identificados para que sus productos puedan ser rastreados fácilmente hasta su lugar de origen. El rastreo es parte importante de las Medidas Sanitarias y Fitosanitarias; y también está incluido en las leyes estadounidenses contra el terrorismo biológico. Otro ejemplo de trazabilidad es el que se encuentra en la publicación de la tercera edición de la "Guía de Trazabilidad de la Carne" en donde, el objetivo de la guía es proporcionar una solución efectiva a fin de implementar la Regulación del Etiquetado de Carnes utilizando un sistema de numeración y códigos de barras internacionalmente aceptado que forma parte del sistema EAN.UCC, se pretende que el uso de estándares de comunicación e identificación comunes a todos mejorará de manera significativa la exactitud y velocidad del acceso a la información en relación al origen y procesamiento de la carne, lo cual a su vez, permitirá alcanzar una mayor eficiencia y una reducción de costos dentro de la cadena de abastecimiento de la carne. La adopción de la guía de "Trazabilidad de la Carne" es voluntaria y en ella se definen los requisitos necesarios para implementar la Regulación del Etiquetado de Carnes a fin de rastrear los productos cárnicos. Asimismo esta Guía proporciona un modelo de las mejores prácticas actuales a fin de implementar con eficiencia la Regulación del Etiquetado de Carnes. Tanto las Naciones Unidas como la Comisión Económica Europea recomiendan su uso. Si desea conocer más sobre esta guía diríjete al siguiente link:

<http://www.virtualcentre.org/es/trade/TRAZABIL.pdf>

3.2 Legislación sobre Etiquetado

3.2.1 Legislación Americana y de la Unión Europea

Existen tres organismos gubernamentales en los Estados Unidos responsables de hacer cumplir los requisitos legales en el etiquetado de productos alimenticios.

Estas agencias son:

- La *Food and Drug Administration* (FDA). [<http://www.fda.gov/>]
- El Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria (FSIS), perteneciente al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).
- Las etiquetas de bebidas alcohólicas que están sujetas al TTB44.

El FSIS ejerce su autoridad sobre aquellos productos incluidos dentro de las leyes federales de inspección de carnes y aves, mientras que la FDA ejerce la suya sobre aquellos otros productos alimenticios que contienen menos de un 2% de carne.

Reglamentación del FSIS

Los inspectores del FSIS comprueban las etiquetas de los contenedores desembarcados así como cada uno de los envases para la venta al detalle.

Las etiquetas de los envases para la venta al detalle de productos de carne o ave importados en los Estados Unidos deben ser aprobadas de antemano por el FSIS, después de que la empresa haya facilitado un formulario preciso sobre el proyecto de etiqueta (ver 9CFR317.3), incluyendo los envoltorios impresos, las bolsas, las cajas y las cubiertas artificiales que permanezcan con el producto en el momento de su venta.

Sólo las etiquetas que se clasifican como "genéricas" se encuentran exentas de esta aprobación previa (ver 9CFR317.5).

1) Aprobación de la etiqueta (ver 9CFR317.4)

<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/9CF317.html>

La compañía interesada debe proporcionar un proyecto de etiqueta según el formulario que se contiene en el 9CFR317.4. En caso de aceptación de la etiqueta, la empresa recibirá un número de aprobación que deberá figurar sobre la etiqueta final (ver 9CFR317.5). Ver <http://www.ttb.gov/>

Legislación Alimentaria en la Unión Europea

Las disposiciones de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios comercializados en la UE están plasmadas en la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.²¹

Carne:

[http://europa.eu.int/eur-lex/pri/es/oj/dat/2001/l_310/l_31020011128es00190021.pdf]

La Directiva 2001/101/CE agrega la carne como categoría y define el término “carne” para el etiquetado de productos cárnicos preempacados.

Valor nutricional:

[http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=ES&numdoc=31990L0496&model=guichett]

Las reglas de etiquetado nutricional están señaladas en la Directiva del Consejo 90/496/CEE.

3.2.2 Legislación Mexicana

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM- 051 SCFI -1994 marca las especificaciones sobre etiquetado de alimentos preenvasados y bebidas no alcohólicas, alimento es cualquier sustancia o producto, sólido, semisólido, líquido, natural o transformado destinado al consumo humano que proporciona al organismo elementos para su nutrición. Éstos deberán cumplir ciertos requisitos como que sean inocuos (que no causen daño), nutritivos, convenientes, con amplia vida de anaquel, fácil de almacenar y con óptimas características organolépticas. Tales requisitos se desarrollan en todas las etapas tecnológicas del alimento y son protegidos con el empaque hasta que llegan al consumidor.

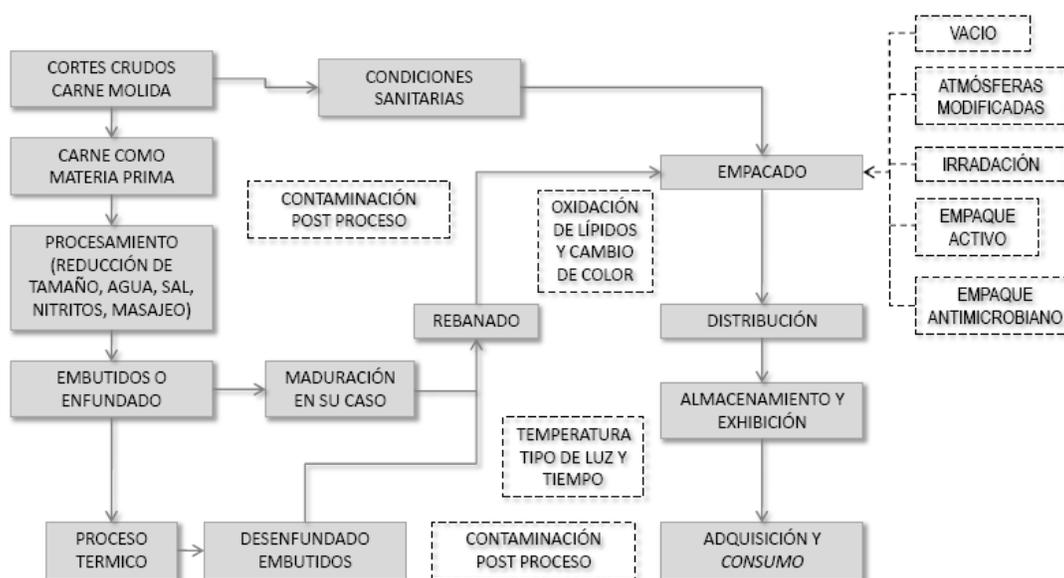
4. Etiquetado, empaque y embalaje de carne

4.1 Introducción

El empaque o envasado es la principal forma de comercializar cualquier producto para llegar al consumidor desde los centros de producción hasta la distribución y comercialización. Para productos perecederos el empaque también debe mantener la frescura y evitar alteraciones durante su exhibición y hasta su uso final.⁷

El mejoramiento de la vida de anaquel de la carne se ha percibido desde el momento en que esta se expendió al público con fines de comercio. Nuestros ancestros empezaron a conservar la carne proveniente de la cacería con los métodos de salado, ahumado o deshidratado. Al adoptar la agricultura y ganadería, el hombre comenzó a intercambiar bienes materiales por otros que el no podía hacer o cultivar. El advenimiento del comercio organizado a la par del desarrollo tecnológico ha llevado al hombre a una búsqueda de la satisfacción de sus necesidades básicas (fisiológicas) y necesidades secundarias (de seguridad, sociales, de estima y de autorrealización). En las últimas cuatro décadas, la transformación del consumidor pasivo a un consumidor cognoscitivo ha puesto presión sobre los sistemas de producción para alcanzar niveles de calidad en la preservación y contenido nutricional de los productos. La apariencia de las carnes (color, textura, marmoleo y jugosidad) son los atributos primarios en la toma de decisión. El acrecentar y mantener en tiempo el color de la carne expuesta en el anaquel refrigerado ha sido la búsqueda de la industria por años.⁷

Imagen 1. Esquematación de los factores que afectan el empaqueo de la carne o productos cárnicos desde su producción y hasta su consumo⁷



Si la carne es empaçada en cortes o piezas grandes, el principal problema es la calidad sanitaria que ésta tenga antes y durante el sacrificio y en el posterior corte y deshuese. El hecho de cortar las piezas de la canal además de la higiene del equipo de trabajo y de las personas encargadas aumenta la posibilidad de una contaminación. Así, dependiendo de lo anterior, del método/materiales de empaque seleccionados y de las condiciones a las que se someta durante su distribución y exhibición hasta su consumo, la vida de anaquel y calidad serán mejores. Si es utilizada como materia prima hay algunas ventajas que pueden aplicarse para conservar la calidad o alargar la vida de anaquel, ya que la incorporación de conservadores como la sal y nitritos, además del proceso térmico a la que son sometidos, disminuyen considerablemente la carga microbiana y estabilizan el color del producto. Si son productos crudos madurados la microflora inoculada debe encargarse de la conservación y desarrollo de aromas y sabores característicos. Un riesgo en la venta al menudeo de los productos que son rebanados, como salamis, jamones, etc., es este proceso que se lleva a cabo para después empaçarlos. Las posibilidades de una contaminación cruzada que disminuya su vida de anaquel o ponga en riesgo la salud de los consumidores son elevadas. El empaqueo de la carne puede ser dividido en cuatro niveles, basándose en el tipo de producto y el medio de distribución:³⁵

1. Empaqueo al menudeo. En este tipo la función del empaqueo es proteger los cortes o piezas que puedan ser utilizados por los consumidores y presentar al producto de manera atractiva. Esta es la forma de comercializarse en los supermercados.³⁵
2. Empaqueo institucional. El empaqueo de cortes o piezas más grandes a hoteles, restaurantes o comedores industriales tiene como objeto reducir los costos de la materia prima en este tipo de instituciones, donde la carne es desempacada y procesada para servirse.³⁵
3. Empaqueo de distribución. Una gran parte de la carne es distribuida y no ha sido procesada para la venta al menudeo. Ésta es principalmente consumida por centros comerciales o autoservicios.³⁵
4. Empaqueo de productos procesados. Se espera que los productos procesados y curados tengan una mayor vida de anaquel, por lo que requieren un mayor grado de protección, es decir, una gran impermeabilidad al oxígeno y vapor de agua, y están destinados al consumo al menudeo.³⁵

4.2 Función del empaqueo.

La función principal del empaqueo en carne o productos cárnicos es proporcionarles protección frente a golpes, cambios físicos y químicos, contaminaciones microbianas y presentar atractivamente el producto para el consumidor. Los empaques y sistemas de envasado se diseñan para mantener la calidad natural de la carne a través del flujo comercial que concluye con el consumo por parte del cliente. La vida de anaquel requerida depende de la manera en la que es comercializada; es decir, cómo y dónde, identificando los parámetros de tiempo, temperatura de almacenamiento y condiciones de exposición.³⁶

Para prolongar la vida de la carne y para el almacenamiento de los productos cárnicos frescos y de la mayoría de los procesados es necesario conservarlos de alguna manera. El más común es la refrigeración (generalmente de -2 a 5°C), ya que su efecto conservador es la restricción y algunas veces la inhibición total de la actividad microbiana, reacciones enzimáticas, químicas y físicas que darían lugar a cambios en la calidad. Otros factores que limitan las posibilidades de almacenamiento y que determinan el mantenimiento de una buena calidad para el consumo son: concentración de oxígeno, cantidad y tipo de luz, presencia de microorganismos, rango de temperatura y pérdida de humedad. El pH, la actividad de agua y el potencial de oxido-reducción influyen también sobre la conservación de los productos cárnicos almacenados.^{37,39}

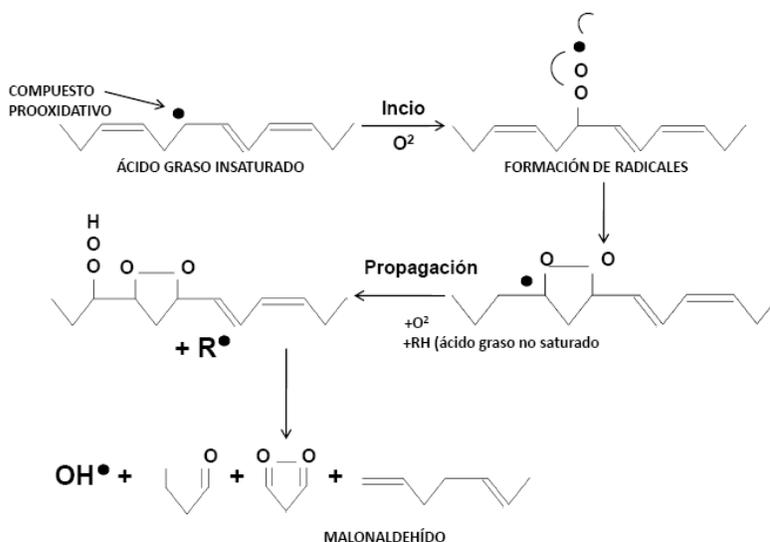
Las exigencias de envasado de carne fresca y curada o cocinada son fundamentalmente distintas a causa de la naturaleza química de los pigmentos presentes; no obstante, en cierto grado son afectadas por los métodos de procesamiento y comercialización utilizados y por la naturaleza de los microorganismos que limitan su estabilidad. Uno de los factores más importantes para la venta de carne fresca es la conservación de un color óptimo, presente cuando la forma predominante de la mioglobina se encuentre oxigenada, es decir, como oximioglobina. Por lo tanto, los materiales de empaque utilizados para exhibir carne fresca deben permitir la permeabilidad de una cantidad de oxígeno suficiente.

4.3 Cambios Oxidativos

Los principales problemas con el empaque de la carne o productos cárnicos durante el transporte y exhibición son las reacciones de oxidación. Los cambios oxidativos en carnes procesadas están influenciados por un mayor número de factores que en carne fresca. El tratamiento térmico desnatura las enzimas oxidativas, pero también promueve la liberación de iones hierro catalíticos, además de transformar los pigmentos de la carne a formas prooxidativas, resultando en una carne más vulnerable a cambios oxidativos. Los principales sustratos oxidativos en carne fresca son principalmente lípidos, fosfolípidos, triglicéridos y colesterol, además de proteínas y pigmentos (mioglobina). Los factores intrínsecos que influyen en el balance oxidativo de estos compuestos son divididos en prooxidantes y en antioxidantes endógenos. Los prooxidantes son metales de transición, como cobre o hierro o reacciones de oxidación con enzimas oxidativas o proteínas que contengan iones hierro. Los antioxidantes endógenos son clasificados en tres categorías:⁴⁰

- liposolubles, como el α -tocoferol, carotenoides, ubiquinona y ácido ascórbico
- citosólicos, como la glutatión, poliamidas y ácido úrico
- enzimáticos, como catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GSH-Px)⁴⁰

Imagen 2. Reacciones de autooxidación de lípidos en la formación de malonaldehído⁷

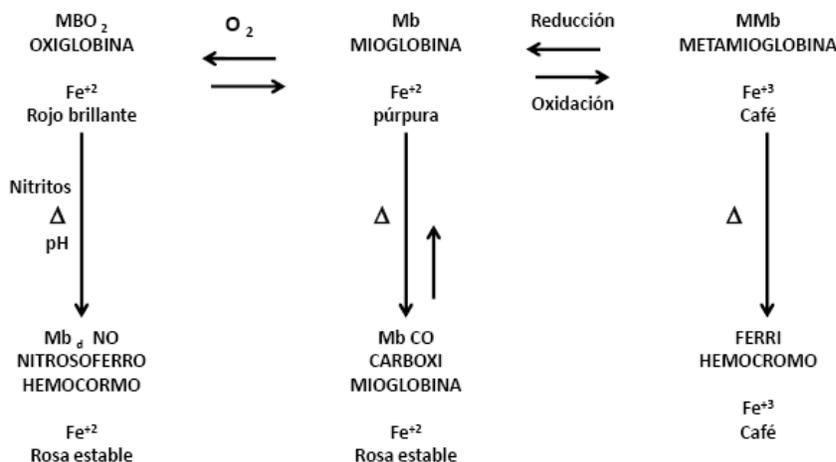


La mioglobina como responsable del color de la carne y productos cárnicos sufre una serie de transformaciones debido al medio donde se encuentra. El color de la carne fresca es rojo brillante debido a la oxigenación de la mioglobina, que eventualmente se convierte en metamioglobina color café debido a las condiciones del medio ambiente. La incorporación de monóxido de carbono forma carboximioglobina

que es más estable y tiene un color rojo. En productos curados la formación de nitrosoferrohemocromo hace más estable el color y ajeno a la presencia de oxígeno (Imagen 2). Del mismo modo, la oxidación de lípidos resulta en la pérdida de sabores y la formación de malonaldehído, que es un índice del grado de oxidación al reaccionar con el ácido tiobarbitúrico. Este mecanismo de oxidación propuesto ocurre por una reacción en cadena de radicales libres, producto de algún agente oxidante o prooxidativo, en tres etapas.⁴¹ (Imagen 3)

- (1) iniciación, formación de radicales libres⁴¹
- (2) propagación, reacción en cadena de estos radicales libres⁴¹
- (3) terminación, formación de productos de oxidación⁴¹

Imagen 3. Principales estados de la mioglobina⁷



4.4 Tipos de Empaque

En la comercialización de carne fresca, procesada o congelada, ésta puede ser empacada en contenedores rígidos, semirrígidos y flexibles, dependiendo del material y necesidades de empaque. Este empaque puede ser además de tres tipos:

1. No preservativo
2. Preservativo
3. Doble-fase.

El primer tipo de empaque protege al producto de la contaminación y pérdida de agua, son crear condiciones diferentes a las del ambiente. De este modo, a menos que sea congelado o refrigerado, el producto en tales empaques es altamente perecedero. El empaque preservativo está caracterizado por su habilidad de alargar la vida de anaquel por modificar o restringir el crecimiento microbiano. Esto se logra creando o manteniendo condiciones de empaque que marcadamente difieran de las del ambiente. Finalmente, el empaque de doble-fase combina, por un lado, el alargar la vida de anaquel del producto y el potencial de venta al menudeo. El principio es cambiar el medio gaseoso que rodea a la carne entre la fase de almacenamiento y la de comercialización. Esto se logra removiendo parte del oxígeno para remplazarlo con dióxido de carbono como atmósfera preservativa, resultando en un cambio de color en la carne de púrpura (desoximioglobina o mioglobina) al más deseable rojo brillante (oximioglobina) durante la comercialización.⁴²

4.5 Materiales de Empaque

Hay una gran variedad de materiales de empaque que se utilizan para envasar los productos cárnicos, principalmente respecto de su permeabilidad al agua u oxígeno o algún otro tipo de gas, así como propiedades mecánicas que los hacen más versátiles aún. Éstos son resistentes a la tensión, propiedades térmicas como sellado y encogibilidad, opacidad para evitar radiaciones ultravioleta, entre otras. De este modo, una película plástica es aquel material con un grosor arriba de 25.4 mm, y debajo de este grosor son llamadas *hojas*. Cuando dos o más películas son adheridas una a otra forman un

laminado, pero si son extruidas o formadas juntas se llama película compuesta. Algunos de los principales polímeros utilizados en el empaque de carne y sus derivados son listados en la Tabla 1.^{7,43}

Tabla 1. Principales polímeros sintéticos utilizados en el empaque de carne y productos cárnicos

Material	Forma de empaque y producto
Cloruro de polivinilo (PVC), plastificado estirable Acetato de etilen-vinilo (EVA)/Poliétileno de baja densidad (LDPE) encogible y estirable	Película para cubrir en charolas de poliuretano o poliestireno con cojines absorbedores de humedad para carnes rojas
EVA / Poliétileno de baja densidad (LPDE), encogible y estirable LPDE	Bolsas para pollo congelado
EVA/Nylon/EVA con o sin etilen vinil OH (EVOH) EVA/ cloruro de polivinil dieno (PVDC) EVA/LDPE	Empaque de res molidam salchichas de cerdo cocidas o crudas
EVA/LDPE y PVC, encogible y estirable	Carnes rojas
Tereftalato de polietileno (PET) Nylon orientado con PVCD	Carnes procesadas
EVA/PVDC/EVA encogible	Bolsas para distribución

Varias modificaciones interesantes sobre películas sintéticas han sido descritas últimamente, sobre todo para evitar la supervivencia de patógenos y evitar las reacciones de oxidación. A pesar de que no existen muchas investigaciones en carne de cerdo, la investigación de Murphy y colaboradores en el 2002⁴⁴, nos puede servir como referencia ya que ellos estudiaron el efecto del grosor del empaque sobre la transferencia de calor y, por lo tanto, sobre la letalidad de microorganismos patógenos (Ver Módulo 3. Microbiología de la carne) en pechuga de pollo cocinada y empacada al vacío. Utilizando bolsas de polietileno de dos diferentes grosores, 0.0762 y 0.2032 mm, encontraron que durante la pasteurización (alcanzando 68°C de temperatura interna) el grosor del empaque afectó la velocidad de la penetración de calor en los productos y consecuentemente la inactivación térmica de estos microorganismos, ya que los productos en un empaque más grueso tuvieron una velocidad de transferencia más lenta y, por lo tanto, una letalidad térmica menor que los productos empacados en una película más delgada. Del mismo modo, la incorporación de antioxidantes, como butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), extracto de romero y δ -tocoferol en películas de polietileno de baja densidad demostraron mejorar el color en carne fresca de res empacadas al vacío. (Moore y colab., 2003). Otra alternativa es el uso de extractos de antioxidantes naturales con ácidos como el ascórbico para prevenir la oxidación de la mioglobina al utilizar bolsas de polietileno y poliamida permeables al oxígeno empacando con una mezcla de gases de 70% O₂-20%CO₂-10%N₂ a 2°C, donde el romero y orégano suprimieron casi totalmente la formación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico por 16 días.⁴⁵ Debido a que el empaque al vacío y la humedad de la carne dentro de las bolsas permiten un excelente contacto entre la superficie de la carne, la inhibición de *Listeria monocytogenes* en bolsas ClearTite® cubiertas con pediocina se consiguió disminuir hasta en 10⁶ UFC, comparada con las muestras en bolsas testigo.⁴⁶

4.6 Sistema de Empaque

La selección de un sistema específico de empaque está dictada por:

- 1) el volumen de producción requerido
- 2) la naturaleza del producto
- 3) la necesidad de un equipo versátil
- 4) el tamaño y forma del producto
- 5) el costo
- 6) las necesidades específicas del mercado, la convivencia y la vida útil.

Los sistemas de envasado se clasifican según la forma o el tipo de material de empaque, el proceso de elaboración del envase y el proceso por el cual se elimina el oxígeno del envase. A continuación se describen los principales sistemas utilizados para carne y productos cárnicos: empaque al vacío, empaque en atmósferas modificadas y empaque activo.³⁶

Empaque al vacío

En el envasado al vacío se utilizan laminados o películas compuestas, donde como película interna se utiliza preferentemente polietileno y como película de soporte se emplea poliamida, poliéster, celulosa, aluminio u otros materiales, ya que el oxígeno del aire es uno de los factores que disminuyen la calidad

de los productos cárnicos; estos materiales se clasifican y valoran de acuerdo con su permeabilidad al oxígeno. En productos empacados al vacío, como en embutidos cocinados y rebanados (jamón, salchichas, etc) se presenta a veces en un exudado líquido que se acumula en el envase. Para prevenir la exudación de líquido los envases ajustados o termoencogibles son efectivos ya que no dejan espacio libre y no ejercen presión. Otro método es el alto vacío, donde se lleva a cabo una extracción energética del aire y el contenido de microorganismos superficiales es similar al vacío normal, pero son inhibidos sobre todo por *Pseudomonas*. Sin embargo, el empleo del alto vacío no es suficiente para conservar por tiempo prolongado. Alternativas es el empaque al vacío y la adición de antimicrobianos, como nisina con EDTA, donde no se notificaron cambios en el pH superficial de carne de res fresca, inhibiendo *Brochothrix thermosphacta* pero no a *Salmonella typhimurium*.⁴⁷ Otra opción recientemente utilizada es la combinación con irradiación para inhibir a estos microorganismos patógenos.³⁷

4.7.1 Cortes primarios envasados a vacío

Una práctica que está creciendo rápidamente es el almacenamiento y distribución de la carne cruda refrigerada en forma de cortes primarios envasados a vacío en bolsas impermeables a los gases. Ello presenta una serie de ventajas: facilidad de manejo, limpieza, conservación del color y una mayor vida de almacén al modificarse su estado microbiológico. Así se posibilita la maduración total de la carne sin una alteración microbiana significativa.

Alteración

En el interior de un envase a vacío, el oxígeno residual se consume más o menos pronto por la respiración tisular y es sustituido por CO₂ que alcanza una presión parcial alta en el limitado espacio disponible (Ingram, 1962). En consecuencia, mientras las condiciones en el interior del corte son virtualmente las mismas que si formara parte de la canal, la situación superficial no es aeróbica y cualquier bacteria que se desarrolle debe hacerlo en condiciones semianaeróbicas y tolerando concentraciones crecientes de CO₂. El grupo *Pseudomonas-Acinetobacter-Moraxella* puede desarrollarse a medida que disminuye el aporte de O₂ y a menudo va seguido de la multiplicación de *Microbacterium thermosphactum* y de enterobacterias (Ver Módulo de Microbiología de la carne). Por razones no suficientemente explicadas y en condiciones poco corrientes predominan, *M. thermosphactum*, enterobacterias e incluso *Pseudomonas sp.*, lo que quizá depende de la contaminación inicial o de su fase de crecimiento. En los envases a vacío las bacterias gram-positivas no se multiplican en la carne de pH normal tan rápidamente como las bacterias alterantes gram-negativas en la carne almacenada aeróbicamente. A 0-2°C, transcurridos unos dos meses aproximadamente, la carga microbiana puede alcanzar 10⁷-10⁸/cm² observándose sólo un agriado general originado por el ácido producido a partir de la glucosa disponible. De hecho la glucosa se agota en las capas superficiales y el recuento no supera los niveles citados. En estas circunstancias es extraordinariamente difícil decidir si la carne está alterada.³⁸

Al prolongarse más el almacenamiento, los olores se hacen más "quesosos", a causa de la presencia de ácidos grasos de cadena corta (C₂-C₆) de los que los más abundantes son acetato y butirato. En esta fase también puede ponerse de manifiesto un descenso de las concentraciones de ribosa. Lo señalado atañe a la carne de pH normal menor de 6.0; la carne de pH mayor contiene menos glucosa; los aminoácidos son atacados en una fase de crecimiento bacteriano más precoz y en consecuencia el deterioro adopta forma distinta y se hace aparente a unos niveles bacterianos menores. La carne de pH mayor puede sufrir "putrefacción" incluso envasada a vacío, debido al desarrollo de *Pseudomonas sp.* y *Aeromonas sp.*, además de gran cantidad de lactobacilos y por lo tanto la carne se altera en aproximadamente la mitad de tiempo; de esta carne puede extraerse ácido sulfhídrico, trimetilamina y diversos ácidos grasos como acetato, butirato, isobutirato e isovalerato, cuyas concentraciones son mucho mayores que en la carne de pH normal.³⁸

Patógenos

No hay riesgos especiales asociados a la carne envasada a vacío; las bacterias lácticas que normalmente se desarrollan son inocuas y el pH y temperatura relativamente bajos, perjudican a las bacterias patógenas. De la carne de vacuno y porcino envasada a vacío y conservada a 1-3 °C se han aislado microorganismos parecidos a *Yersinia enterocolitica* y la mayor incidencia tuvo lugar en los cortes envasados a un vacío grande. El significado de esos hallazgos respecto del peligro para la Salud Pública no ha sido establecido todavía y no se han publicado suficientes trabajos que justifiquen posibles normas o criterios numéricos para las bacterias patógenas.³⁸

Control

El recuento aeróbico en placa de los cortes primarios envasados a vacío tiene escaso valor ya que recuentos de aproximadamente 10^7 - 10^8 /cm² no reflejan necesariamente el grado de alteración. La determinación del número de microorganismos gram-negativos, inicialmente presentes en la superficie de la carne, dará una indicación de las posibilidades de desarrollo de las bacterias psicrotrofas antes del envasado a vacío.³⁶

Empaque en atmósferas modificadas

La Tecnología de Empaque bajo Atmósferas Modificadas, conocida como MAP (Modified Atmosphere Packaging), utiliza una combinación de gases y materiales de empaque para prolongar la vida útil de los productos alimenticios. En productos cárnicos, MAP consiste en crear vacío para luego reemplazar la atmósfera del empaque con una combinación de oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y/o nitrógeno (N₂). La proporción de estos gases depende de la vida útil requerida por el producto y de las prácticas de distribución y manejo utilizadas. El uso de MAP logra buenos resultados en cuanto a apariencia visual y control microbiológico en productos cárnicos. El empaque con atmósferas modificadas consiste en la extracción de una parte o la totalidad de oxígeno y la sustitución de éste con un gas inerte, como anhídrido carbónico o nitrógeno, o mezclas de éstos. El efecto inhibitor del CO₂ sobre los microorganismos se incrementa a mayor concentración, aunado a la disminución de la temperatura. En mezclas de 50/50, para los productos rebanados es conveniente elevar la concentración de CO₂ debido a su difusión por las películas debido a la caída de presión parcial respecto del aire exterior y se debe incorporar nitrógeno del 20% al 30% como gas protector. Los principales cambios que sufren las carnes almacenadas en esta forma de empaque son respecto del color, oxidación de lípidos y población microbiana. La aceptabilidad de este tipo de carnes es importante.^{37,38}

Empaque activo

El **empaque activo** es el nuevo concepto que puede ser definido como un sistema en el cual el empaque, el producto y el medio interactúan para prolongar la vida de anaquel, asegurar la inocuidad y las propiedades sensoriales, las cuales mantienen la calidad del producto. Hay básicamente dos tipos, el denominados tal cual empaque activo, donde se utilizan empaques con compuestos que:⁴⁸

- remuevan o “barran” el oxígeno
- absorban o controlen la humedad
- generen etanol o dióxido de carbono

Las carnes de pollo ya se manejan de esta manera, pero las de res han encontrado dificultades porque contienen oximioglobina, una sustancia que le confiere a la carne el color rojo brillante característico de las carnes frescas. La sustancia alcanza el color deseado en presencia de oxígeno pero en su ausencia el color de la carne se torna marrón oscuro y perderá su brillo. Este último color es indicio de mala calidad entre los consumidores pues se asocia con carnes viejas y en proceso de degradación. Sin embargo, si una carne fresca se almacena en un ambiente libre de oxígeno, a pesar de su frescura se torna marrón y adquiere la connotación de mala calidad. La ausencia de oxígeno preserva la carne contra el daño microbiológico de los microbios aeróbicos. En carnes molidas la vida útil garantizada por este sistema de empaque activo es de 20 días y, en las carnes sin moler, es de 30 días. El bajo nivel de oxígeno se logra a través del uso de una pared en el empaque de alta barrera a este gas reforzado con la presencia de una bolsa con material absorbedor del mismo gas.^{16,48}

La estrategia propuesta es la de emplear el sistema activo desde el centro de corte y empacado hasta el supermercado usando un sobre empaque de la bandeja regular, la cual puede consistir en una bandeja de poliestireno espumado envuelta con una película estirable de PVC. El sobre empaque es una bolsa de alta barrera que contiene a la bandeja más una bolsita con el material absorbente de oxígeno. Adicionalmente, antes de cerrar la bolsa y colocar el absorbente se hace un lavado del aire empleando CO₂ con nitrógeno. Después de empacada, la carne se torna marrón y se conserva así hasta el momento de exhibición en la góndola del supermercado. Llegado ese momento, se retira el sobre empaque y el aire migra a través de la película de PVC restaurando el color rojo y brillante de la carne. Idealmente, es el usuario final, el cliente, quien debería realizar el proceso de separación del sobre empaque pero el color marrón que perdura hasta ese instante da la sensación de mala calidad. Esto ha hecho que la aplicación del sistema de empaque activo no tome fuerza todavía en el mercado. Otras tecnologías propuestas consisten en emplear por el contrario mezclas más ricas en oxígeno acompañadas de CO₂ para favorecer desde un inicio el color de la carne y contrarrestar los microbios anaeróbicos.^{16,48}

Almohadillas antimicrobiales

Es un sistema de agentes antimicrobiales empacados en almohadillas que se activan en presencia de humedad y goteo proveniente del alimento empacado. De esta manera, el agente antimicrobiano también

combate los organismos en la fuente donde pueden crecer, es decir, los jugos liberados por el alimento. La acción activa del sistema de empaque ocurre entonces debido al inicio de la reacción en la presencia de humedad. Los elementos activos antimicrobiales pueden ser el dióxido de carbono generado en la almohadilla, absorbentes de oxígeno para inhibir los organismos aeróbicos, acondicionados con absorbedores de olor y generadores de aromas.^{16,48}

Absorbedores de oxígeno, humedad y otros gases

Una premisa de los empaques activos es la presencia de una barrera alta al gas que se desea controlar. Así, por ejemplo, en el caso de oxígeno la barrera del empaque activo debe permitir como máximo el paso de 15 cc O₂/m²/día y, a la vez, el contenido debe estar cerrado herméticamente. En algunos casos, la conservación de la frescura del producto puede requerir la acción combinada de la retención del oxígeno y la humedad. Tales sistemas de empaques han llevado a crear el rango de productos con "etiqueta limpia" que permite al productor eliminar el uso de preservativos tales como BHA, BHT, dióxido de azufre, sorbatos y benzoatos.^{16,48}

El control del nivel de oxígeno previene la oxidación de las grasas insaturadas que pueden provocar, a su vez, el crecimiento de patógenos bacterianos y hongos. La tecnología es aplicable, por ejemplo, a alimentos como carnes curadas, almendras, pastelería y productos lácteos. Los materiales desecantes mantienen la humedad dentro de los límites que le permiten a los alimentos preservar su textura y evitar el crecimiento de bacterias. Los absorbentes vienen en diferentes presentaciones, tales como almohadillas, celdas, tabletas comprimidas, bolsas de formato grande o etiquetas autoadhesivas, todas hechas con materiales compatibles con alimentos.^{16,48}

Finalmente, la tecnología denominada de barrera para protección contra el oxígeno: consiste en agregar un aditivo a una poliolefina, como el polipropileno, para formar parte de una estructura de capas coextruidas, que debe incluir un material de alta barrera como el EVOH. La idea es que el aditivo complemente la acción de alta barrera del EVOH para eliminar las trazas de oxígeno que logren traspasar la estructura. Esta capa de poliolefina debe estar situada en el lado interno del empaque.¹⁶

El otro tipo de empaque es llamado empaque antimicrobiano, ya que este empaque tiene como objetivo aplicar sistemas de liberación de forma controlada de un agente antimicrobiano del transportador (película) a la fase líquida o semilíquida del alimento, a manera de mantener una concentración predeterminada del componente activo por un espacio de tiempo. De este modo, es posible controlar o incluso prevenir el crecimiento de bacterias no deseables responsables de la degradación de alimentos empacados o patógenos.⁴⁹ La Tabla 4 muestra los sistemas de empaque activo y su aplicación a carne o derivados.

Tabla 4. Sistemas de empaque activo y su aplicación al empaque de carne o derivados

Sistema	Principio	Aplicación
Barrido de oxígeno	Oxidación de uno o más compuestos en un sustrato sólido (1% en volumen del espacio de cabeza para inhibir bacterias aerobias) o empaque en atmósferas modificadas	Carne fresca y procesada, embutidos
Control y absorción de humedad		Carne, pollo, pescado
Absorción de agua líquida	Disminuir la actividad de agua del producto con películas o materiales que absorban el goteo	
Amortiguamiento de humedad	Intercepción del agua en su fase gaseosa reduciendo la humedad relativa en el empaque mediante desecantes.	
Generación de dióxido de carbono	Compuestos liberadores de CO ₂ en altas concentraciones (60-80%) para inhibir actividad microbiana	Carne fresca, pollo, pescado
Antimicrobianos	Agentes que migran hacia la superficie del alimento Efecto sobre el crecimiento superficial de microorganismos son migrar al alimento	Carne, jamón, pastrami, boloña, pollo

Cuando agentes antimicrobianos son incorporados dentro de un polímero, el material limita o previene el crecimiento microbiano. Esta aplicación puede ser utilizada efectivamente en alimentos, no únicamente como películas sino también como contenedores y utensilios. Los materiales de empaques pueden

obtener características microbianas por sustancias antimicrobianas, radiación o emisión de gas. La tabla 5 muestra las variables y factores a considerar en el diseño de este tipo de empaque. Los materiales de empaque antimicrobiano deben extender el periodo lag y reducir el crecimiento de microorganismos para prolongar la vida de anaquel y mantener el alimento seguro, sobre todo al inhibir el crecimiento microbiano en alimentos no esterilizados para mantener su estabilidad son contaminación post-proceso.⁵¹ Esto debido principalmente a que las operaciones de manejo y rebanado de los productos son los puntos en los cuales las bacterias patógenas pueden ser introducidas en productos cárnicos cocidos y listos para comerse. Aunque el procesamiento de los embutidos destruye la mayor parte de la microflora, incluidos patógenos, al ser rebanados y empacados al vacío son recontaminados.⁵²

Tabla 5. Variables y factores que influyen en el diseño de sistemas de empaques activo utilizando agentes antimicrobianos

Variable	Factores a Considerar
Tipo de sistemas	Material de empaque, alimento y espacio de cabeza Difusión y absorción equilibrada del agente Control de la velocidad de liberación y cantidad migrada
Factores de diseño	Condiciones del proceso de elaboración de la película Actividad residual del agente Temperatura de almacenamiento Coeficiente de transferencia de masa

Estos materiales de empaque que actúan como "sistema de entrega de ingredientes" en la aplicación o liberación de ingredientes prepesados durante el procesamiento pueden prevenir el error humano en la medición y manejo de ingredientes.⁵³ Estas películas de empaque activo que liberan un aditivo podrían eliminar las limitaciones de perder rápidamente los conservadores aplicados a la superficie del alimento. Las películas de empaque basados en proteínas podrían actuar como reservas y liberadores de agentes antimicrobianos para mantener un efecto relativamente alto y constante de acción inhibitoria sobre la superficie del alimento.⁵⁴ Estas películas poliméricas controlan la velocidad a la cual compuestos de bajo peso molecular se difunden hacia dentro o fuera del empaque, disminuyendo lentamente el deterioro responsable de la inaceptabilidad de los productos empacados.⁵⁰ Tratando de aprovechar este sistema se ha buscado la inhibición específica de microorganismos patógenos tales como *Listeria monocytogenes*^{7,29, 30, 55,56}, *Escherichia coli* O157:H7^{7,28, 29,56} y *Salmonella Typhimurium* DT104, *Salmonella*, *Brochothrix thermosphacta* y *Listeria innocua*, con resultados positivos pero la mayoría aún nivel laboratorio y con cepas puras inoculadas.

4.8 Embalaje

Embalajes para carnes en canal

- sacos de manta
- sacos plásticos
- cobertura de cintas sintéticas para cubrir los huesos de corte sin romper las bolsas de vacío.

Embalajes para carnes deshuesadas

- bolsas o lienzos plásticos para las cajas
- bolsa de tres capas, al vacío
- bandejas de "duropor" (espuma rígida de polímero)
- bandejas de cartón (tienen la ventaja de absorber el jugo de la carne)
- bandejas plásticas
- película termo-encogible (pasa por túnel de calor o plancha caliente)
- cajas de cartón para transporte
- cajas para congelamiento, con recubrimiento de parafina, de diferentes grosores
- tarimas para montacarga y cajas de cartón para 500 libras

4.9 Requisitos generales con los que debe contar una etiqueta para productos cárnicos

La información contenida en las etiquetas de los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados, como es el caso de canales de porcino, debe ser veraz y describirse y presentarse de forma tal que no induzca a error al consumidor con respecto a la naturaleza y características del producto.³

Dentro del territorio mexicano todas las etiquetas, marcas, leyendas y cualquiera inscripción comercial que los establecimientos TIF pretendan fijar a la carne y sus productos, deben ser aprobadas por la SAGARPA.^{2,6}

Todos los productos que provengan de un establecimiento Tipo Inspección Federal deben contener una etiqueta con la siguiente información²:

- Nombre del producto:

El nombre o la denominación del producto preenvasado debe corresponder con la establecida en los ordenamientos legales específicos; en ausencia de éstos, puede indicarse el del nombre de uso común, o bien, emplearse una descripción de acuerdo con las características básicas de la composición y naturaleza del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, que no induzca a error o engaño al consumidor. En el caso de que haya sido objeto de algún tipo de tratamiento, se puede indicar el nombre de éste, con excepción de aquellos que de acuerdo con los ordenamientos correspondientes sean de carácter obligatorio.³

- Número TIF del establecimiento, este número se deberá presentar únicamente cuando el establecimiento haya optado por obtener la certificación TIF.

- La leyenda de "Inspeccionado y Aprobado por SAGARPA México".

- Ingredientes de origen animal que contiene el producto.

- Razón social y dirección del productor o empacador, incluyendo el código postal.

- Identificación del lote.

- Condiciones de manejo.

- En el caso de que el producto sea elaborado por otra empresa, deberá decir: "Elaborado por...", "Para..."

La información adicional que ostenten dichas etiquetas, marcas, leyendas e inscripciones deberá cumplir con las disposiciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.²

Los productos preenvasados, además deberán incluir¹:

- Fecha de caducidad (día, mes y año), si adicionalmente la identificación corresponde al lote, se deben anteponer las leyendas "Lote y Fecha de caducidad"

- Fecha de envasado (día, mes y año)

- Leyendas de conservación: "consérvese en refrigeración", "consérvese en congelación", "una vez descongelado, no debe volver a congelarse" y "este producto fue previamente congelado, no volver a congelar" o leyendas equivalentes, según corresponda y de acuerdo al proceso a que haya sido sometido, y si procede,

- Lista de ingredientes, de acuerdo a lo siguiente:

- Cuando se trate de un solo ingrediente, no es necesario incluirla.

- Debe ir encabezada o precedida por el término "ingredientes".

- Los ingredientes deben presentarse por orden cuantitativo decreciente (m/m) y con el nombre específico de los mismos.

- Los colorantes empleados, deben declararse conforme a lo establecido en el acuerdo y sus modificaciones.

Los productos envasados en punto de venta, además de cumplir con lo establecido anteriormente deben incluir fecha de envasado (día, mes y año), y podrán omitir el domicilio del establecimiento y la palabra "lote".

Para canal, media canal y cuarto de canal, además se deben indicar la fecha de sacrificio "día, mes y año". La información puede ir en una etiqueta colgada en el producto o en la nota de remisión.

Los productos que se distribuyan en recipientes deben incluir una etiqueta que señale además fecha de sacrificio "día, mes y año".¹

En el caso de las vísceras, se podrán incluir además el nombre de la(s) víscera(s) con el que se conozcan en la región.¹

Tratándose de productos importados además debe figurar en la etiqueta, el nombre o la razón social y el domicilio del importador (calle, número, colonia, código postal, ciudad y estado), o bien incorporarse al producto en el Territorio Nacional después del despacho aduanero y antes de la comercialización.¹

Los productos importados destinados a ser comercializados en el mercado nacional, deben ostentar una etiqueta con la información a que se refiere esta norma en idioma español, independientemente de que también pueda estar en otros idiomas, cuidando de que los caracteres sean al menos iguales de tamaño, proporcionalidad tipográfica y colores idénticos o similares a aquellos en los que se presente la información en otros idiomas.¹

Cuando en un establecimiento diferente a la persona física o moral o causahabiente, propietario de la marca, participe en el proceso de los productos, debe figurar en la etiqueta la leyenda "EMPACADO PARA..." o alguna equivalente, seguido del nombre y domicilio (calle, número, colonia, código postal,

ciudad y estado) del propietario de la marca, asimismo el lote debe permitir la identificación del o los establecimientos que intervienen en el proceso, sin menoscabo de las atribuciones de otras dependencias en la materia.¹

La información contenida en la etiqueta debe presentarse en forma clara, veraz, ser comprobable y no debe inducir a error al consumidor.¹ Las etiquetas que ostentan los productos deben fijarse de manera tal que permanezcan disponibles hasta el momento de su uso y consumo en condiciones normales, y deben aplicarse por cada unidad, envase múltiple o colectivo, con caracteres claros, visibles, indelebles y en colores contrastantes, fáciles de leer en circunstancias normales de compra y uso.¹

5. Glosario

Alimento: No sólo las sustancias destinadas a la nutrición del organismo humano, sino también, las que forman parte o se unen en su preparación, composición y conservación; las bebidas de todas clases y aquellas otras sustancias, con excepción de los medicamentos destinados a ser ingeridos por el hombre.

Aptitud Bromatológica: Un envase plástico es apto sanitaria o bromatológicamente cuando:

- Está fabricado con polímeros y aditivos que están incluidos en listas positivas (LP);
- Cumple el límite de migración total (LMT);
- Cumple el o los límites de migración específica (LME);
- Cumple el o los límites de composición (LC);
- No produce variación de los caracteres sensoriales (CS) del alimento que contiene.

Corte: sección o parte del cerdo en canal destinada para el expendio al consumidor.

Compatibilidad: Conjunto de interacciones que resultan del movimiento en ambos sentidos, es decir del alimento hacia el envase y del envase hacia el alimento de sustancias volátiles y no volátiles.

Deshuese: Proceso que conduce a la separación de los diferentes cortes y tejidos en que se divide una canal con destino al consumo humano.

Dosis: La dosis determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica

Embalaje: Son todos los materiales, procedimientos y métodos que sirven para acondicionar, presentar, manipular, almacenar, conservar y transportar una mercancía.

Empaque: El empaque es cualquier material que encierra un artículo con o sin envase, con el fin de preservarlo y facilitar su entrega al consumidor.

Envase: Artículo fabricado con cualquier material que se utiliza para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar productos desde materia prima hasta producto terminado y desde el fabricante hasta el usuario o consumidor. En forma más estricta, el envase es cualquier recipiente, lata, caja o envoltura propia para contener alguna materia o artículo.

Envase primario: es aquel que está diseñado para constituir en el punto de venta una unidad de venta destinada al consumidor o usuario final. Incluye el material de envase que está en contacto directo con el producto y el necesario para completar la unidad de venta al consumidor final. (por ej: en una botella la tapa y la etiqueta.

Envase secundario: Es aquel utilizado para agrupar varias unidades de venta para facilitar su manipulación en el ambiente de venta. Es el material de empaque que se utiliza para permitir la distribución comercial de los productos (cajas, bolsas, termocontraible, etc.)

Envase terciario o envase de transporte: es aquél utilizado para facilitar la manipulación y transporte de un número de unidades de venta o envases secundarios con el fin de prevenir daños.

Especificación técnica: Es un documento que surge como necesidad de una empresa, donde se especifican las características requeridas para un producto o servicio determinado. Se elabora sin la participación de terceros y su utilización está restringida al ámbito de la propia empresa y de sus proveedores.

Grado atóxico: que no es tóxico

Legislación: conjunto de leyes o disposiciones referentes a una materia.

Migración total: cantidad de componentes no poliméricos transferidos desde los materiales del envase hacia los productos envasados, en condiciones de empaquetamiento y almacenamiento (por ejemplo 20°C y 65%RH)

Norma: Especificación técnica, científica o tecnológica que establece criterios con los que deben cumplir los productos, servicios y procesos de producción y que ha sido elaborada y discutida en un organismo reconocido, mediante un proceso, en el cual pueden participar todos los interesados y cuya aplicación se hace de manera voluntaria porque es de conveniencia para los interesados.

Periostio: (peri = alrededor, y osteo = hueso), membrana de tejido conectivo muy vascularizada, fibrosa y resistente, que cubre al hueso por su superficie externa excepto en lugares de inserción de ligamentos, tendones, y superficies articulares.

Reglamento técnico: documento técnico de aplicación obligatoria a través de una disposición legal del Estado. El Reglamento puede ser el fruto de una elaboración específica por parte de una autoridad pública o puede hacerse basándose total o parcialmente en normas ya establecidas a través de organismos de Normalización reconocidos o haciendo referencia a esas normas.

Vida de Anaquel: el tiempo que toma para que el producto empacado pierda tan solo una de sus cualidades características. Sin embargo, este tiempo también puede ser medido como el tiempo transcurrido luego del cual el consumidor no está ya dispuesto a adquirir el producto así este conserve inalterables todos sus parámetros de calidad. Son diversos los factores que pueden afectar el tiempo de vida de anaquel. Cabe citar ciertas características del producto tales como su contenido de agua, su pH y su contenido de lípidos y vitaminas. Otros factores son las condiciones de producción empleadas (esterilización o no), la logística del transporte y almacenamiento (control de temperatura y humedad) y finalmente las propiedades del empaque empleado.

Vida útil: Periodo comprendido entre la producción y el consumo, durante el cual se mantiene un nivel satisfactorio de calidad evaluado a través del valor nutritivo, sabor, textura y apariencia del producto.

Módulo 6. Flujo de Personal y Producto.

1. Contaminación Cruzada

1.1 Zona limpia o sucia

2. Flujo del personal

2.1 Instalaciones para empleados

2.8.1 Lavandería

2.8.2 Casilleros

2.8.3 Vestidores

2.8.4 Regaderas

2.8.5 Excusados

2.8.6 Lavabos

2.8.7 Comedor

2.2 Flujo de los Visitantes

3. Flujo del Producto

3.1 Contaminación Cruzada en relación al flujo del producto

4. Mecanismos de prevención de contaminación cruzada

5. Glosario

1. Contaminación cruzada

Se define como la presencia de agentes patógenos en la superficie de un cuerpo u objeto, en el interior de un alimento (p. ej. canal de cerdo) o un líquido u otra sustancia química a partir de los cuales se pueden transmitir a un huésped susceptible (empleado o consumidor). Por lo tanto un contaminante es todo agente biológico, químico o físico presente en un alimento, que puede tener un efecto perjudicial para la salud. Existen tres tipos de contaminación, biológica, química y física dependiendo del contaminante.^{14,18, 19, 20, 21,22}

Dentro del establecimiento, la **contaminación cruzada** es la transferencia de contaminantes (químicos, biológicos o físicos) desde los alimentos o las superficies de trabajo a otro alimento., es decir es el traspaso de bacterias desde una fuente contaminada a un producto no contaminado. Como ya se menciona, esta transferencia puede ser de manera **directa** (*contaminación cruzada directa*) por medio del contacto directo entre un alimento crudo y uno cocido y/o listo para consumir; o de forma **indirecta** (*contaminación cruzada indirecta*) a través de manipuladores (por medio de sus manos, por ejemplo), superficies de contacto (mesas, utensilios, etc.) o el aire. La contaminación cruzada es una de las principales causas de ETA's, pero es fácil de prevenir como se verá más adelante. Si un alimento es adecuado para el crecimiento bacteriano y permanece algún tiempo a temperatura ambiente, las posibles bacterias patógenas transferidas con las que ha sido contaminado, se multiplican en gran número y, si el alimento se ingiere, está en condiciones de producir una infección alimentaria. Algunos ejemplos por contaminación cruzada se presentan cuando:²⁴

- Empleados. Las manos sucias o sin lavar pueden contaminar los alimentos y equipos. Los empleados que realizan las diferentes tareas en los establecimientos de venta pueden contaminar los alimentos y los equipos cuando cambian de tarea si es que no siguen una higiene adecuada, o no usan los utensilios apropiados como guantes limpios. El uso de vestimenta sucia puede ser una fuente de contaminación de alimentos. Por esto, es importante seguir las normas sobre la vestimenta apropiada que deben llevar los empleados dentro del rastro. Para reducir la probabilidad de contaminación cruzada, los empleados deben usar mandiles limpios y cambiarlos cuando se ensucian y dejarlos en el lugar de trabajo cuando abandonen el área de trabajo.
- Cámaras de Refrigeración. Los ventiladores sucios en las cámaras pueden propagar microorganismos patógenos como *Listeria monocytogenes* en las canales de cerdo. Cuando los ventiladores circulan aire, los microorganismos en éstos pueden propagarse en toda la cámara de refrigeración, incrementando la incidencia de la contaminación cruzada en las piezas del equipo o de la carne cruda. También, la condensación que se forma en las cámaras de refrigeración, crea otro problema de contaminación cruzada. El agua que gotea en la carne cruda lista para su transporte y posterior comercialización es otra forma en que los alimentos pueden ser contaminados.
- Drenajes. Se ha demostrado que los drenajes pueden ser reservorios potenciales de microorganismos patógenos. Durante la limpieza de pisos y drenajes, el productos cárnico y equipos pueden contaminarse si durante la limpieza, el agua de las mangueras salpica el microorganismo sobre algunas superficies, o en el ambiente. Las mangueras a presión deberían usarse cuidadosamente en las áreas de producción y almacenamiento de canales ya que las gotas de agua pueden llevar microorganismos patógenos del drenaje al aire.
- Grietas en equipos y utensilios. Los microorganismos pueden esconderse en grietas presentes en el equipo, utensilios, y tablas de preparación, haciendo más difícil su limpieza. Si las superficies no son limpiadas adecuadamente, cualquier alimento que entre en contacto con éstas puede llegar a contaminarse.
- Transporte. Las canales pueden llegar a contaminarse por el manipuleo inadecuado durante el transporte desde la recepción y durante el almacenamiento. Si éstas entran en contacto con el equipo contaminado, el potencial de contaminación cruzada se incrementa. También el tráfico de personas del área de almacenamiento y transporte puede introducir *Listeria monocytogenes* al ambiente.
- Los microorganismos patógenos y residuos físicos que pueden encontrarse en los alimentos son eliminados, en su mayoría, durante la cocción o el lavado (en el caso de canal, el lavado de canal previo a refrigeración). Pero si estos alimentos una vez cocidos o lavados se ponen en contacto con alimentos crudos y sucios (carne sin lavado) se pueden recontaminar.

1.1 Zona sucia, intermedia y limpia

Se define como “**zona sucia**” al área limpia sin control microbiológico, el cual es de libre acceso al personal. En el caso del establecimiento de sacrificio, consideramos zona sucia: corrales de recepción, corrales de inspección ante-mortem, lugar de insensibilización, desangrado, escaldado y lavado previo a evisceración, evisceración y apertura de canal. Esta zona deberá ser independiente del resto de las zonas y se sugiere que se comunique con las demás zonas a través de una puerta de cierre automático, cortinas, entre otros.^{12,23}

El Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF, 1988) define una “**zona limpia**” como la zona en la que cualquier contaminante añadido al producto se transmitirá al producto final, es decir, no existe una fase posterior del proceso de elaboración que reduzca o destruya los microbios contaminantes. Otras expresiones utilizadas para las zonas limpias son “zonas de alto riesgo” o “zonas de sumo cuidado”. Las zonas limpias dentro del establecimientos son: la inspección veterinaria, pesado, rendimiento de la canal, almacenamiento, transporte para distribución de canales. A menudo, una operación de limpieza (lavado) o, por ejemplo, un tratamiento térmico (cocción de la carne) marca el punto donde el flujo del proceso de elaboración pasa de zonas “sucias” a “limpias”.¹²

La separación de zonas en las diferentes etapas de la transformación de ganado en carne para el consumo humano se debe a que el músculo en el animal sano se considera prácticamente estéril, sin embargo después del desangrado comienza la contaminación microbiológica del mismo (zona sucia). La contaminación de la carne puede darse en casi todas las operaciones del sacrificio, procesado, almacenamiento y distribución, etc. y el origen de la contaminación es muy diverso, puede darse por contacto de la carne con la piel de los animales, contenido entérico, etc. La separación entre las zonas limpias y sucias debe ser total. No deberá haber circulación de personas entre estas zonas, y el equipo y los utensilios utilizados en las zonas sucias nunca deberán emplearse en la zona limpia. La separación física, claramente definida (por ejemplo una pared o puertas), entre zonas “limpias” y “sucias” es de importancia primordial.

En cuanto a la ventilación, la dirección de la corriente de aire no debe desplazarse, bajo ninguna circunstancia, desde una zona sucia a una zona limpia. Todos los ingresos de aire deben estar provistos de filtros para evitar la entrada de agentes contaminantes.

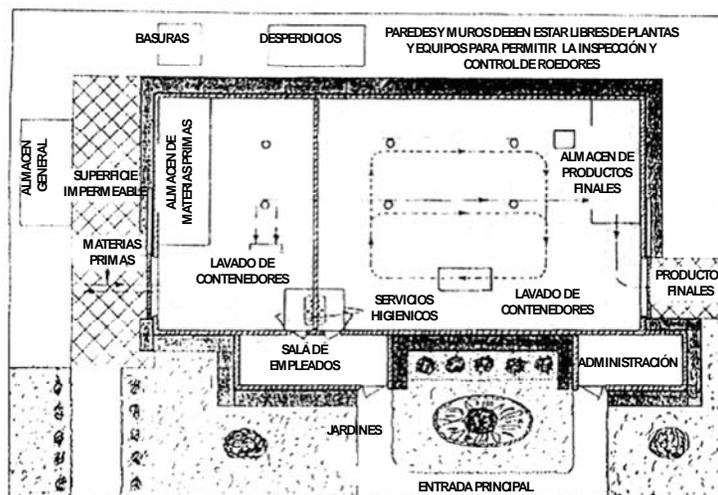
También los manipuladores, las superficies, los materiales de trabajo, y el equipo empleado en cada una de las etapas posibilitan la contaminación cruzada. Es recomendable para una identificación fácil, que el personal porte ropa protectora de colores diferentes para las distintas operaciones (por ejemplo blanco en la zona limpia y azul en la zona sucia).¹⁶

En la distribución y el diseño de los rastros es igualmente importante asegurar que no existan interrupciones ni “callejones sin salida” en el flujo del producto, donde el material semielaborado pueda acumularse y permanecer durante un período largo a temperatura ambiente. Durante la elaboración, las condiciones de tiempo por temperatura de los productos son puntos críticos de control (PCC) (Ver Módulo 9. Breve Introducción a HACCP e ISO 22000) extremadamente importantes para evitar la proliferación de microorganismos. Esto significa que es necesario un flujo continuo y uniforme de todos los productos para tener un control total de este factor crítico. En caso de alguna espera en el flujo del producto, los productos deberán conservarse refrigerados. (Ver Refrigeración en Módulo 2. Proceso de Sacrificio de Porcinos). La distribución de la planta y las prácticas de trabajo, además de facilitar el flujo del producto, deberán asegurar que:

- Todas las funciones se desarrollen sin entrecruzamientos ni retrocesos que propicien contaminación.
- Los visitantes se muevan de las zonas limpias a las sucias.
- El aire acondicionado (p. ej. enfriado) y el drenaje fluyan de las zonas “limpias” a las “sucias”.
- El flujo de materiales externos de envasado desechados no se cruce con el flujo de los ingredientes no envueltos ni con el del producto acabado.
- Haya suficiente espacio para las operaciones de la planta, incluidas la elaboración, limpieza y mantenimiento. También se precisa espacio para el desplazamiento de materiales y peatones.
- Las operaciones están separadas cuanto sea necesario. Existen claras ventajas en reducir al mínimo el número de paredes interiores, puesto que de ese modo se simplifica el desplazamiento de materiales y empleados, se facilita la supervisión y se reduce la superficie de pared que es necesario limpiar y mantener.

En la Imagen 1 se delinear algunos de los principales requisitos de un establecimiento ideal:

Imagen 1. Plano (layout) simplificado del establecimiento ⁴



2. Flujo del personal

Un flujo adecuado de trabajo trae como beneficio un importante ahorro de mano de obra, pero lo más importante es que facilita las condiciones higiénico-sanitarias, base fundamental para obtener carne de buena calidad y prolongada vida de anaquel, lo que mejora la rentabilidad del rastro. El personal para cada área de proceso deberá ser diferenciado para evitar contaminación cruzada. Se debe describir en forma secuencial y funcional el flujo del personal, evitando congestionamientos, retrocesos y cruces innecesarios durante su recepción, elaboración, y almacenaje de la carne. ¹⁵

Por lo tanto el adecuado flujo de personal involucra a las Buenas Prácticas de Manufactura (Ver Módulo 3 Buenas Prácticas de Manufactura) en donde se incluye la Higiene del Personal. En un sentido amplio, higiene es el conjunto de reglas que favorecen el desarrollo humano, particularmente las que tienden a preservar y mejorar su salud. En lo que respecta a los alimentos, su finalidad tiene como objetivo:

- Reducir o eliminar peligros relacionados con la manipulación de alimentos
- Retrasar o prevenir las alteraciones de los alimentos

En cuanto a los microorganismos, la higiene tiene como finalidad:

- Minimizar las contaminaciones en el transcurso de la preparación de los alimentos
- Inhibir o retardar la proliferación microbiana
- Destruir o eliminar la flora patógena

La diseminación de patógenos es peligrosa cuando los trabajadores sin protección entran en contacto con superficies sucias. La piel queda expuesta cuando se toca una superficie sucia. Si el manipulador no se lava las manos cuidadosamente entre la preparación de alimentos o después de haber tocado cualquier fuente donde puedan estar confinadas ciertas bacterias: nariz, boca, cabello, dinero, equipo contaminado, etc. Los seres humanos proveen un ambiente ideal para el crecimiento de microorganismos. Todos tenemos bacterias en la nariz y la boca. Estos microorganismos son fácilmente propagados al estornudar o toser, por no disponer de papel para estos casos y no lavarse las manos con frecuencia y propiedad. Tocar el cuerpo y luego la comida o los utensilios transfiere bacterias. El cuerpo humano tiene numerosos microorganismos peligrosos, y por eso es especialmente importante lavar las manos muy bien después de visitar el baño. El cabello y las uñas limpios, el baño diario y el lavado antes de manipular alimentos son fundamentales para evitar la contaminación. Lo anterior se ve reflejado en la investigación de "Condiciones Microbiológicas en Cuatro Rastros Municipales del Estado de Hidalgo" en donde la presencia de coliformes y *E. coli* en utensilios y manos de los trabajadores indicó la ausencia de Buenas Prácticas de Manufactura facilitando la contaminación cruzada de las canales. ¹⁶

Por lo anterior, la buena higiene personal en el trabajo (lavarse las manos, bañarse y cambiarse de ropa y botas sucias) puede ayudar a prevenir la contaminación cruzada. Los trabajadores que manejan productos alimenticios deben estar conscientes de que el uso de equipos de protección personal, tales

como guantes, mandiles y botas, puede reducir o eliminar su exposición a peligros y contaminación hacia el producto.

2.1 Instalaciones para empleados.

Las instalaciones para el personal incluyen lavandería, casilleros, vestidores, regaderas, excusados, lavabos y comedor.

2.1.1 Lavandería

Al llegar el personal que labora en las áreas de proceso a las instalaciones de la planta, debe pasar al área de lavandería por el uniforme, botas, mandiles, entre otros, limpios, que utilizara en sus labores durante el proceso. Ahí mismo se le proporcionara una canastilla donde depositara la ropa que porta a su llegada.

En la zona de lavandería se les proporcionara: cofia, cubre bocas, guantes (solo si la actividad a realizar lo requiere) y mandil de plástico (sólo si la actividad a realizar lo requiere). Cabe mencionar que la cofia, el cubre bocas, el uniforme de trabajo y las botas, deben ser usados de manera obligatoria en todas las áreas de proceso.

2.1.2 Casilleros

Los casilleros deben ser exclusivos para guardar ropa y objetos personales, no deben guardarse en ellos alimentos ni herramientas de trabajo. La ropa de trabajo debe ser entregada diariamente a la lavandería al final de sus actividades.¹

Se debe contar con un programa de inspección periódica de casilleros para constatar su estado físico e higiénico y en aquellos que se requieran reparaciones, se emprenderán las medidas correctivas necesarias.¹

En el caso de portar relojes, anillos, aretes, cadenas o collares, pulseras, entre otras alhajas o adornos, estos deben guardarse en los casilleros¹

2.1.3 Vestidores

Los vestidores deben ser exclusivos (uno para mujeres y otro para hombres), con una capacidad de 1m² por persona^{1, 2, 3}, y deben estar ubicados en lugar de fácil acceso para el personal (separados del área de sacrificio)³, las ventanas protegidas con telas contra insectos, piso pavimentado y un declive hacia el drenaje del 2%, con paredes de 2.50 m de altura mínima y colores claros, con uniones de pared, piso, techo redondeadas.^{1, 2, 3}

Dentro de los vestidores se colocan bancas anchas (30 cm de ancho) para que puedan sentarse varias personas a la vez.²

Cuando salga de la zona de vestidores deberá portar su uniforme de trabajo completo, ya que este se encontrara limpio, así como el calzado que les proporcionó la empresa para evitar accidentes. Al salir de los vestidores deberán pasar a la zona de lavandería^{2, 3} para dejar la canastilla con sus pertenencias.

2.1.4 Regaderas

El personal que labora en el área de proceso debe bañarse diariamente antes de ingresar al área de producción¹. En el área de regaderas debe haber dotación suficiente de jabón y toallas, las llaves y regaderas deben mantenerse en buen estado a fin de evitar el goteo.^{1, 3}

2.1.5 Excusados

Los vestidores se encuentran separados del cuarto de excusados.² En los excusados, junto a cada uno, se debe contar con un portarrollos fijo a la pared, es importante que el usuario pueda seccionar el papel sin manipular el rollo.

Deben mantenerse estrictas normas higiénicas en los baños, verificarse continuamente que las tasas y mingitorios estén limpios y en buen estado. El taponamiento de una tasa o mingitorio, será motivo de una clausura inmediata. Si un excusado llega a derramarse contaminando el piso con desechos humanos, se clausurara toda la sala y solo se abrirá cuando se haya hecho una limpieza y desinfección completas.¹

2.1.6 Lavabos

Debe haber suficientes lavabos operados con sistema de operación no manual dentro o inmediatamente después de los sanitarios y estos deben contar con una adecuada provisión de agua fría y caliente, toallas desechables, jaboneras y cestos para basura.^{1, 3}

Se recomienda contar con letreros que recuerden a los empleados que se laven las manos antes de abandonar los sanitarios.¹

En todos los casos después de visitar los sanitarios, los empleados deben lavarse perfectamente las manos con agua y jabón antes de tocar cualquier producto o implemento utilizado en la preparación de productos alimenticios.

Los **lavabos en el área de proceso**, frecuentemente las manos se llegan a ensuciar durante las labores de rutina y es necesario lavarlas cuantas veces sea necesario por lo que se debe contar con lavabos cerca de los puestos de operaciones.

Proporcionar lavabos¹ para manos en el área de proceso, con agua caliente y fría (el accionamiento de las llaves debe realizarse con el pie, con la rodilla o cualquier otro sistema automático, que evite el contacto con las manos), jabón desinfectante, cepillos para las uñas, toallas desechables o secadores de aire y depósitos de basura con tapa.^{3, 4} En todas las áreas de aseo personal, deben existir letreros alusivos para el lavado de manos, botas, guantes, uso correcto de cofia y cubre bocas, entre otros.

Separación de las instalaciones de acuerdo con las funciones de los empleados.

Los empleados que trabajan en áreas tales como los patios de recepción de ganado, los cobertizos o los departamentos de decomisos o productos no comestibles deben tener instalaciones sanitarias separadas¹ para evitar la contaminación cruzada ya que estos trabajadores se encuentran por ejemplo en el exterior del establecimiento y pueden traer microorganismos patógenos del suelo dentro del establecimiento.

2.1.7 Comedor

Los comedores para los empleados, deben contar con mesas, sillas o bancas, lavabos y bebederos, en éstos se permite la instalación de maquinas dispensadoras de bebidas, éstas maquinas deberán estar montadas sobre una plataforma o repisa con una altura que permita la limpieza del piso debajo de ellas. Los comedores deben estar provistos de recipientes para basura, los cuales se vaciaran y limpiaran diariamente. Si se cuenta con alguna concesión para algún comedor industrial, se debe vigilar que la preparación y el manejo de los alimentos, cumpla con las normas higiénicas como las implantadas en otras áreas.

2.2 Flujo de los Visitantes

Se deben impedir que el personal de mantenimiento y los visitantes ocasionales contaminen los productos. Las rutas de transito de los empleados dentro de la planta debe planearse de tal manera que se evite la contaminación cruzada. Puede ser por medio de letreros y/o otros medios de aviso para restringir el acceso de personal ajeno a determinadas áreas de trabajo peligrosas. Se sugiere que el acceso de los visitantes al rastro se controle documentalmente mediante el mantenimiento de un libro de visitas y si los comerciantes, verificadores, veterinarios, personal de mantenimiento y técnicos de servicios exteriores (como maquinas), que pueden haber estado en contacto con otros rastros, animales, granjas, etc. deben considerarse visitantes de alto riesgo, como posible fuente de dispersión de enfermedades. Por lo que se sugiere que sus vehículos, en la medida de lo posible, permanecer alejados de la entrada a las instalaciones y ser convenientemente desinfectados mediante vados o sistemas de desinfección equivalentes si es que van a tener contacto con alguna etapa del proceso de obtención de la carne.

Dentro del rastro, se deben tomar las precauciones para impedir que los visitantes contaminen el alimento en las zonas donde se procede a la manipulación de éste. La dirección deberá implementar un plan para el movimiento del personal y también para los visitantes, para reducir la contaminación cruzada. Puede utilizarse un sistema de código de colores para identificar al personal asignado a diferentes zonas de la planta. Los visitantes deberán pasar de las zonas más limpias hacia las más contaminadas para evitar diseminar microorganismos, contaminación como heces, basura, etc.

Las precauciones pueden incluir el uso de ropas protectoras. El rastro debe contar con un espacio reservado, previo a la entrada del rastro, para que los visitantes procedan a colocarse la ropa y accesorios de protección (botas antiderrapantes, cofia, cubrebocas y bata), propia del rastro que deberá mantenerse en perfecto estado de limpieza.

Los visitantes deben cumplir las mismas disposiciones que el manipulador de alimentos. Dentro del establecimiento se deberá regular el tránsito de personas ajenas al proceso mediante el uso de algún tipo de barrera.¹⁵

3. Flujo del Producto

Como ya se menciona en el Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura, cuando se plantea una instalación de procesamiento de alimentos, se deben considerar localidad, el vecindario, propiedades, alrededores, estructura(s) y equipos. El punto central, es prevenir que potenciales contaminantes entren en contacto con los alimentos. Los contaminantes pueden ser transportados por el aire (bacterias, levaduras, moho, suciedad, insectos, pájaros, etc.) así como también hay contaminantes internos (condensación, astillas, pintura, óxido, etc.). La instalación debe estar diseñada de manera que el producto fluya sólo en una dirección. Otra vez, la idea es minimizar la contaminación cruzada del producto durante el proceso con material que no se encuentre limpio. Esto incluye las canales (materia prima), basura, empaques y otras fuentes potenciales de contaminantes. Tanto el interior del inmueble, como la ubicación y diseño del equipo, la ventilación e iluminación deben ser considerados desde el punto de vista de uso práctico, limpieza, sanitización y mantenimiento. Cuando estas instalaciones se diseñan o remodelan, se tiene que considerar la accesibilidad de estas áreas para las variadas actividades. También es de suma importancia para todos los empleados el tener un número adecuado de instalaciones sanitarias. El agua que se utilice en producción debe ser potable y se deben mantener registros de su muestreo. No puede existir ninguna conexión cruzada entre las fuentes de agua potable y no potable. La plomería debe estar bien equipada con dispositivos que protejan de la devolución del flujo, para prevenir así la contaminación del agua potable.²⁴

Cada instalación de procesamiento tendrá un proceso único específicamente diseñado para el producto que produce. Las directrices del CFR pueden ser utilizadas como referencia para hacer frente a necesidades específicas, algunas directrices generales se listan a continuación:²⁵

- Todas las operaciones de recepción, transporte, empaque, preparación, procesamiento y almacenamiento de alimentos deben seguir principios sanitarios.
- Las materias primas deben ser inspeccionadas y separadas de los productos procesados.
- Los contenedores de materia prima deben ser sometidos a inspección.
- El hielo, cuando sea usado, debe ser sanitario si se utiliza para producción de alimentos.
- El equipo para procesamiento de alimentos debe ser sometido a inspección y limpiado con regularidad.
- Los factores de procesamiento como tiempo, temperatura, humedad, presión y otras variables relevantes deben ser adecuadamente controlados y documentados.
- Deben establecerse los procedimientos que se seguirán para las pruebas que se utilizarán para la revisión de calidad y seguridad de los productos terminados.
- Los materiales de empaque deben ser aprobados y proporcionar protección adecuada.
- Los productos terminados deben ser codificados para brindar información como lugar y fecha de producción.
- Los registros de producción deben ser llevados correctamente y guardados por un lapso de tiempo apropiado.

El **Diagrama de Flujo del Producto** es la representación gráfica de las secuencia de un determinado proceso que se lleva a cabo en un establecimiento, estableciendo cronología de las actividades (operaciones) dentro del proceso. Puede incluir los materiales o servicios que entran y salen del mismo, las decisiones que deben ser tomadas y las personas involucradas, facilitando así el análisis para la identificación de los puntos clave dentro del proceso de un producto en particular. La representación que se haga de una operación o proceso deberá quedar resumido en pocas hojas, de preferencia en una sola. Los diagramas extensos dificultan su comprensión y evaluación. Esta herramienta permite al inspector centrar su atención en aquellos puntos donde considere que existe riesgo en la manipulación de los productos.



A través del **Layout o Circuito del Producto** se esquematizan todas las actividades y circuitos, incluidos el personal (la ruta que siguen los *empleados* desde que ingresan al establecimiento, los movimientos “esperables” de su labor de un sector a otro y cuando termina su jornada), equipos e instalaciones y su relación con el diagrama de flujo del producto de procesos. Debería también mostrar cómo las *visitas* ingresan y por dónde abandonarán el edificio. La utilidad del layout reside en que:

- permite identificar cruzamientos inadecuados, el producto debería circular en el sentido del proceso, no existiendo cruce entre los diferentes flujos de productos
- permite delimitar zonas y establecer medidas correctivas para evitar la contaminación y promover las Buenas Prácticas de Manufactura- POES – Control de Fauna Nociva
- presenta la combinación de labores, métodos, y análisis (qué se hace, cómo se hace, para qué se hace y dónde se hace).
- posibilita identificar áreas de mayor movimiento y donde, por ejemplo, el material del piso va a tener que resistir altas cargas de flujo de personas.

Ambas herramientas, el Diagrama de Flujo del Producto y el Layout, jerarquizan la labor del verificador, facilitando y ordenando el recorrido durante la visita, asegurando que evitemos pasar por alto alguna área/etapa importante.

3.1 Contaminación Cruzada en relación al flujo del producto

Generalmente, los microorganismos y otros contaminantes no pueden moverse por sí mismos. A cambio, son trasladados a la comida y la comida entra en contacto con los humanos, roedores o insectos. Esta transferencia es llamada “contaminación cruzada”. Los locales y el equipo deben emplazarse, diseñarse, construirse, adaptarse y mantenerse de forma conveniente a las operaciones que deban realizarse. Su disposición y diseño deben tender a minimizar el riesgo de errores y a permitir una limpieza y mantenimiento efectivos para evitar la contaminación cruzada, la acumulación de polvo o suciedad y, en general, cualquier efecto negativo sobre la calidad de los productos.

Para evitar la contaminación cruzada se recomienda los siguientes lineamientos:

1. Los locales deben situarse en un entorno que, considerándolo junto con las medidas necesarias para proteger la fabricación, presente un riesgo mínimo de provocar la contaminación de los materiales o productos.
2. Los locales deben mantenerse cuidadosamente, garantizando que las operaciones de reparación y mantenimiento no supongan ningún riesgo para la calidad de los productos. Los locales deben limpiarse y, en su caso, desinfectarse con arreglo a instrucciones detalladas recogidas por escrito.
3. La iluminación, temperatura, humedad y ventilación deben ser adecuadas de forma que no afecten negativamente, de manera directa o indirecta, a los productos alimenticios durante su fabricación y almacenamiento ni a la precisión del funcionamiento del equipo.
4. Los locales deben diseñarse y equiparse de forma que se consiga una máxima protección contra la entrada de insectos u otros animales.
5. Deben tomarse medidas para evitar la entrada de personal no autorizado. Las zonas de producción, almacenamiento y control de calidad no deben utilizarse como lugar de paso por el personal que no trabaje en las mismas.

En las **Zonas de Producción** se recomienda que:

1. Los establecimientos deben disponerse preferentemente de forma que la producción pueda realizarse en zonas conectadas según un orden lógico, correspondiente a la secuencia de las operaciones y a los niveles requeridos de limpieza.

2. La adecuación del espacio de trabajo y de almacenamiento durante el proceso debe permitir la colocación ordenada y lógica del equipo y materiales de forma que se minimice el riesgo de confusión entre diferentes productos alimenticios o sus componentes, se evite la contaminación cruzada y disminuya el riesgo de omisión o ejecución errónea de cualquier fase de la fabricación o del control.
3. Los locales para la producción de alimentos deben estar diseñados específicamente y dispuestos de forma que se eviten las confusiones y la contaminación cruzada.

En las Zonas de Almacenamiento **Zonas de almacenamiento** se recomienda que:

1. Las zonas de almacenamiento deben tener la suficiente capacidad para permitir el almacenamiento ordenado de las diversas categorías de materiales y productos: materiales de partida y acondicionamiento, productos intermedios, a granel y terminados, productos en cuarentena, aprobados, rechazados y retirados.
2. Las zonas de almacenamiento deben estar diseñadas o adaptadas para garantizar unas buenas condiciones de almacenamiento. En especial, deben ser limpias y secas y mantenerse dentro de unos límites aceptables de temperatura. En caso de que se necesiten condiciones especiales de almacenamiento (por ejemplo, de temperatura o humedad), estas condiciones deben procurarse y comprobarse.
3. Las naves de recepción y despacho de mercancías deben proteger de las inclemencias del tiempo a los materiales y productos. Las zonas de recepción deben estar diseñadas y equipadas para permitir la limpieza, en caso necesario, de los envases del material de entrada antes de su almacenamiento.
4. Debe disponerse de zonas separadas para el almacenamiento de materiales o productos rechazados, retirados.

4. Mecanismos de prevención de contaminación cruzada

- Buenas Prácticas de Manufactura (Ver Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura)
- Separación física/virtual de alimentos crudos y listos para consumir

Separación física/virtual del proceso de alimentos crudos y listos para consumir: Los alimentos crudos o no procesados deben ser separados, físicamente o por momento de trabajo (durante el almacenamiento y la manipulación) de los alimentos listos para comer. Siempre debe realizarse la limpieza y desinfección antes del comienzo de cada una de estas operaciones.

La delimitación de *zona sucia* (donde se realizarán las actividades contaminantes), *zona limpia* (donde se desarrollarán las actividades susceptibles a sufrir contaminación) -e idealmente una *zona intermedia* (que actuaría como “filtro” entre una actividad sucia y otra limpia, disminuyendo aún más las posibilidades de contaminación cruzada dentro del sector de elaboración) y la asignación de tareas específicas de cada zona (junto con la adecuada capacitación de los empleados) constituyen una de las medidas más efectivas para organizar el flujo de los alimentos por el establecimiento previniendo la contaminación cruzada.

En caso que esto no sea posible, previo a su reutilización, o cambio de tarea/producto, las superficies, los utensilios, y todo equipamiento deben limpiarse y desinfectarse totalmente.

Nunca se debe dejar que la carne cruda o sus jugos entren en contacto con alimentos cocidos o cualquier otra comida que será consumida sin cocción adicional. Para evitar esto se recomienda la utilización de equipos de refrigeración separados para productos crudos y cocidos/ listos para consumir.

Monitoreo / Verificación de las Medidas para Prevenir la Contaminación Cruzada

La implementación de las medidas para la prevención de la contaminación cruzada deben monitorearse/ verificarse con frecuencia. En caso de detectar errores/ desviaciones se debe detener, corregir, prevenir la recurrencia y re-evaluar la inocuidad del producto. Por supuesto, es recomendable la documentación de los errores/ desviaciones y las acciones correctivas.

La siguiente tabla ejemplifica las acciones a monitorear y cuáles pueden ser las correcciones recomendadas para la verificación de la prevención de la contaminación cruzada:

El funcionamiento de un rastro puede esquematizarse bajo dos grandes líneas, por un lado todas las áreas de apoyo para la infraestructura sanitaria, como son el diseño de la planta, programa sanitario, higiene personal y otros servicios, y por otro la aplicación de este apoyo al procesamiento del producto

con base en instalaciones, equipo y operación higiénica, que juntos conformen las buenas prácticas en un rastro (anexo 1).¹⁷

5. Glosario

Alimentos listos para comer (LPC): Alimentos que son servidos al consumidor y no requieren procesamiento o cocción adicional para eliminar los patógenos encontrados en alimentos.

Contaminación cruzada: Ocurre cuando un peligro que causa una enfermedad alimentaria es transferido de una superficie a otra, posiblemente contaminando otro alimento inocuo.

Enfermedad alimentaria (ETA): Enfermedad causada por comer alimentos contaminados con un patógeno presente en el alimento o su toxina.

Intoxicación alimentaria: Cuadro clínico que aparece como consecuencia del consumo de alimentos contaminados por bacterias o por toxinas de origen bacteriano o no bacteriano.

Limpio: Libre de suciedad visible.

Manipuladores de alimentos: Se denominan manipuladores de alimentos a todas aquellas personas que por su actividad laboral tienen contacto directo u ocasional con los alimentos durante su preparación, transformación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte, distribución, venta, suministro o servicio.

Microorganismo: Un organismo viviente que no puede ser visto a simple vista. Existen diferentes tipos de microorganismos incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos y mohos.

Patógeno: Un microorganismo capaz de causar una enfermedad.

Superficie en contacto con los alimentos: Cualquier superficie del equipo o de un utensilio con la cual el alimento normalmente entra en contacto; o una superficie del equipo o de los utensilios de la cual el alimento puede drenar, salpicar o gotear: en el alimento, o en una superficie normalmente en contacto con los alimentos.

Zona de temperatura peligrosa: Intervalo de temperatura (5–57.3°C) en el cual, patógenos bacterianos pueden crecer en los alimentos si se les da el tiempo suficiente.

Módulo 7. Calidad y Composición de la Carne

1. Introducción

- 1.1 Calidad de alimentos de origen animal
- 1.2 Calidad de la carne

2. Músculo estriado

- 2.1 Estructura e histología
- 2.2 Tipos de músculos
 - 2.2.1 Estructura del tejido muscular esquelético
- 2.3 Composición química
 - 2.3.1 Agua
 - 2.3.2 Proteínas
 - 2.3.3 Grasas
 - 2.3.3.1 Factores que influyen en la cantidad y composición de la grasa
 - 2.3.4 Vitaminas
 - 2.3.5 Minerales
 - 2.3.6 Otros componentes

3. Características de la calidad del músculo

- 3.1 Capacidad de retención de agua
- 3.2 pH
- 3.3 Color
- 3.4 Aroma y Sabor
- 3.5 Textura
- 3.6 Marmoleo

4. Cambios bioquímicos pre y post-mortem

- 4.1 Mecanismos de Abastecimientos de Energía
 - 4.1.1 Glucólisis
- 4.2 Establecimiento de *Rigor Mortis* y Cambios Post-Mortem
 - 4.2.1 Etapa Pre-Rigor
 - 4.2.2 *Rigor Mortis*
 - 4.2.3 Resolución del *Rigor Mortis*
- 4.3 Enzimología de la maduración
 - 4.3.1 Maduración
 - 4.3.2 Enzimas Endógenas del Músculo

5. Factores que definen la calidad de la carne

- 5.1 Carne Pálida, Suave y Exudativa (Pale, Soft and Exudative (PSE))
- 5.2 Carne oscura, firme y seca (Dark, Firm and Dry (DFD))
- 5.3 Síndrome de Stress Porcino
 - 5.3.1 Manifestaciones Clínicas
- 5.4 Cadena Productiva
- 5.5 Producción o Manejo en Granja
- 5.6 Proceso de Obtención de la Carne
 - 5.6.1 Ayuno previo al sacrificio
 - 5.6.2 Reposo
 - 5.6.3 Transporte
 - 5.6.4 Insensibilización
 - 5.6.5 Desangrado
 - 5.6.6 Escaldado
 - 5.6.7 Evisceración
 - 5.6.8 Refrigeración
 - 5.6.8.1 Cambios físicos
 - 5.6.8.2 Modificaciones químicas y bioquímicas
 - 5.6.8.3 Modificaciones microbiológicas
- 5.7 Color
 - 5.7.1 Aspectos Químicos y Bioquímicos del color de la carne
 - 5.7.2 Aspectos Físicos del color de la carne

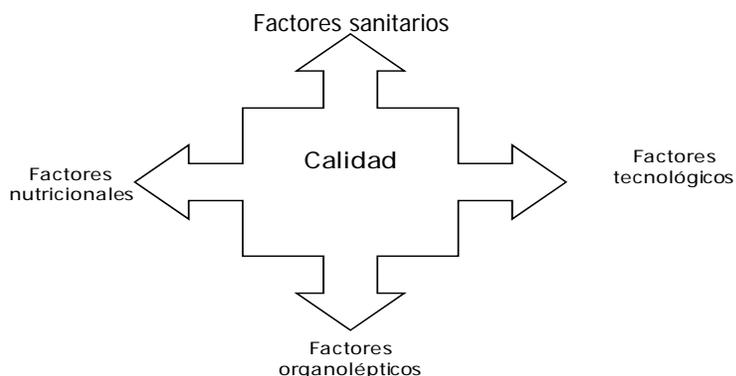
- 5.7.3 Microorganismos
 - 5.8 Aroma y Sabor
 - 5.8.1 Precursores del aroma de la carne
 - 5.8.2 Factores que modifican la formación del aroma de la carne
 - 5.8.2.1 Efecto del pH
 - 5.8.2.2 Efecto del manejo Post-mortem
 - 5.8.2.3 Efecto de la Temperatura
 - 5.9 Propiedades funcionales y textura
 - 5.9.1 Propiedades Funcionales
 - 5.9.1.1 Retención De Agua
 - 5.9.1.2 Solubilidad
 - 5.9.1.2.1 Hidratación
 - 5.9.1.2.2 Gelificación
 - 5.9.1.2.3 Emulsificación
 - 5.10 Textura
 - 5.10.1 Textura en carne para consumo directo
 - 5.10.1.1 Efecto de las etapas ante-mortem
 - 5.10.1.2 Efecto de las etapas post-mortem
 - 5.11 Hematomas y Lesiones
11. **Clasificación Comercial de Carne Porcina**
 12. **Métodos para la evaluación de canales**
 13. **Glosario**

1. Introducción

1.1 Calidad de alimentos de origen animal

La calidad es un concepto complejo e integrador que incluye factores de diferentes categorías, en la Imagen 1 se sintetizan algunos de los aspectos más relevantes. La calidad puede ser evaluada desde diferentes perspectivas, pero en la industria alimentaria deben ser atendidos todos los elementos desde la perspectiva de la calidad total.²⁶

Imagen 1. Factores que afectan la calidad de los alimentos de origen animal



Factores sanitarios

Involucran el estado higiénico del producto (calidad sanitaria), definido por la eventual presencia de contaminantes. Las normas alimentarias suelen incluir límites máximos permitidos de residuos químicos y microorganismos, entre estos últimos las bacterias mesófilas aerobias y organismos coliformes se emplean como indicadores universales. La tolerancia “cero” se prescribe para elementos de particular riesgo (por ejemplo, *Salmonella*). El nivel de contaminación física es un criterio importante en el comercio internacional. La frescura (vida útil o vida de anaquel) tiene estrecha relación con el estado higiénico de los alimentos.²⁶

Factores tecnológicos

Dentro de estos factores se considera a la elección del tipo de animal. Este aspecto depende a su vez de varios factores, como condiciones ambientales del lugar de producción, condiciones y tipo de mercado a abastecer, infraestructura con la que se cuenta, disponibilidad de reproductores, etc.⁴²

Peso de la canal

La valoración comercial de la producción de carne tiene una doble dependencia de criterios cuantitativos (peso de la canal) y de criterios cualitativos ligados a la composición de la canal y a las características de los músculos. El peso de la canal, debe mantener una relación con un nivel mínimo de porcentaje de grasa que varía con los factores antes mencionados.⁴² La raza, edad, sexo, etc.; las razas presentan diferencias notables en crecimiento muscular y adiposo. Con respecto a la edad, es importante recordar que de acuerdo a ella el animal varía la composición de los tejidos y dentro de ellos, el tipo de tejido adiposo (intermuscular-subcutánea-intramuscular).⁴²

Factores organolépticos

Los que detectan los sentidos (calidad sensorial) esenciales en la mercadotecnia: color, sabor, textura, forma, olor, apariencia, suavidad, viscosidad, jugosidad, etc.²⁶

Factores nutricionales

Se refieren al valor biológico del alimento dado por sus componentes: proteínas (aminoácidos esenciales), grasas (ácidos grasos esenciales), carbohidratos, vitaminas, minerales, pigmentos y elementos traza. La digestibilidad de la proteína puede incluirse en este apartado. La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino.⁴³

Los anteriores factores son propios del alimento y pueden ser medidos objetivamente con parámetros definidos, por el contrario, los factores culturales, aunque influyen en el concepto de calidad, dependen

del consumidor y por tanto tienen carácter subjetivo (por ejemplo: frescura). El nivel socioeconómico, hábitos alimentarios, estado de salud, conciencia sanitaria y nivel de escolaridad por parte del consumidor, influido por el mercado, oferta-demanda, precio, publicidad, moda entre otros, son algunos aspectos a considerar.²⁶

1.2 Calidad de la carne

El concepto de calidad presenta discrepancias según se trate de productores, procesadores, nutricionistas, consumidores, cada grupo enfoca su atención a diferentes atributos para satisfacer requerimientos muy particulares. Dada la suma de variables es difícil encontrar una definición que satisfaga a todos los sectores.²² De acuerdo a la Organización Internacional de Estándares (ISO), se define el concepto de calidad de la siguiente manera:

“Total de características y valor de las mismas de una unidad (producto, actividad) en relación al cumplimiento condicionado de requerimientos preestablecidos en un estándar (DIN/ ISO-8402-1995)”

Antes de hablar de calidad de la carne tenemos que revisar el significado del término carne. En México, a diferencia de la mayoría de los países, denominados carne a los músculos comestibles de las diferentes especies, incluso aves.²² Normativamente, “carne es la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos de las especies animales autorizadas para consumo humano” (NOM-009-ZOO-1994).⁵⁴ En la misma norma se define a los animales de abasto como “los destinados al sacrificio, como bovinos, caprinos, porcinos, aves, equinos o cualquier otra especie destinada a consumo humano”. En inglés, el término *meat* (carne) no incluye a las aves, éstas, tienen un concepto independiente, llamado *poultry*, lo mismo ocurre en otros idiomas (alemán, francés, etc.) y países donde las aves no están consideradas en el concepto oficial de animales proveedores de carne.^{3,4}

La calidad de la carne se determina primeramente en la granja pero para conservarla deben aplicarse Buenas Prácticas durante el manejo de los animales en el sacrificio y durante el proceso de obtención de la carne, porque estas etapas son críticas tanto para la inocuidad como para la calidad. El concepto “calidad de la carne” se compone de la suma de criterios independientes como composición química, estructura, suavidad, consistencia, olor, sabor, color, capacidad de retención de agua, pH, tipo de glucólisis, estado higiénico, potencial redox, contaminación química, entre otros muchos. Estos criterios son influidos tanto por factores independientes como interdependientes: manejo de animales, alimentación, transporte, técnica de sacrificio, estado de salud, manejo del animal antes y después del sacrificio, técnicas de sacrificio,³ procesos post mortales en musculatura, manejo de la carne y procedimientos de conservación.

2. Músculo estriado

2.1 Estructura e histología

El tejido muscular es uno de los tejidos básicos de los organismos que se asocia con el movimiento y posición del esqueleto y con la contracción de muchos órganos. Este tejido, junto a cantidades variables de otros tejidos, es el componente principal de la carne. La carne es la organización estructural más compleja de todos los alimentos y sus componentes estructurales influyen significativamente sobre su calidad. El estudio de la estructura muscular y sus componentes proteicos es esencial para entender las relaciones entre las propiedades del músculo y su empleo como carne y muchas de las características de calidad de la carne, como la textura, terneza, jugosidad, así como a las reacciones químicas que en él se realizan.

Por otra parte, todo aquello que afecte a la estructura muscular, fundamentalmente los procesos tecnológicos (amasado, cocción, secado, salado, etc.) se reflejarán en las características del producto final. Por lo tanto, conocer detalladamente la estructura muscular y sus modificaciones durante las diferentes técnicas de procesamiento ayudarán a comprender el comportamiento de la carne y de esta forma se podrá incidir en estos procesos para mejorar la calidad del producto final.

2.2 Tipos de músculos

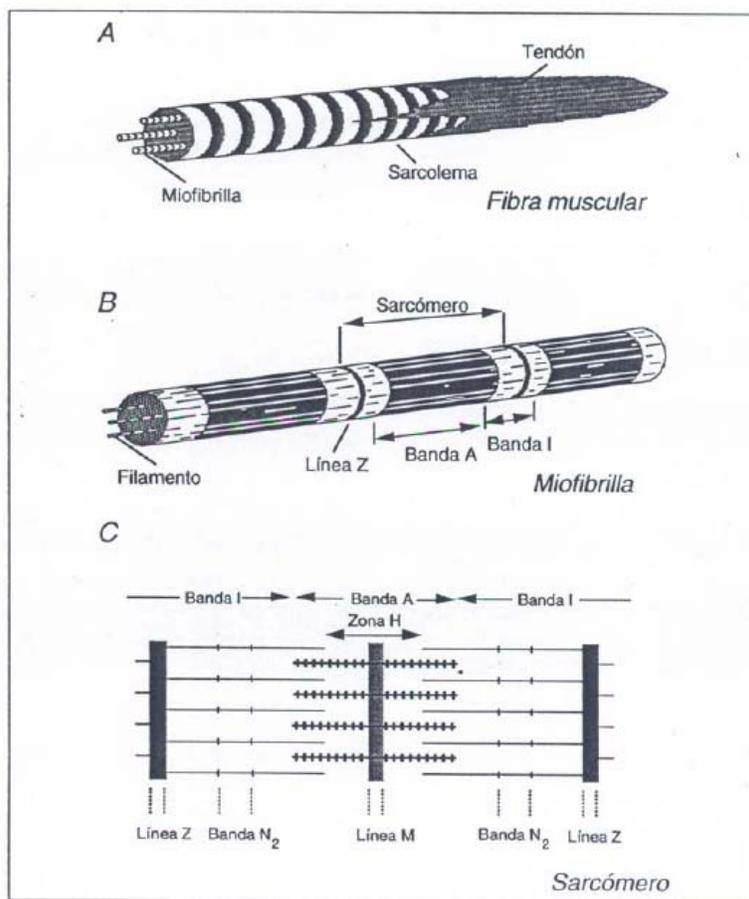
Existen tres tipos de músculos, el tejido muscular liso, tejido muscular cardíaco y el **músculo estriado esquelético**. Nos enfocaremos en este último dado que es el que se conoce como carne. Las células de este tejido son las fibras musculares, que son células cilíndricas muy alargadas, que presentan varios

núcleos que se sitúan en la periferia y que tienen una membrana celular que se denomina sarcolema. Tienen estructuras estriadas que se denominan miofibrillas. Las miofibrillas constituyen el sistema contráctil, tienen la longitud de la fibra muscular y un diámetro de 1 μm y, están cubiertas por el retículo sarcoplásmico. Al observar cada miofibrilla al microscopio (Imagen 2. Esquema B)) se observan en forma alternada bandas claras y bandas oscuras que dan la apariencia estriada del músculo. La banda clara es monorrefringente (isotrópica) cuando se observa bajo luz polarizada y se le denomina banda I. La banda oscura presenta doble refringencia (anisotrópica) bajo la luz polarizada y se le llama banda A. En el centro de la banda A se encuentra una zona menos densa llamada zona H, dividida por la línea oscura M. La banda I está dividida en dos por una línea oscura llamada línea Z. El sarcómero (Imagen 2. Esquema C)) es una unidad de contracción y se define como la región entre dos líneas Z adyacentes que se repite a lo largo de la miofibrilla. El análisis de la organización estructural del sarcómero permite la comprensión del mecanismo de contracción de las fibras musculares estriadas, el cual se basa en el deslizamiento de los filamentos gruesos sobre los filamentos delgados.²⁸

Como ya mencionamos anteriormente, el tejido muscular está integrado por fibras musculares que son células multinucleadas de forma alargada, rodeadas por una membrana plasmática eléctricamente excitable, llamada sarcolema, situada debajo del endomisio. En el citoplasma o sarcoplasma se encuentran numerosas miofibrillas de 1 a 2 μm de diámetro, ordenadas en paralelo a lo largo de la fibra muscular, que constituyen el sistema contráctil. Además de miógeno que contiene los sistemas enzimáticos, mioglobina, glucógeno, iones inorgánicos, adenosintrifosfato (ATP) y fosfato de creatinina (CP), entre otros.^{133,134}

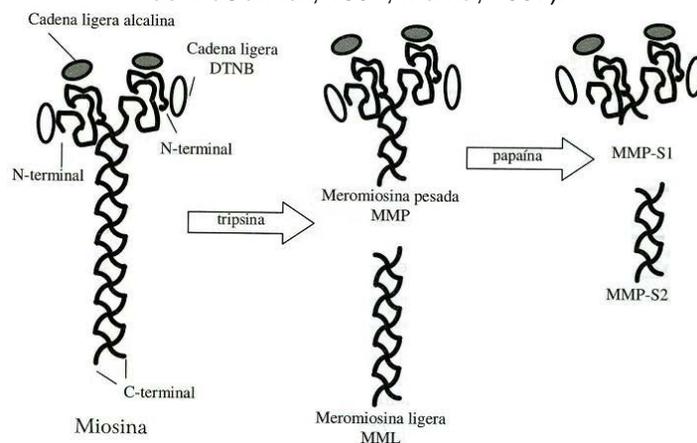
El color del tejido muscular estriado es heterogéneo, incluso dentro de un mismo músculo, debido a que existen varios tipos de fibras musculares, las cuales están distribuidas de forma irregular en función de la velocidad de respuesta a un estímulo nervioso. Se clasifican como: fibras tipo I o de contracción lenta, fibras tipo IIA o de contracción oxidativa rápida y fibras tipo IIB o contracción glucolítica rápida. Las fibras tipo I son rojas debido a que contienen mioglobina y un gran número de mitocondrias, su metabolismo es aerobio en el que se requiere de grandes cantidades de oxígeno para producir energía. Las fibras rojas se contraen lentamente, pero mantienen una contracción sostenida durante un largo periodo. A diferencia de las fibras tipo IIB o blancas que carecen de mioglobina, tienen pocas mitocondrias y poseen una gran proporción de enzimas glucolíticas, por lo que están adaptadas a un metabolismo anaerobio. En este sentido las fibras blancas presentan una rápida respuesta aunque el tiempo de contracción es corto.²⁸

Los filamentos gruesos y delgados se traslapan entre sí por el establecimiento de puentes cruzados entre la actina y la miosina formando el complejo actomiosina, con la consecuente reducción en la distancia entre dos líneas Z. El tamaño del sarcómero varía desde 1 500 a 2 300 nm según el estado de contracción (Imagen 2. c) sarcómero). La tensión desarrollada durante la contracción muscular es proporcional al traslape de los filamentos y al número de puentes cruzados.²⁸

Imagen 2. Esquema A) estructura de una fibra muscular, B) miofibrilla y c) sarcómero ²⁸

La miosina (Imagen 3) es la proteína de mayor concentración en el tejido muscular, constituye el 55% de las proteínas miofibrilares y es el principio componente de los filamentos gruesos. Cada una de las cadenas de miosina posee dos dominios. El dominio constituido por el extremo C-terminal está integrado por 1 300 residuos de aminoácidos y tiene una estructura fibrilar α -hélice. En tanto que el dominio del extremo N-terminal con 800 residuos posee una estructura globular. Las fracciones helicoidales de las dos cadenas de miosina se enrollan helicoidalmente entre sí formando una superhélice que corresponde a la fracción de cola de la miosina, mientras que los dominios globulares generan una doble cabeza. ²⁸

Imagen 3. Representación de la estructura de la miosina y su hidrólisis con tripsina y papaína (adaptado de McCornick, 1994, Murria, 1997).



2.3 Composición química

La carne es un importante alimento para la nutrición humana; sus componentes fundamentales son bien conocidos. La composición del músculo esquelético (Tabla 1) es relativamente constante en los animales de abasto, las diferencias son menores y los valores se mantienen en rasgos estrechos; las diferencias encontradas en diferentes autores son debidas principalmente a la cantidad de grasa del corte o porción estudiada.²⁸

Tabla 1. Composición de la carne²³

Composición del músculo	
Agua	76.0%
Proteína	21.0%
Grasa	1.5%
Sustancias orgánicas	1.0%
Glucógeno/ácido láctico	0.5%

2.3.1 Agua

La cantidad varía dependiendo de la especie, la edad, sexo y zona anatómica del tejido (Tabla 2). La variación de la cantidad de agua está directamente relacionada con la variación de la cantidad de grasa (lo mismo pasa en todos los alimentos). La cantidad de agua en la carne oscila entre 60 y el 80% y esta relacionada con la jugosidad y otros atributos sensoriales como la textura el color o la dureza de la carne.²⁸

Tabla 2. Cantidad de agua, proteína, lípidos y cenizas en la carne por especie¹⁹

Composición de carne magra (%)				
Especies	Agua	Proteína	Lípidos	Cenizas
Vacuno	70-73	20-22	4-8	1.0
Pollo	73-77	20-23	4-7	1.0
Cordero	73	20	5-6	1.4
Cerdo	68-70	19-20	9-11	1.4

La proteína es el componente más importante; la calidad y valor biológico son muy altos. El tipo y la proporción de los aminoácidos son muy similares a los requeridos para el crecimiento y mantenimiento del organismo humano. Del contenido de nitrógeno en el músculo, aproximadamente el 95% está en forma de proteína y el 5% restante en forma de pequeños péptidos, aminoácidos y otros compuestos.^{19, 23} (Tabla 3).

Tabla 3. Principales proteínas de la carne¹⁹

Proteínas en carne	
Colágeno	14%
Proteínas sarcoplasmáticas	58%
Actomiosina	27%
Mioglobina	1%*

*La cantidad de mioglobina depende de cada especie animal.

2.3.2 Proteínas

La carne aporta cantidades importantes de lisina y treonina, y en relación a los requerimientos, cantidades adecuadas de metionina y triptofano.²⁸ Las proteínas están formadas por 20 aminoácidos diferentes, el hombre no puede sintetizarlos todos (aminoácidos esenciales) (tabla 4). La desnaturalización de las proteínas (pérdida de estructura terciaria) inducida, por ejemplo, por calentamiento prolongado, disminuye su digestibilidad pero aumenta la penetración de enzimas proteolíticas.¹⁹

Tabla 4. Contenido de aminoácidos esenciales en proteína (mg/kg) de algunos alimentos en relación con los requerimientos diarios (mg/kg)

Aminoácidos	Contenido en					Requerimiento diario	
	Huevo	Carne	Leche	Frijoles	Trigo	Niños	Adultos

Valina	74	50	69	60	42	41	18
Leucina	90	82	99	95	70	56	25
Isoleucina	68	52	64	53	42	37	18
Lisina	63	93	78	74	20	75	22
Treonina	50	47	46	48	28	44	13
Metionina + cisterna	54	42	33	16	31	34	24
Fenilalanina + treonina	104	86	100	107	79	34	25
Triptofano	17	13	14	14	11	4.6	6.5

Proteínas miofibrilares: van a suponer hasta el 65-75% del total de las proteínas del músculo. Las más importantes son la actina (principal componente de los filamentos delgados) y la miosina (principal componente de los elementos gruesos). La forma en la que nos las vamos a encontrar en la carne es en forma de actinmiosina.²⁸

Miosina: (ver punto 2.2 Tipos de músculos) supone el 50% aproximadamente de las proteínas miofibrilares. La molécula está compuesta por dos cadenas pesadas (mermiosina) y cuatro cadenas ligeras. Las dos cadenas pesadas forman la con la y tienen una estructura fibrilar, mientras que las cadenas ligeras forma en la cabeza y tienen estructura globular. Las cadenas ligeras tienen un centro activo ATPasa.²⁸

Actina: es la parte fundamental de los filamentos de legados, es una proteína globular que se denomina actina G. es capaz de polimerizados para formar filamentos que se denominan actina F. Supone el 25% de las proteínas miofibrilares y su punto isoeléctrico está en torno a 4.7 (es el punto de pH en el que la proteína presenta carga neutro lo cual es muy importante en cuanto a la capacidad de retención de agua de la carne).²⁸

Tropomiosina: supone entre el 8 y el 12% de las proteínas miofibrilares. Tiene estructura fibrilar y forma parte del filamento delegado descansando sobre la actina y de vez en cuando uniéndose a ella.

Troponina: está presente en un bajo porcentaje, es globular y se encuentra en los filamentos delgados a la altura de la unión de la tropomiosina con la actina. Está implicada en procesos de regulación de la contracción muscular.

Proteína C: se encuentra en un 2% y al igual que otras muchas proteínas de alto peso molecular tienen una función estructural.

Proteínas sarcoplásmicas: suponen alrededor del 30-35% del total de proteínas, se encuentran en el citoplasma de la fibra muscular.

Mioglobina: según sea su estado así será el color de la carne. La mioglobina que es una heteroproteína ya que está constituida de una parte proteica (globina) y una parte no proteica (grupo hemo). La globina está formada por segmentos de alfa hélices dobladas en ocho segmentos. Dentro de la globina encontramos el grupo hemo que es una protoporfirina (4 anillos pirrólicos con un átomo de hierro en el centro). La estabilización del grupo hemo dentro de la molécula se hace por enlaces salinos, puentes de hidrógeno y interacciones hidrofóbicas. La cantidad de mioglobina de la carne dependerá de distintos factores:

Factores intrínsecos: según la especie presentará más mioglobina la carne de vacuno seguida de la de ovino, cerdo y en menor cantidad la carne de ave. En función de la fibra muscular predominante en el corte, cuanto más fibra roja haya más mioglobina encontraremos. Otro factor será la edad ya que los jóvenes tienen menos mioglobina que los adultos.

Factores extrínsecos: depende de la selección genética del animal así como de la alimentación que debe ser abundante en hierro para tener mayor cantidad de mioglobina.

Hemoglobina: es un tetrámero de la molécula de mioglobina y se encuentran en los capilares sanguíneos de la carne, por lo que se encuentra en forma residual.

Proteínas del estroma: son las proteínas del tejido conectivo que en la carne van a estar formando las envolturas del tejido muscular (perimio, endomio y epimio). La principal va a ser el colágeno. El colágeno es una de las proteínas más abundante del organismo ya que se encuentra en muchos otros sitios también. El colágeno es una glicoproteína que presenta restos de carbohidratos (glucosa y galactosa) que es muy rica en glicina presentando de manera secuencial prolina e hidroxiprolina de la siguiente manera:

-Gli-pro-hipro-gli-

Esta secuencia permite que la cadena peptídica tenga un enrollamiento muy abierto. Este hecho permite que la molécula de tropocolágeno esté formada por tres cadenas peptídicas en lugar de lo normal que son dos. La unión entre las cadenas es fundamentalmente por puentes de hidrógeno. Esto hace que presenten estriaciones y lógicamente, para mantener la estructura, existen enlaces intermoleculares. Existe más cantidad de enlaces cuanto más adulto es el animal y estos enlaces son los responsables de la solubilidad y la digestibilidad de la carne. Cuanto más enlaces más insoluble e indigesta es la carne. Cuando es calentado, se rompen los enlaces y es digerible.

Otra proteína del estroma es la elastina. La elastina se encuentra en el tejido conectivo principalmente el de ligamentos, vasos linfáticos y arterias. Es una proteína con un alto porcentaje en glicina. Va a presentar un aminoácido casi exclusivo que es la desmosina e isodesmosina. La desmosina está formada por cuatro lisinas que proceden de distintas cadenas de aminoácidos y hace que la elastina no sea digestible. La cantidad de elastina que existe en la carne es mucho menor que la de colágeno y además presenta un color amarillo.

Otra proteína del estroma es la reticulina. Envuelven vasos linfáticos, se encuentra en porcentajes muy bajos por lo que no es importante desde el punto de vista bromatológico.

2.3.3 Grasas

El contenido en la carne va a ser muy variable siendo el parámetro que más varía. Tal cantidad de grasa va a depender de la relación grasa-agua. Todo lo que hay en el agua, proteínas, sales etc. variará si aumenta o disminuye la cantidad de grasa. Esta grasa se va a acumular en cuatro depósitos:

- Cavidad corporal: cavidad torácica, abdominal y pélvica
- Zona subcutánea
- Localización intramuscular
- Localización intermuscular

La grasa de estos depósitos va a ser una grasa neutra. Formada por triglicéridos principalmente. Además también hay diglicéridos y monoglicéridos. Los triglicéridos son moléculas de glicina unidas por enlaces ésteres a tres ácidos grasos. También habrá colesterol y ésteres de colesterol.

Dependiendo de la especie el porcentaje de grasa variará siendo en el cerdo de un 5.25%. El porcentaje de grasa en la vaca, pollo, conejo, pavo está entre 2-3.2%. La cantidad de lípidos neutros será del 4.9% en el cerdo.

Los lípidos polares van a ser los fosfolípidos que se encuentran en un porcentaje bajo pero constante en la carne, donde tienen función estructural al constituir las membranas celulares. Los más importantes van a ser fosfatidil etanolamina, fosfatidilserina y fosfatidilcolina. Los ácidos grasos de la grasa de la carne son normalmente ácidos grasos pares (entre 4 y 24 átomos de carbono) aunque también los hay impares. Pueden ser ácido grasos saturados como el palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y mirístico (C14:0). También puede haber monoinsaturados como el oléico (C18:1) y el palmitoléico (16:1). En menor medida habrá ácidos grasos poliinsaturados como el linoléico (C18:2), linolénico (C18:3) y araquidónico (C20:4). Estos últimos más abundantes en la carne de ave. Todos son ácidos grasos lineales, raramente se encuentran ácidos grasos ramificados y en estos casos serán fosfolípidos no triglicéridos. Los dobles enlaces tendrán conformación CIS, aunque algunos procesos tecnológicos producen isomería TRANS que no se sabe si suponen un problema fisiológico.

2.3.3.1 Factores que influyen en la cantidad y composición de la grasa

El principal factor es el tipo de especie. Dentro de ella influirá la raza, la edad y el sexo. Mayor cantidad de grasa habrá en las hembras y al castrar a los machos se consiguen que tengan más grasa. Dentro de los factores extrínsecos influye la alimentación. En los animales monogástricos como el cerdo, dependiendo de la cantidad de grasa que consuma esa será la que va a presentar ya que no la transforma en su estómago.

2.3.4 Vitaminas

Las más importantes son las del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, B12, niacina). La carne de cerdo es rica en tiamina, la de pollo es rica en niacina y B6 y la de vacuno es rica en B6 y B12. Las demás vitaminas encuentran en cantidades muy pequeñas. La carne es rica en vitaminas del complejo B, bajas

concentraciones de otras vitaminas (la vitamina B1 es muy sensible al calor, desaparece durante la cocción).

Tabla 5. Contenido de vitaminas en algunos alimentos de origen animal (mg/kg)

	Carne bovina	Carne porcina	Hígado	Leche entera	Requerimiento diario
Vitamina A (retinol)	0.25	0.25	-	0.1-0.25	0.5
Carotina	-	-	-	0.1-0.6	-
Vitamina B1 (Tiamina)	1.0	4.0	5.0	0.4	1.5*
Vitamina B2 (riboflavina)	1.5	15.0	30.0	1.5	1.8*
Vitamina C (ácido ascórbico)	20.0	15.0	-	20.0	10-50
Cobalamina	-	-	alto	0.005	0.001

* Dependiente de la ingesta de energía.

2.3.5 Minerales

La carne es un alimento muy bueno de cara al aporte de minerales. En ella encontraremos zinc, hierro, cobre, fósforo, potasio, magnesio y selenio como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 6. Minerales en la carne

Contenido de algunos minerales en la carne	
Calcio	100 mg/kg *
Magnesio	200 mg/kg
Sodio	700 mg/kg
Potasio	300 mg/kg

* Requerimiento: 800-1,300 mg/ día

2.3.6 Otros componentes

Carbohidratos

La cantidad apenas llega al 1% en la carne siendo el más importante el glucógeno. El glucógeno es un polímero de alfa-D-glucosa con enlaces (alfa1-4) y (alfa 1-6). Es la fuente de energía del músculo siendo parte del glucógeno consumido en el *rigor mortis*. Factores intrínsecos: los équidos tienen más glucógeno que los cerdos y éstos más que los ovinos. La fibra blanca tiene más glucógeno y los animales jóvenes tienen más cantidad de este. Factores extrínsecos: dependerá de si la alimentación es rica en carbohidratos o no lo es. Nitrógeno no proteico: encontramos aminoácidos libres en bajas proporciones que van a estar relacionados con la composición de aminoácidos de las proteínas. Encontraremos además un aminoácido como la taurina que no forma parte de las proteínas y que da lugar a los ácidos biliares. También encontraremos dipéptidos y tripéptidos (péptidos sencillos) como la carnosina y la anserina que son reguladores del pH. Las aminas procedentes de la descarboxilación de los aminoácidos se encuentran en una proporción muy baja pero tienen cierta importancia en los productos cárnicos donde están implicados los microorganismos que aumentan la cantidad de aminas como la histamina y la tiamina que tienen actividad biológica y producen una respuesta alérgica.

La creatina es un compuesto guanidínico característico del músculo. Se usan como indicadores de extractos de carne y su función es la de reservorios de energía almacenando fosfato en forma de creatinofosfato. También encontraremos nucleótidos siendo el más importante el ATP cuya concentración en el músculo es relevante pero en su transformación a carne se pierde. Cuando se agota el ATP se finaliza el *rigor mortis*.

3. Características de la calidad del músculo

3.1 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es la aptitud de la carne a retener total o parcialmente el agua que posee. Es importante desde el punto de vista sensorial, nutritivo y tecnológico. Desde el punto de vista sensorial tiene importancia en la jugosidad, textura, color y dureza de la carne. (Ver 4. Factores que definen la calidad de la carne). Desde el punto de vista nutritivo una carne con una capacidad retención de agua baja pierde agua, minerales y todos aquellos componentes solubilizados como proteínas, vitaminas, etc. Desde el punto de vista tecnológico, carnes con baja capacidad de retención de agua producirán goteo mientras que carnes con alta capacidad de retención de agua producirán hinchamiento. Una mala CRA reduce la buena apariencia del producto y es casi seguro que sea rechazado por el consumidor al ser exhibida en los aparadores. Además, tiende a ser más seca después de cocinada, precisamente por la pérdida de agua previa. Se estima como normal una pérdida de agua que vaya del rango de 0.5% a 1% en 24 horas, aunque se pueden ver casos de hasta el 10%.^{28,30}

El agua supone el 75% del peso total de la carne. Este agua la vamos a encontrar en forma ligada estableciendo puentes de hidrógeno con los grupos hidrófila cargados de las proteínas sobre todo. Esta agua supone el 5% del total de agua. También habrá agua inmovilizada que es una capa intermedia, no ligada, pero orientada a los grupos hidrófilos. La gran mayoría del agua, entorno al 95%, se encuentra en estado de agua libre. La forma de retener el agua libre en la carne es por fuerzas capilares. Las responsables de estos son las proteínas. Las proteínas del tejido conectivo retienen el 10% de agua, las sarcoplásmicas el 20% y las miofibrilares el 70%. Las miofibrillas tienen forma de red tridimensional, es decir, junto con el agua forman un gel donde queda retenida esta. La capacidad de retención de agua dependerá de la expansión del gel, cuanto mayor sea el número de interacciones entre las moléculas de proteínas miofibrilares menor será la capacidad retención de agua. A menor número de interacciones, más expandido estará el gel y mayor será la capacidad de retención de agua.

3.2 pH

El pH del músculo en el animal vivo esta ligeramente por arriba de su punto neutral (7.2) y el pH normal de la carne es de 5.5 a 5.6. La medición electrónica del pH de la carne es el recurso más común y útil para determinar anomalías. El pH tiene influencia directa e indirectas sobre otros parámetros como el color, la suavidad, la capacidad de retención de agua y la capacidad de conservación, por lo que tiene significado tanto en relación con sus propiedades tecnológicas como con su calidad sensorial. En especial, la velocidad de la caída del pH, ocasionada por el incremento de ácido láctico (glucólisis), da información importante sobre su capacidad de procesamiento.²⁷ (Ver 3. Cambios bioquímicos pre y post-mortem).

Según el tiempo que tarde en disminuir el pH tendremos:

1. Carne normal
2. Carne PSE (Palid, Soft, Exudative, con siglas en inglés), (Pálida, Suave, Exudativa), explicada más adelante.
3. Carne DFD (Dark, Firm, Dry), (Oscura, Firme y Seca)

Ambas son explicadas más adelante.

Mientras más altas sean la reserva energética y más prolongada la actividad enzimática se alcanza un pH final más bajo. Existen valores normales en relación con las temperaturas de enfriamiento usuales. El pH influye en la fijación de agua (por tanto en el color de la carne) y en el sabor.^{22,23}

3.3 Color

El color es la base por la cual muchos consumidores evalúan la calidad de la carne, prefiriendo un rojo brillante en la carne fresca café o gris en la cocinada y rosa en la curada.^{28, 129} La primera impresión que el consumidor recibe de un alimento se establece mediante el sentido de la vista y entre las propiedades que observa destacan el color, la forma y las características de su superficie.²⁹

El color ocupa un lugar preferente entre los factores que definen la calidad de un alimento. Éste puede ser rechazado por su color sin valorarse otras propiedades, como su aroma, textura o sabor. De aquí que sea de gran importancia para la industria cárnica que la apariencia (propiedades ópticas, forma física y modo de presentación) que la carne ofrece al consumidor a nivel de punto de venta, consiga un alto grado de aceptabilidad.^{28,75} Por lo tanto, al considerar las características específicas que contribuyen al aspecto físico, el color de la carne es uno de los parámetros de calidad que más influyen en la selección del consumidor.^{28,29, 76} Un color de la carne muy pálido seguramente estará asociado con una carne

flácida y de baja calidad al corte, característica sumamente castigada en la industria ya que posee una capacidad de retención de agua muy baja. En el otro extremo, una carne de color muy oscuro tenderá a ser muy firme.^{28,30} El color de la carne esta dado principalmente como en cualquier superficie por la interacción de tres factores:

- El tipo de luz que recibe.
- El color que percibimos esta altamente influenciado por el espectro lumínico que recibe.
- La composición química de la superficie.

El color normal de la carne de cerdo fluctúa entre un rojo y rosado. La uniformidad en el color es usualmente apreciable en músculos individuales; cuando apreciamos los músculos en conjunto, el color puede variar considerablemente.

Existe una correlación entre la capacidad de retención de agua (CRA) y el color. Entre mayor sea la pérdida de líquido intracelular de la carne, más pálido será el color de la misma. Esta pérdida de líquido no solo significa una merma importante para el empacador, sino que también existe pérdida de nutrientes que se escapan con los líquidos.⁷¹ Más adelante observaremos los Aspectos químicos y bioquímicos del color de la carne y a que se deben las variaciones en el color. (Punto 6.2.1).

3.4 Aroma y Sabor

El aroma y sabor son propiedades sensoriales de gran importancia para el consumidor, ya que en combinación con el color y la textura determinan la calidad, aceptación o rechazo de la carne y los productos cárnicos. El aroma y el sabor de la carne se generan después de aplicar un tratamiento térmico, dado que la carne cruda posee un sabor metálico similar a la sangre. Cuando la carne se somete a cocción se sucede una compleja serie de reacciones en donde compuestos precursores como aminoácidos, péptidos, azúcares, lípidos, etc., reaccionan entre sí generando una gran variedad de compuestos volátiles y no volátiles que imparten el aroma y sabor propios de la carne cocinada. Igualmente, la grasa presente en la carne está intrínsecamente ligada al sabor que le es privativo a cada especie animal⁶⁹.

El sabor es el resultado de una mezcla compleja de sensaciones percibidas por los sentidos del gusto y del olfato, aunque en varias ocasiones se acompaña de estímulos visuales, táctiles y sonoros. En sentido estricto, el sabor se refiere exclusivamente a la percepción que se lleva a cabo en la boca y específicamente por las papilas gustativas de la lengua; en donde los sabores básicos detectados son; salado, dulce, amargo y ácido, además del astringente, metálico, picante y *umami* o apetitoso. Los compuestos responsables del sabor pueden ser no volátiles o con una baja presión de vapor por lo que se volatilizan al entrar a la boca estimulando tanto el gusto como los centros olfativos. En general el aroma a carne es una mezcla compleja de compuestos volátiles de carácter alifático y aromático, cuya composición depende de un sinnúmero de factores, como especie, raza, tipo de alimentación, tipo y tiempo de cocción, etc. La naturaleza química de los compuestos responsables del sabor y aroma de la carne es similar entre las diferentes especies, con algunas diferencias cuantitativas. Los aminoácidos, péptidos y nucleótidos además de producir compuestos volátiles, también contribuyen en la percepción del sabor salado, dulce, amargo y ácido de la carne y productos cárnicos. Adicionalmente, las reacciones que se presentan durante el procesamiento y el almacén proveen características de sabor específicas al producto.²⁸ En este Módulo se presentara los principales mecanismos involucrados en la generación del aroma de la carne y productos cárnicos, así como algunos factores responsables del aroma. (Punto 6.3.1 Precursores del aroma de la carne).

3.5 Textura

El principal atributo sensorial en la carne para consumo directo es la retención de agua, asociada a la jugosidad y ésta, a la vez, a la suavidad o terneza.⁷³ En productos cárnicos elaborados, si bien la jugosidad es una propiedad importante, también lo son otras propiedades como la gelificación, la emulsificación y la cohesión, las cuales permiten producir alimentos con características sensoriales y físicas determinadas.^{46, 49,74} Más adelante se habla sobre las principales propiedades funcionales de la carne y productos cárnicos, y su relación con el principal atributo relacionado con éstas, la textura.

3.6 Marmoleo

Se define como la cantidad de grasa intramuscular visible en el músculo. Es evaluada también en un corte sobre la superficie de la carne. Es una medida subjetiva que nos da una idea de la cantidad de

grasa dentro del músculo. Esta característica es sin duda la que tiene mayor efecto en el sabor y la jugosidad, y en cierto grado en la textura.^{3, 8,10}

4. Cambios bioquímicos pre y post-mortem

Los procesos bioquímicos que proveen la energía necesaria para mantener el mecanismo de contracción-relajación muscular *in vivo* son similares a aquellos que tienen lugar en la etapa post-mortem y que llevan a la transformación de músculo en carne, por lo que es necesario conocer la bioquímica del músculo *in vivo* para comprender los cambios que se suscitan después de la muerte y que afectan la calidad final de la carne.

4.1 Ciclo de contracción y relajación muscular

La contracción muscular se inicia por un impulso nervioso y consiste en la formación y ruptura del complejo de actomiosona entre la cabeza SI de la miosina y los filamentos de la F-actina. La unión de estas dos proteínas se debe a la sucesión de múltiples etapas que en conjunto se denominan ciclo de contracción y relajación muscular, el cual comprende un cambio en la contracción de la cabeza SI, hidrólisis del ATP y el corrimiento de los filamento de actina sobre los filamentos de miosina. Todo esto genera un golpe de fuerza que finalmente origina el movimiento.^{28, 135,136}

4.1.1 Potencial de acción

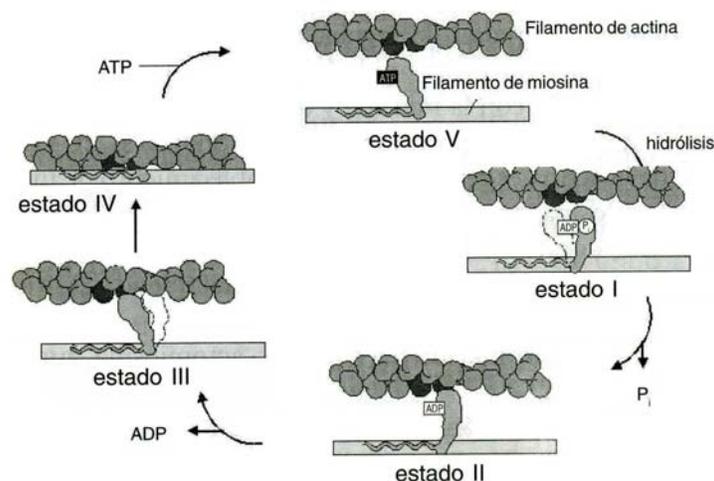
El estímulo nervioso viaja a través de los nervios motores del sistema nervioso central, hasta la placa neuromotora localizada en la superficie de la fibra muscular. El impulso se transmite como una onda de desmoralización denominada potencial de acción, donde las cargas intra y extracelular se invierten. En condiciones normales, el interior de la membrana tiene una mayor concentración de iones negativos que generan un potencial negativo de (-85mv); por efecto de la onda de desmoralización y cambios en la permeabilidad el potencial adquiere un valor positivo (20 mV) durante una fracción de milisegundos. Cuando el potencial de acción llega a la placa motora localizada en la superficie de la fibra muscular, se libera la acetilcolina, que es un transmisor químico. La acetilcolina induce un aumento en la permeabilidad de los iones Na⁺ hacia el interior de la fibra muscular, invirtiendo así la polaridad a lo largo de la fibra muscular hasta el retículo sarcoplásmico que rodea cada miofibrilla.²⁸

El retículo sarcoplásmico consiste en una red de sacos; en su interior retiene el Ca²⁺ unido a una proteína llamada calsequestrina. La concentración de calcio en el sarcoplasma del músculo en reposo es de 10⁻⁷ a 10⁻⁸ M, debido a que el calcio es bombeado hacia el interior del retículo sarcoplásmico a través de un sistema de transporte activo llamado Ca²⁺-ATPasa. Cuando el sarcolema se excita por un impulso nervioso, la señal se transmite hacia el sistema de túmulos T que es una extensión de la membrana celular y posteriormente al conducto liberador de Ca²⁺ del retículo sarcoplásmico que permite la salida del ión hacia el sarcoplasma y da inicio al proceso de contracción.²⁸

4.1.2 Contracción Muscular

En el músculo en reposo la miosina no puede asociarse a la actina debido a que los sitios de unión en la G-actina están bloqueados por la tropomiosina. Al aumentar la concentración de Ca²⁺, la subunidad TnC de la troponina se une al calcio, produciéndose un cambio conformacional de la molécula de troponina y el desplazamiento de la molécula de tropomiosina hacia la parte más profunda del surco de la hélice de F-actina. En consecuencia, los sitios de la G-actina capaces de interactuar con las cabezas de la miosina quedan libres. El proceso de contracción muscular (Imagen 4) se puede resumir en los siguientes pasos:

Imagen 4. Representación del ciclo de contracción y relajación muscular (adaptado de Murria, 1997; Albert y cols., 1998)



- Transmisión del impulso por despolarización de nervio motor al sarcolema
- Despolarización de la membrana tubular y apertura del conducto liberador de calcio
- Como resultado de un estímulo nervioso aumenta la concentración de Ca^{2+} en el citoplasma celular, lo que produce un cambio en la conformación de los filamentos delgados, así como la hidrólisis parcial del ATP por la ATPasa de la miosina; durante la cual es ADP y P_i permanecen unidos formando el complejo ADP- P_i -miosina adoptando un estado de alta energía (estado I)
- La miosina activada se une a una molécula de actina, formando el complejo actina-miosina-ADP con un ángulo de 90° en el puente cruzado (estado II) y la subsiguiente eliminación de P_i
- Una vez unida a la actina, la cabeza de miosina experimenta un nuevo cambio conformacional en donde el ángulo del puente cruzado cambia de 90° a 45° y la cabeza de miosina jala a la actina hacia el centro del sarcómero, generando así el golpe de fuerza con la liberación de ADP (estado III)
- La miosina se encuentra en un estado de baja energía formando el complejo actomiosina (estado IV)
- Otra molécula de ATP se une a la cabeza de la miosina formando el complejo actina-miosina-ATP (estado V)
- La unión de ATP a la cabeza de la miosina reduce la afinidad de la cabeza de la miosina por la actina, dando paso al estado de relajación y formación del complejo miosina-ATP y al inicio de otro ciclo de contracción.²⁸

Una elevada concentración de Ca^{2+} y la disponibilidad de ATP mantienen el ciclo de contracción-relajación. El ATP también interviene directamente en la etapa de relajación, generando energía para activar el transporte activo de calcio, así como de potasio y sodio a fin de restablecer el potencial de membrana. En ausencia de ATP, el complejo de actomiosina permanece estable, lo cual propicia el estado de rigidez que se presenta en la etapa post-mortem, como veremos más adelante.²⁸

4.2 Mecanismos de Abastecimientos de Energía

La energía necesaria en la conducción del ciclo de contracción y relajación es suministrada por el ATP que interviene directamente en el transporte activo de sodio y potasio para mantener el potencial de membrana, así como en el sistema de transporte de calcio durante la relajación y en la formación de la miosina activada (estado I); el músculo sólo contiene ATP suficiente para mantener la contracción durante unos segundos, por lo que es necesario obtener energía a partir del metabolismo celular vía: 1) glucólisis a partir de la glucosa sanguínea o del glucógeno muscular, 2) fosforilación oxidativa, 3) a partir del fosfato de creatinina (CP), o 4) a partir de la condensación de dos moléculas de ADP.²⁹

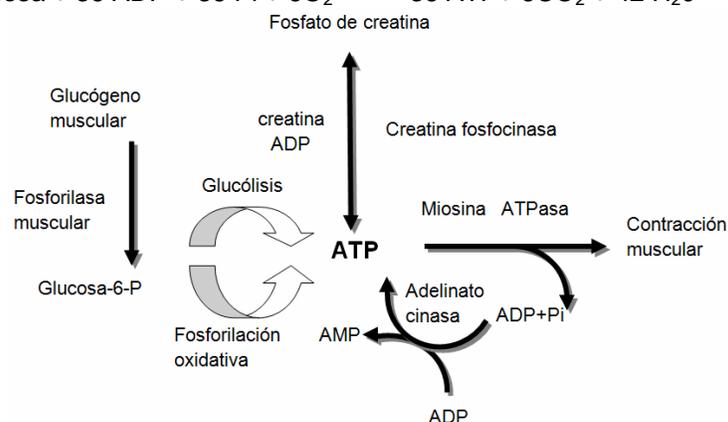
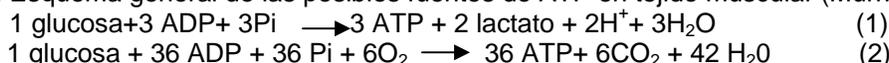
4.1.1 Glucólisis

Como consecuencia de la muerte del animal, la glucosa extracelular ya no puede ser utilizada como fuente de energía para el metabolismo, de modo que sólo quedan disponibles fuentes intracelulares para continuar con la glucólisis: ATP, creatinfosfato y glucógeno. Ni el ATP ni la creatinfosfato se encuentran en grandes cantidades en el músculo, quedando el glucógeno como la principal fuente de energía para la

glucólisis. La acumulación de ácido láctico (producto de la glucólisis anaerobia post-mortem dependen fundamentalmente de la cantidad de glucógeno presente en los tejidos al momento del sacrificio.^{24,28}

La glucólisis es la ruta principal en el metabolismo de la glucosa para sintetizar ATP en condiciones aerobias o anaerobias. Si el músculo se contrae en condiciones de anoxia, el glucógeno desaparece y se forma lactato a partir de piruvato generando sólo tres moléculas de ATP por glucosa (1). En tanto que en condiciones aeróbicas, el piruvato principal producto es posteriormente oxidado hasta CO₂ y agua mediante reacciones acopladas, generando 36 ATP por cada molécula de glucosa (2).

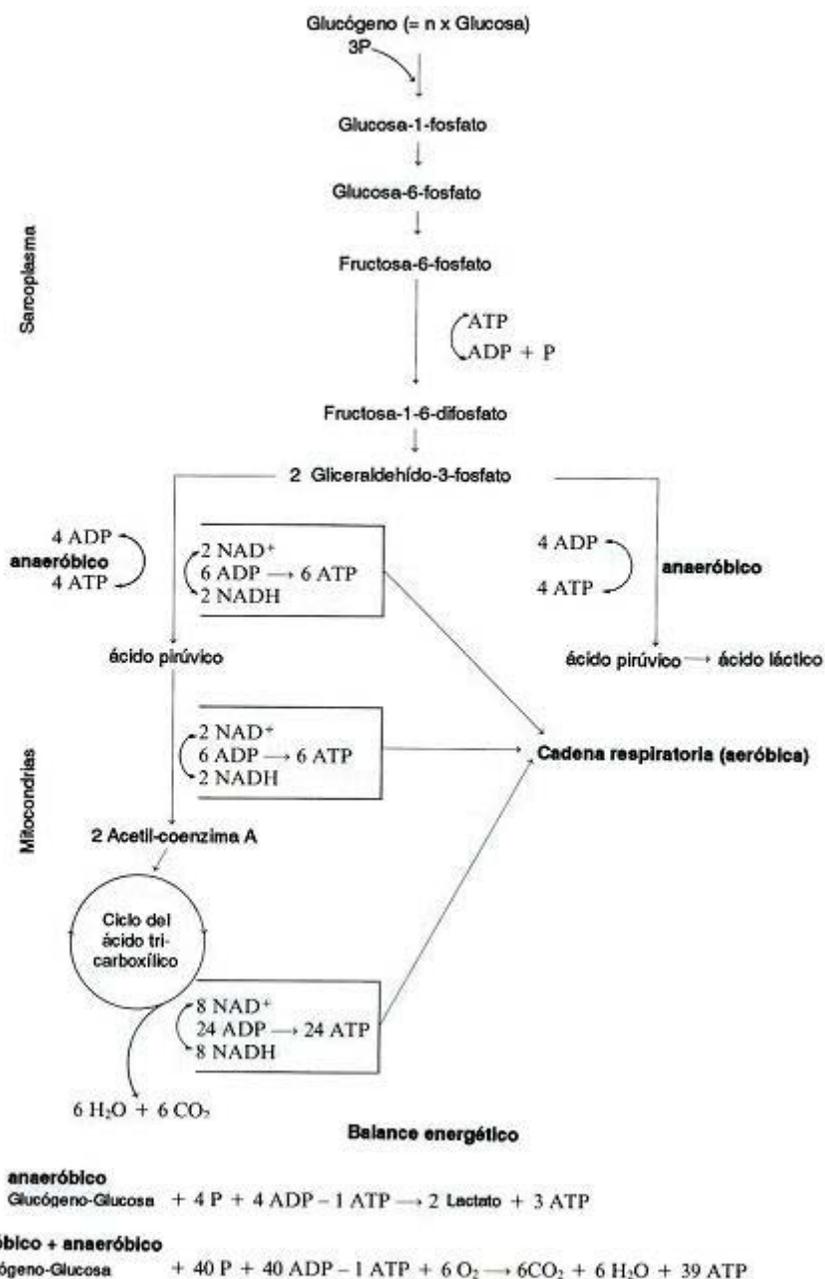
Imagen 5. Esquema general de las posibles fuentes de ATP en tejido muscular (Murria, 1997)²⁸



En pocas palabras, la glucólisis es un proceso en el cual una molécula de glucosa de 6 carbonos se divide en dos moléculas de 3 carbonos de ácido pirúvico. Este proceso da como resultado un rendimiento neto de dos moléculas de ATP (a partir de ADP y fosfato inorgánico) y dos moléculas de NADH (a partir de NAD⁺). La glucólisis comienza con una molécula de glucosa. En este proceso, primero se invierte energía por transferencia de un grupo fosfato desde una molécula de ATP, una por cada paso, a la molécula de azúcar. La molécula de 6 carbonos luego se escinde y, de allí en adelante, la secuencia produce energía. En cierto momento se reduce una molécula de NAD⁺ a NADH y H⁺ almacenándose parte de la energía producida por la oxidación del gliceraldehído fosfato. En los pasos finales las moléculas de ADP toman energía del sistema, fosforilándose a ATP. (Imagen 6)

Imagen 6. Esquema de las reacciones para la producción de energía a partir del glucógeno muscular.

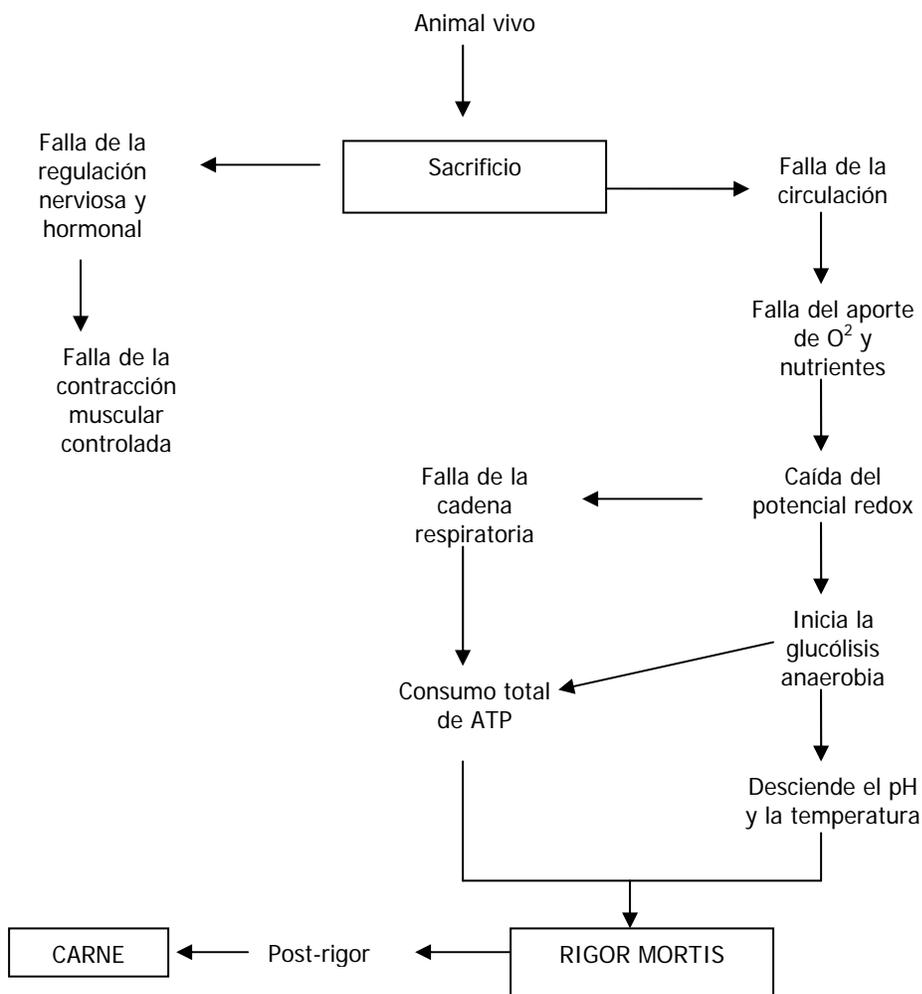
Mediante la ruta aeróbica se obtiene agua y dióxido de carbono y mediante la vía anaeróbica se forma ácido láctico. El ATP proporcionado procede, en su mayor parte, del sistema redox NAD⁺/NADH (NAD⁺= forma oxidada de la nicotinamida adenin dinucleótido, NADH= forma reducida de la nicotinamida adenin dinucleótido).¹³⁸



3.2 Establecimiento de *Rigor Mortis* y Cambios Post-Mortem

El proceso posterior a la muerte lleva a la transformación gradual del músculo de la carne (Imagen 4). Este proceso se puede dividir en tres etapas (1) pre-rigor caracterizada porque el músculo es aún elástico, (2) *rigor mortis* y (3) resolución. El tiempo en el que ocurre esta transformación depende de varios factores, particularmente de la especie animal y del ante-mortem y del manejo post-mortem, por lo que es necesario comprender los cambios que tienen lugar en esta transformación para asegurar la calidad final^{24,28, 29,30}

Imagen 7. Diagrama de los principales cambios post-mortem (adaptado de Pérez y cols., 2000 y Hui y colaboradores.)²⁸



4.2.1 Etapa Pre-Rigor

Una de las primeras operaciones del sacrificio es la eliminación de sangre, que produce la muerte del animal debido a un paro cardíaco (Imagen 4). Tan pronto como la presión sanguínea se ve reducida, el sistema circulatorio ajusta sus funciones para mantener el abastecimiento de sangre de los órganos vitales, con un aumento de la frecuencia cardíaca y la vasoconstricción de las venas y arterias de la periferia. El sistema circulatorio provee de oxígeno y nutrientes al tejido muscular, además de eliminar los metabolitos de desecho. Con el desangrado, la única fuente posible de oxígeno para soportar el metabolismo aerobio es la glucólisis. Con el establecimiento del metabolismo anaerobio, las reservas de glucógeno disminuyen el ácido láctico se acumula en el tejido muscular, lo que lleva a una reducción del pH desde valores cercanos a 7 hasta 5.3 a 5.7. El pH final de la carne puede afectar las propiedades fisicoquímicas de la misma⁴⁵; informan que la miosina puede adoptar diversas isoformas en función de pH, que veremos más adelante.²⁹

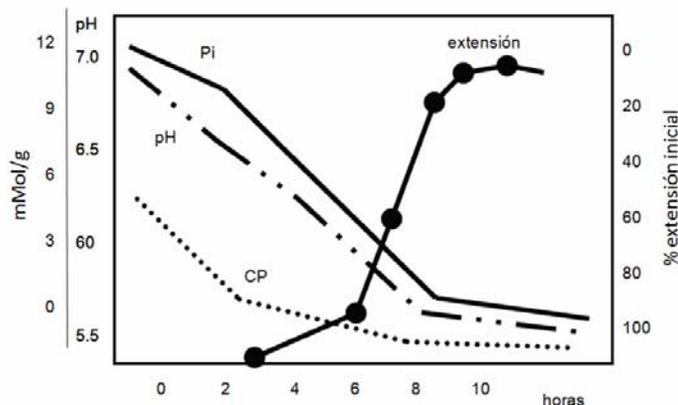
Aunado a lo anterior, se produce un fallo en los mecanismos que controlan la temperatura corporal, por lo que ésta tenderá a disminuir gradualmente desde valores de 38 a 39°C. La velocidad con la que la temperatura disminuye depende de un sinnúmero de factores como especie, peso, espesor de la grasa dorsal que recubre la canal, temperatura ambiental, etc. Una rápida acidificación cuando la temperatura corporal es aún elevada provoca la desnaturalización de proteínas, reducción de la solubilidad y una disminución de retención de agua. Porque la carne tendrá una apariencia pálida, suave y húmeda, esta condición es conocida como PSE (más adelante se describirá con detalle cuales son las características

de ésta). El fenómeno opuesto, en donde el pH no disminuye debido a una baja de reserva de glucógeno, genera una carne oscura, firme y seca (DFD) con una elevada capacidad de retención de agua.²⁹ También se describirá a detalle más adelante.

4.2.2 Rigor Mortis

Posterior a la muerte, se pierde el control nervioso, por lo que se observa la aparición de impulsos localizados, que inician rápidos ciclos de contracción y relajación muscular. El rigor mortis se presenta poco después de la muerte en donde el tejido muscular se encuentra en un estado de rigidez sostenida y es inextensible. Los procesos que conducen al establecimiento del rigor mortis son similares a los que ocurren durante la contracción muscular. Sin embargo, la condición del rigor es irreversible como consecuencia de la agitación de las reservas de ATP que evitan la ruptura de los puentes cruzados entre actina y miosina; además carece de control nervioso. El desarrollo de la glucólisis anaerobia y producción de ácido láctico se acompaña de una reducción de reservas en glucógeno. Al igual que el glucógeno, las reservas del fosfato creatinina (CP) disminuyen gradualmente debido a que es utilizado para la refosforilación de ADP a ATP. El ciclo de contracción-relajación se detiene debido a la falla en los mecanismos que sintetizan ATP, por lo que la elasticidad muscular se pierde paulatinamente hasta llegar a un estado de contracción sostenida por la formación irreversible del complejo actomiosina (Imagen 9).

Imagen 8. Cambios post-mortem en la concentración de glucógeno, CP y fósforo inorgánico (adaptado de Faustman, 1994).²⁸



4.2.3 Resolución del Rigor Mortis

La etapa posterior al rigor mortis es la resolución en donde el tejido muscular recupera gradualmente cierta elasticidad debido a la pérdida de la integridad del tejido, mejorando la textura y formando compuestos precursores del aroma de la carne. El aumento en la suavidad se debe a la degradación de proteínas como la tioniina, nebulina, actina y miosina que da como resultado la pérdida de tensión y cambios en la estructura de las miofibrillas. Además del debilitamiento de la línea Z por fragmentación de la desmina, aunque recientemente Ahn y colaboradores informaron que el debilitamiento de los discos Z se debe principalmente a la liberación de fosfolípidos presentes en la línea Z, inducido por la alta liberación de iones Ca^{2+} .²⁹

4.3 Enzimología de la maduración

De todas las características sensoriales que contribuyen a la calidad de la carne, el color es probablemente la más importante a la hora de su consumo, ya que éstas es una parte fundamental en cuanto a la aceptabilidad o rechazo por parte del consumidor (Ver Factores que definen la calidad de la carne punto 4.5). La dureza de la carne depende de un gran número de factores biológicos intrínsecos, tales como raza, edad, sexo, alimentación y tipo de músculo, así como de factores e manejo de los animales antes de su sacrificio y de las condiciones post-mortem de la carne y la canal.⁴⁶ La dureza de la carne se refiere a la fuerza de corte necesaria para romper la carne, mientras que la textura (Ver Factores que afectan la calidad sensorial inciso de Textura) implica la conformación del tejido conectivo. La blandura de la carne es resultante de dos fuerzas, la relacionada con el tejido miofibrilar.^{29, 32}

Aún no es posible explicar totalmente los cambios que sufre la carne durante la maduración. No obstante, se han observado modificaciones en la estructura de las proteínas miofibrilares, las cuales podrían ser responsables del aumento de la blandura⁴⁷. Debido a la importancia que tiene para el consumidor la blandura de la carne, han sido investigadas muchas metodologías para producir carne blanda como son la estimulación eléctrica de canales⁴⁸, las altas presiones hidrostáticas⁴⁹ y la ultrasonificación, entre otras.⁵⁰

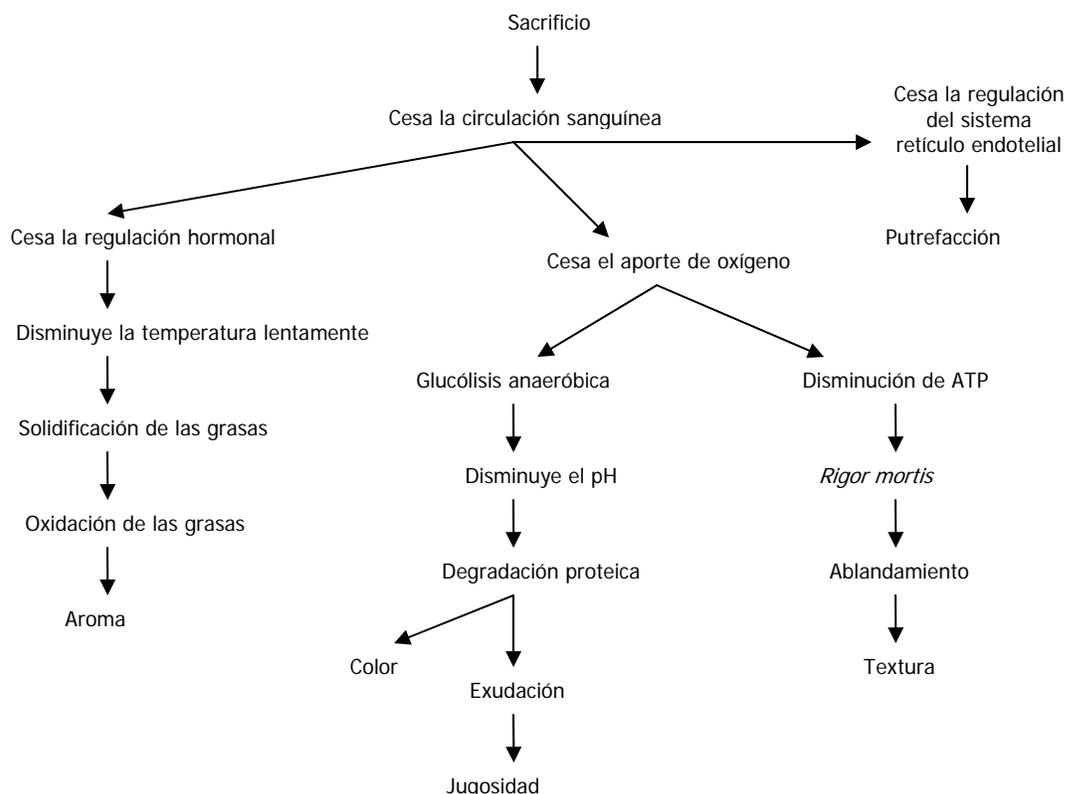
4.3.1 Maduración

El proceso que consiste en mantener la carne fresca a una temperatura superior al punto de congelación se denomina maduración y durante ésta la carne mejora su blandura y aroma¹⁹. (Ver Factores que afectan la calidad sensorial inciso Aroma). La maduración post-mortem es uno de los métodos más recomendados para producir carne blanda. La proteólisis del músculo parece ser uno de los procesos que mayoritariamente participan en el proceso de ablandamiento durante la maduración⁴⁹. Se han identificado dos sistemas proteolíticos endógenos de la carne que son las calpainas y las catepsinas; éstos pueden actuar en forma aislada⁵⁰, o bien, ambos pueden ejercer una acción cooperativa sobre el tejido muscular⁵¹. Las enzimas proteolíticas hidrolizan los enlaces peptídicos de las proteínas de la carne con diferente grado de intensidad y selectividad: además de las proteasas endógenas citadas en el párrafo anterior, existen otras de origen vegetal como la papaina, la ficina y bromelina⁵³; o bien las de origen microbiano (hongos y bacterias) como *Aspergillus niger* y *Penicillium notatum*⁵². Las proteasas se dividen en endopeptidasas, que hidrolizan enlaces peptídicos internos y exopeptidasas, que hidrolizan las uniones peptídicas terminales. Las enzimas proteolíticas poseen una especificidad extrema tanto de tipo estructural como óptica; pueden catalizar reacciones a bajas temperaturas y dentro del rango de pH de 2 a 9; hidrolizan enlaces amídicos de sustitución y frecuentemente se presentan como zimógeno inactivos liberando entre 3 y 4 kcal de energía en la reacción^{28, 120}.

4.3.2 Enzimas Endógenas del Músculo

Es un hecho demostrado que las proteasas del músculo son fundamentales en el desarrollo de la blandura y la calidad de la carne durante la maduración; algunos estudios muestran que estas enzimas en forma individual contribuyen al rompimiento de las miofibrillas y de las estructuras del tejido conectivo⁴⁴. El músculo contiene diversos tipos de proteasas en cantidades muy pequeñas, sus propiedades fisicoquímicas y catalíticas en una especie dada, pueden variar con la edad, dieta, ejercicio y temperatura del hábitat entre otros. El manejo del animal y del músculo post-mortem puede tener un efecto profundo en la actividad de las enzimas endógenas que actúan para producir ablandamiento post-mortem.¹²¹

Para comprender mejor los procesos que sufre la carne de cerdo después del sacrificio se presenta este diagrama:



5. Factores que definen la calidad de la carne

5.1 Carne Pálida, suave y exudativa (Pale, Soft and Exudative (PSE) en inglés) y Carne oscura, firme y seca (Dark, Firm and Dry; DFD en inglés)

El metabolismo del glucógeno intramuscular tiene un efecto importante en la conversión de músculo a carne y en los atributos de calidad de ese producto. Los dos aspectos de calidad más importantes en la carne fresca de cerdos son el músculo Pálido, Suave y Exudativo (PSE), y oscuro, firme y seco (DFD: Dark, Firm y Dry, por sus siglas en inglés), siendo el PSE el de mayor importancia económica. Ambos son el resultado de la conversión anaeróbica del glucógeno a ácido láctico dando así el pH final de la carne.²⁸ Se considera que los productores de cerdos son responsables del 50% de la incidencia de músculos PSE y DFD, y los procesadores del 50% restante³⁷, por lo que ambos deben preocuparse por disminuir o eliminar los factores relacionados con esa condición, mejorando el bienestar de los animales y eliminando o reduciendo las situaciones que estresan al cerdo^{6, 124, 125}

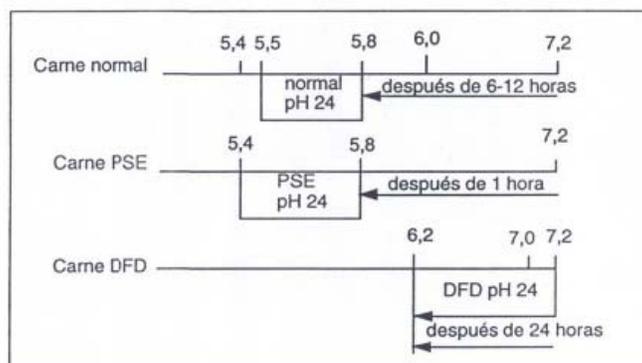
Es importante mencionar que cuando no se realiza una correcta insensibilización, la carne de cerdo puede presentar **PSE** (Pálida, Suave, Exudativa), estas carnes además de producirse en cerdos genéticamente sensibles al Síndrome del Stress Porcino (SSP), es decir que tienen el gen Hal n, son carnes en las que el pH inicial post-mortem (medido a los 45 minutos) cae rápidamente por debajo de 5.9 lo que junto con la temperatura todavía elevada del músculo favorece la desnaturalización de las proteínas. Estas carnes poseen una baja Capacidad de Retención de Agua (CRA), y son carnes con las siguientes características:

- Poco aptas para el consumo en fresco: son rechazadas por su aspecto pálido, su textura gomosa y el excesivo exudado que presentan.^{8,23}

El pH del músculo en el animal vivo está ligeramente por arriba de su punto neutral (7.2). Por la formación postmortal de ácido láctico cae el valor del pH. Normalmente la glucólisis ocurre lentamente y el pH en el cerdo desciende en el transcurso de 24 horas a un pH final de 5.8 o menor.^{22, 23, 24, 27, 28} La combinación de un rápido descenso del pH con una elevada temperatura de canal eleva la desnaturalización de proteínas sarcoplasmáticas, lo que conduce a una disminución de la capacidad de retención de agua, con lo que se puede presentar carne PSE. Es necesario distinguir entre la velocidad

de la caída del pH, medida usualmente a los 45 minutos del sacrificio, y el pH final, medido 24 horas después del sacrificio.^{22, 24}

Imagen 9. Valores de pH en carne normal, PSE y DFD. Carne normal: después de 6-8 horas el pH es menor de 5.8. Después de 24 horas el pH final es de 5.5-5.8. Carne PSE; después de 1 hora el pH es igual o menor de 5.8. Después de 24 horas el pH final es de 5.4- 5.8. Carne DFD: después de 24 horas el pH final es superior a 6.2.



Un manejo incorrecto del ganado previo al sacrificio no permite una evolución post-mortem normal, por lo que los procesos bioquímicos y biofísicos que se desencadenan después de la muerte del animal para que el músculo se transforme en carne, no se pueden desarrollar con el suficiente glucógeno (fuente de energía) para transformarlo en ácido láctico (responsable de la acidez), por lo que no se logra el pH normal de la carne, que es del orden de 5.5 a 5.6. El glucógeno pasará a glucosa y por vía anaeróbica (animal sacrificado) pasa a ácido láctico. Cuanto más se aproximen el pH al punto isoeléctrico de las proteínas de la carne, menor capacidad de retención de agua tendrá la carne. En condiciones normales el pH siempre será superior al punto isoeléctrico. Al aumentar el ácido láctico el pH se aproximará al punto isoeléctrico y si el pH es igual a este, la repulsión de las proteínas de la carne es nula por lo que hay muchas interacciones entre ellas. Cuando hay poco ácido láctico, el pH es mayor que el punto isoeléctrico por lo que las proteínas estarán cargadas negativamente y será mayor la repulsión y por tanto el gel estará más expandido aumentando así su capacidad de retención de agua. (Ver Capacidad de Retención de agua) Por ello los animales que llegan con poco glucógeno al sacrificio presentarán pH más alto. Adicionalmente, el alto valor del pH favorece el crecimiento bacteriano y la vida de anaquel de la carne se ve reducida.²⁸ Estos cambios no le hacen perder a la carne su aptitud para el consumo humano pero acortan su durabilidad y calidad, ya que el pH elevado de la carne favorece el crecimiento bacteriano al no inhibir ni la supervivencia ni la reproducción bacteriana, lo que hace que el producto tenga una vida útil más corta que lo normal.

5.1 Carne Pálida, suave y exudativa (Pale, Soft and Exudative (PSE) en inglés)

El músculo PSE es causado por una combinación de factores que estresan al animal y causan un rápido declive en el pH³⁷; este fenómeno se ha encontrado en porcinos. El músculo PSE se conoce como un defecto causado por una miopatía exudativa y despigmentaria, o bien como una degeneración muscular. El músculo PSE representa el mayor defecto de calidad en la carne de cerdo. La carne se hace muy seca en el cocinado y se usa sólo en productos procesados de bajo valor.²⁸

Dentro de los factores intrínsecos de la carne PSE, encontramos al factor genético. En los cerdos, las grandes variaciones en la velocidad y extensión de la caída post-mortem del pH de la carne, han sido asociados a dos genes principales, el gen halotano (Hal, por su sensibilidad al gas halotano^{12,28, 126,127}; y el gen RN (Rendimiento Napole.^{28, 128} Condicionado genéticamente; mutación puntual hereditaria recesiva en el locus "halotano" que ocasiona alteración en el metabolismo mitocondrial favoreciendo el "síndrome de estrés porcino". El efecto es producido en el estrés, al alterarse el metabolismo mitocondrial falla la termorregulación ocasionando una hipertermia (frecuentemente fatal). Se presenta desnaturalización de proteínas. En carne se presenta una rápida caída del pH a valores normales finales (5.5-5.8). Al producirse esta baja brusca de pH, la canal alcanza bajos pH cuando la temperatura es todavía alta, y se produce la desnaturalización de las proteínas siendo estas incapaces de retener agua, el agua contenida antes en las proteínas miofibrilares sale al espacio intercelular, como ya se mencionó se desnaturalizan la miosina y las proteínas sarcoplasmáticas reduciendo la capacidad de retención de agua, se pierde

agua por exudación y ésta, en la superficie, refleja la luz, por lo que da una apariencia pálida. La salida de agua de las fibras musculares disminuye la consistencia, por lo que la carne es sumamente suave. Si se pudiera observar al microscopio, observaríamos una estructura abierta aumentando el volumen intersticial, las consecuencias son carnes de alta exudación y carnes pálidas indicando la desnaturalización de mioglobina.²²

5.2 Carne oscura, firme y seca (Dark, Firm and Dry; DFD en inglés)

El DFD se reportó por primera vez en la carne de cerdo en Gran Bretaña, en la década de lo 1930, como consecuencia del estrés ocasionado por el transporte de los cerdos a grandes distancias antes del sacrificio. El síndrome de carne oscura, firme y seca se presenta en cerdos y bovinos; la causa es un estrés prolongado que agota las reservas energéticas del músculo (glucógeno). Al agotarse las reservas de energía no existe sustrato para la formación del ácido láctico tras el sacrificio el pH final es alto, no alcanza el valor normal (5.5-5.8). Con pH final de 6.0-6.7 las proteínas están lejos del punto isoeléctrico por lo que estas tienden a aumentar la capacidad de enlace, significa esto que aumenta la capacidad de retener agua que queda dentro de las estructuras miofibrilares. Esta estructura es responsable de su color oscuro. Son carnes secas y firmes (debido a una disminución del líquido intersticial).²⁸

La capa de agua sobre la superficie de la carne es escasa, por lo que da apariencia "seca" y disminuye a la vez la reflexión de la luz ocasionando el color oscuro. Al agotarse las reservas de ATP se encuentran escasos metabolitos de ATP que disminuyen el efecto en el sabor. El alto pH final condice a una rápida descomposición. Existen pocos carbohidratos disponibles para la microflora de descomposición por lo que se instala y desarrolla sobre la carne, preferentemente microflora proteolítica que crece bien en pH alto, ocasiona malos olores, incluso con bajas cuentas microbianas.²²

En general, los tejidos sanos, como la carne, están libres de microorganismos. Las condiciones que favorecen la proliferación de organismos de la descomposición son iguales o similares a las que favorecen a los organismos patógenos. (Ver Módulo 4. Microbiología de la carne y Residuos Tóxicos). Para comprender el problema es necesario distinguir entre contaminación y descomposición. Simultáneamente pueden operar diversas causas.²⁴

Alteración	
Este concepto alude a cualquier modificación de la composición original del alimento por acción de cualquier causa, que se refleja en sus características organolépticas (sensoriales). Las causas suelen ser clasificadas en naturales y antropogénicas. ²⁴	
Naturales	Antropogénicas
<p>Todo material orgánico se altera o descompone con el tiempo, es un proceso natural e irreversible. En relación con los alimentos, se habla de periodo de vida útil (vida de anaquel, fecha de caducidad). De acuerdo con este criterio, los productos alimenticios se clasifican como:</p> <ol style="list-style-type: none"> altamente perecederos perecederos de vida útil prolongada <p>Los factores de mayor importancia que determinan la descomposición son los contenidos de agua y nutrientes. En el proceso intervienen enzimas propias de los tejidos animales y vegetales (autólisis y marchitez), además, suele participar la acción microbiana y el oxígeno (oxidación).</p> <p>Los procesos de conservación no suprimen la alteración, solo la retardan. Las enfermedades y diversos padecimientos de animales y plantas son también causas naturales de alteración.</p>	<p>Son las causas que aceleran la descomposición debido al mal manejo del alimento. Para cada ingrediente o alimento existen lineamientos técnicos para su óptima manipulación. A continuación algunos ejemplos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiempo-temperatura de conservación. ▪ Humedad. ▪ Presencia de luz. ▪ Contaminación del alimento (o materias primas). <p>Desarrollo de bacterias de la descomposición (putrefacción).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallas en el sistema de conservación (refrigeración, acidificación, tratamiento térmico, etc.)

Adulteración (fraude)
La adulteración lleva implícito el engaño consciente y premeditado al comprador por parte de quien suministra, procesa, comercializa o expende alimentos. ²⁴
<p>Se presenta adulteración cuando:</p> <p>1. Se ha cambiado la composición o las características propias del producto, y éste no corresponde a su autorización y denominación regulatoria oficial.</p> <p>Puede haber situación o sustracción de componentes fundamentales, e incluso de todo el producto, con lo que varía sustancialmente si valor nutricional. No todas las adulteraciones son potencialmente nocivas para la salud, en muchas ocasiones son fraudes económicos, al emplear ingredientes de menor calidad y valor comercial respecto a lo esperado (pagar caro un alimento barato).</p> <p>2. Se hace un encubrimiento de anomalías (alteración, descomposición) mediante la adición de ciertos ingredientes aditivos o tratamientos para darles una apariencia de calidad.</p>
<p>Consecuencias</p> <p>4. Se afecta la calidad sensorial. La descomposición se detecta por los sentidos: vista (color, apariencia, elementos extraños); gusto (sabor anormal); olfato (olor desagradable, no característico); tacto (consistencia, textura, viscosidad). En general, los sentidos actúan simultáneamente para dar una impresión integradora (gusto+olfato+vista).</p> <p>Se tiene que conocer los alimentos para evaluar su alteración, los atributos se conocen con la experiencia. La medición suele ser subjetiva pero puede sistematizarse en busca de objetividad mediante la evaluación sensorial con paneles de expertos (catadores).</p> <p>5. No corresponde a especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas propias del producto. Las normas alimentarias suelen incluir especificaciones sobre parámetros físico-químicos (composición) y microbiológicos.</p> <p>6. Lo pueden convertir en nocivo para la salud. Dado que las personas no consumen alimentos descompuestos, porque los detectan, se desconoce en gran medida posibles efectos en la salud. Erróneamente se habla de brotes por consumo de alimentos descompuestos cuando realmente están contaminados, aunque ambas condiciones pueden presentarse simultáneamente.</p>

5.3 Síndrome de Stress Porcino

En la actualidad, la optimización en la producción porcina y la selección de carne de cerdo de calidad, deben ir acompañadas de la aplicación de la biotecnología del ácido desoxirribonucleico (ADN). La biotecnología del ADN presenta grandes ventajas e innumerables aplicaciones, como son: el chequeo de parentesco, trazabilidad, tipificación de genes de interés en producción o marcadores asociados a caracteres cuantitativos de producción, y detección de enfermedades hereditarias^{55, 56, 57, 58} El cerdo es un animal extraordinariamente sensible e inteligente que puede fácilmente padecer el Síndrome del Estrés Porcino (SEP). Uno de los resultados del SEP más costoso para la industria porcina es, aparte de la muerte de los animales antes del sacrificio, la aparición de la carne PSE (pálida, suave y exudativa), tejido que no sólo presenta condiciones anormales desde el punto de vista visual, sino que su funcionalidad proteica y sus características de palatabilidad son bastante afectadas. Estos cerdos afectados con el SEP presentan otros problemas además de la alta incidencia del PSE. Por lo regular, tienen más alta incidencia de muerte durante el manejo y el transporte, menor desempeño de crecimiento en el ciclo productivo, menor eficiencia de conversión alimenticia y, desde el punto de vista reproductivo, producen camadas más pequeñas.¹³⁷

5.3.1 Naturaleza de la enfermedad

Los cerdos pueden acarrear un gen mutante que se denomina "Hal", llamado de esta forma porque los animales que lo poseen, reaccionan con fibrilaciones (movimientos involuntarios incontrolados) mientras son anestesiados con el gas Halotano. Puesto que todos los genes ocurren en pares (genética mendeliana pura), uno de la madre y otro del padre, un cerdo puede tener uno de tres tipos de combinaciones de genes Hal. Si recibe el gen Hal de ambos padres, el animal estará afectado; si recibe el gen Hal de uno de los padres, se le llama portador, y si hereda el gen normal de ambos progenitores, el animal será completamente normal.^{63, 137}

El Síndrome Estrés Porcino, en inglés Porcine Stress Síndrome, con siglas en inglés (PSS) o Hipertermia Maligna (HM) es una enfermedad hereditaria monogénica recesiva que se caracteriza por un desorden neuromuscular⁵⁹, denominado inicialmente gen halotano (HAL) y actualmente llamado gen receptor de la ryanodina "Ryr1"⁶⁰. El SEP se caracteriza por producir la muerte en los cerdos

homocigotos recesivos, así como la aparición de canales con carne pálida, blanda y exudativa (PSE) o carne oscura, dura y seca (DFD), con menor frecuencia, en cerdos homocigotos recesivos y heterocigotos. Esto representa graves pérdidas económicas para la industria porcina, ya que estas carnes no tienen mercado y son decomisadas. Antiguamente, el diagnóstico de esta enfermedad se realizaba con la prueba del halotano. Los avances en el campo de la genética molecular⁵⁸ han puesto claramente en evidencia el descubrimiento de la equivalencia entre el SEP y la mutación del gen Ryr1 en el nucleótido 1843⁶¹. Por medio de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), hoy se diagnostican a los cerdos como sanos (homocigotos dominantes), portadores (heterocigotos) y enfermos (homocigotos recesivos)^{62,57}. La estrategia de selección de las empresas genéticas parece ser la eliminación del gen Ryr1 con la mutación 1843 en las líneas materna y paterna.^{63,137}

5.3.1 Manifestaciones Clínicas

Síndrome Estrés Porcino: La muerte durante el transporte al rastro o después del mismo puede ser también importante y es más común cuando hay hacinamiento y temperatura ambiente calida. Cuando se observa a los cerdos vivos afectados, muestran inicialmente temblor rápido de la cola, rigidez general, acompañada de incremento en la rigidez muscular, y disnea hasta el punto de respirar por la boca. La temperatura corporal se eleva notablemente, a menudo más allá de los límites del termómetro clínico, hasta 45°C, observándose también zonas irregulares en la piel con palidez. En esta etapa, el cerdo es, frecuentemente, víctima de ataques por otros animales del grupo. El paciente sufre colapso y muere. El tiempo total de duración del síndrome es por lo general de 4 a 6 minutos. El porcentaje de bajas durante el transporte puede oscilar entre el 0.1 y 1% dependiendo de la sensibilidad al estrés y de las condiciones de transporte^{64, 65, 66}

Hipertermia maligna (HM): Puede ser inducida en animales susceptibles por anestésicos volátiles y potentes como el halotano o por administración de succinilcolina. Se caracteriza por incremento del metabolismo del músculo durante la anestesia con rigidez muscular, acidosis láctica y aumento manifiesto del índice metabólico basal, incremento del consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono, hipertermia grave, taquicardia, taquiarritmia y muerte. Una vez desarrollado el síndrome es irreversible, representando un evidente riesgo la anestesia en los cerdos, la cual, puede prevenirse por medicación previa con dandroleno.^{61, 64, 65}

Necrosis del músculo del lomo, músculo dorsal o enfermedad de la banana: Cuando los cerdos superan un estrés grave durante más de 2 horas, se produce el cuadro clínico de la llamada necrosis aguda del músculo dorsal⁶⁷. El síndrome agudo dura 2 semanas aproximadamente y se caracteriza por inflamación y dolor sobre los músculos del lomo. Se inflama un músculo dorsal largo, pero raras veces ambos. El dorso del animal enfermo se curva hacia arriba, con convexidad hacia el lado afectado. Hay renuncia de movimiento por parte del animal. La inflamación y el dolor mejoran después, pero hay atrofia del músculo afectado y rigidez prominente de la columna vertebral, si bien puede ocurrir alguna regeneración al cabo de varios meses. En los casos agudos, es muy frecuente la muerte. Suele observarse este síndrome en adultos jóvenes con peso de 75 a 100 kg. La forma leve puede pasar inadvertida excepto en pacientes que adoptan decúbito cerca del lugar en que comen. En la forma grave, los cerdos afectados, pueden asumir la posición de perro sentado con el lomo arqueado^{64, 67}. Los efectos de la genética y la sensibilidad al halotano sobre la calidad de la canal y de la carne, se han revisado en distintos estudios⁶⁸. Los cerdos halotano positivos en relación a los cerdos halotano negativos, incluyendo el homocigoto dominante, y heterocigoto, se diferencian por tener:

- Menor crecimiento y apetito.
- Canales más cortas, mejor conformadas, y con mayor rendimiento.
- Menor espesor de grasa dorsal y mayor porcentaje de magro.
- Mayor área y profundidad del músculo LD.
- Elevada incidencia de carne PSE (ver más adelante en el punto 6.7 carne Pálida, suave y exudativa (PSE)).
- Reducción del tamaño de camada.

5.4 Cadena Productiva

Los factores de calidad e inocuidad de los alimentos en general, y de la carne en particular, son afectados positiva o adversamente según el manejo en todas y cada una de las etapas de la cadena productiva. Por esto los sistemas racionales de control de calidad deben basarse en programas específicos en cada etapa, que interactúan y retroalimentan a cada proceso y al plan general. El

concepto moderno es “control de calidad integrado” (IQC: Integrated Quality Control), que opera por medio de un programa oficial desde principios de los años ochenta en algunos países (Holanda, por ejemplo), o como servicios profesionales particulares. Con los recursos informativos disponibles en la actualidad es factible que todos los sectores productivos y de comercialización hagan el seguimiento del producto final a través de toda la cadena productiva; los registros permiten, asimismo, la evaluación comparativa en diferentes años. Este abordaje aún es inexistente en nuestro país, en parte porque no ha sido incluido en la normatividad existente.¹²¹

El estrés es un estado de adaptación de los animales, caracterizado por el desequilibrio de la homeostasis como resultado de la acción de uno o más factores, de origen interno o externo, y que elabora el sistema nervioso central en función del estado emocional del individuo y de sus experiencias previas. El estrés constituye estímulos agresivos que afectan al animal, como el miedo, el hambre, la sed, las condiciones climáticas severas o los agentes nocivos que le causan cambios fisiológicos y que pueden liderar un estado patológico si el factor que lo provoca se mantiene por mucho tiempo. Uno de éstos puede ser considerado perjudicial dependiendo de la forma en que el organismo es capaz de enfrentar la situación amenazadora y de la metodología a través de la cual recupera el estado de homeostasis.^{28, 122} Ante un estímulo o agresión, el animal experimenta una reacción interna que tiene por finalidad lograr la adaptación a esta situación. Cuando el animal es incapaz de responder, o bien la respuesta es exagerada, o se agota la capacidad de respuesta, pueden aparecer alteraciones patológicas, e incluso producir la muerte del animal.^{28,123}

5.5 Producción o Manejo en la Granja

El animal de abasto es el producto de la explotación pecuaria y a la vez materia prima para el establecimiento del sacrificio de animales que a su vez tiene como producto la carne. Todavía hasta hace algunos años los conceptos de producción se concentraban exclusivamente a la selección y cría de animales. Ahora las explotaciones modernas incluyen en sus programas de calidad aspectos del proceso de sacrificio, manejo y tratamiento post-mortem bajo el concepto “calidad de producción”. Durante la producción y obtención de la carne existen múltiples factores que impactan su calidad, a manera de ejemplo mencionaremos solo algunos aspectos relacionados con el cerdo.^{5, 6,22}

El manejo de los animales, la programación de la salida de los cerdos al sacrificio y , el transporte tienen efectos dramáticos en la calidad de la carne, el trato que reciben los animales en las granjas de origen por parte de los operarios ejerce un marcado efecto sobre la calidad de la carne obtenida. Por ejemplo, los cerdos que se transportan a distancias cortas tienden a mostrar mayor incidencia de PSE que los que se transportan a largas distancias. Esta observación indica que los cerdos que se transportan menos de 30 minutos suelen comportarse más tercos y difíciles de manejar, comparados a los que han viajado por más tiempo. Los cerdos que son transportados largas distancias suelen mostrar carne dura, firme y oscura o DFD (por sus siglas en inglés). A partir de los animales provenientes de explotaciones donde los operarios utilizan correctas prácticas de manejo se generan canales con un 50% menos de contusiones, hematomas y carne DFD que las provenientes de animales que son manejados en forma ruda.^{28,35, 37,137}

Los animales asocian al peligro con el humano porque éste acarrea los mayores estados estresantes, siendo por ello importante tanto el tipo como la calidad de la relación con los operarios. No obstante, los animales asocian al peligro más con un determinado lugar que con determinadas personas.^{38,39}

Otro factor es la genética del cerdo moderno, la cual ha sido particularmente modificada con el propósito de obtener cerdos menos grasosos y con mayor musculatura. La presencia del gen del halotano predispone el síndrome de estrés porcino, que también puede presentarse en cerdos no portadores manejados inadecuadamente antes del sacrificio. El potencial genético de un animal se manifiesta en plenitud cuando las condiciones ambientales son las óptimas: salud, nutrición y manejo.^{5, 8} Obviamente, los programas de salud animal son esenciales para la producción de carne. La contaminación primaria con agentes zoonóticos de relevancia debe ser prevenida en la producción puesto que es causa de salmonelosis, triquinosis y cisticercosis. Especial atención debe darse a la terapéutica farmacológica; son frecuentes los residuos de medicamentos por no respetar los periodos de retiro establecidos, que generan concentraciones objetables en tejidos comestibles.^{5,6}

5.6 Proceso de Obtención de la Carne

5.6.1 Ayuno previo al sacrificio

En la actualidad es una práctica habitual en nuestro país retirar el alimento a los animales antes de su sacrificio durante periodos que rondan las 24 horas, con el fin de reducir el peso y volumen de las

vísceras, facilitar el eviscerado, contaminación durante el transporte y reducción el volumen de residuos en los establecimientos de sacrificio de porcinos. La influencia del tiempo de ayuno previo al sacrificio es determinante sobre la calidad de la carne. Los cerdos deben llegar ayunados al sacrificio, esto se debe al hecho de que es conveniente evitar en lo posible un tracto gastrointestinal demasiado sobrecargado durante el transporte. El ayuno se hace suponiendo que de esta manera se puede lograr una disminución parcial del contenido de glucógeno en el tejido muscular lo que provocaría como consecuencia una reducción en la producción de ácido láctico post-mortem.⁸

El tiempo de ayuno total es la suma de distintas etapas¹, que son: el tiempo entre la última ración y el comienzo del transporte, el tiempo de transporte y el tiempo de permanencia en el rastro. En el período entre la última ración y el comienzo del transporte tendría lugar una cierta evacuación del tracto gastrointestinal. Esto favorece el aparato circulatorio y los animales llegarían al rastro en mejores condiciones. Luego de un transporte de corta duración y sin que haya habido sufrimientos considerables, se puede estimar tiempos de permanencia en corrales de 2 a 4 horas.^{2, 8} No obstante, cuando se haya efectuado tiempos de permanencia de varios días sin suministro de alimento y frecuentemente también sin agua, esperando lograr una especial mejora de la calidad de la carne (disminuir PSE), de acuerdo a informes obtenidos en la práctica, esta carne resulta oscura y seca.^{3,7}

El ayuno previo al sacrificio en las granjas se justifica con una baja mortalidad durante el transporte y una mayor reducción de problemas asociados con el manejo de intestinos repletos en el rastro³. Los animales recién alimentados, suelen sufrir la muerte en el transcurso de dicho transporte, más aún si se produce durante épocas de calor o si los animales son susceptibles al estrés⁴, ya que se ha comprobado que el estómago lleno puede reducir el diámetro de la vena cava, empeorando el retorno venoso y dificultando el avance circulatorio, agravándose el proceso al favorecerse la aspiración del propio vomito del animal.^{5,11}

El uso de estos periodos de ayuno permite reducir el estrés durante el pre- sacrificio, a la vez que incrementar la calidad de la carne⁶. Además se comprobó que alimentar a los animales durante las 10 horas⁶ anteriores al sacrificio suponía un gasto innecesario, pues no se traducían en una ganancia de peso en la canal, y además, se incrementaba el riesgo de propagación de *Salmonella* durante la evisceración posterior, observándose pérdidas de rendimiento en la canal cuando se superaban las 18 horas desde la retirada del alimento.¹⁰

El periodo de retirada es un parámetro a tener en cuenta por su relación con el grado de amplitud de caída del pH a las 24 horas del sacrificio de los animales, y su posible implicación en el desarrollo de carnes DFD. En este sentido, ciertos atributos de calidad en la carne de porcino, como el color o la capacidad de retención de agua, presentan una gran dependencia con el grado de amplitud de caída del pH post-mortem⁸ (ver más adelante). Recientes investigaciones¹⁰ demuestran que la carne de cerdo presenta niveles bajos de carnes exudativas en cerdos sometidos a periodos de ayuno de 24 horas o más y un incremento en PSE conforme disminuye el reposo en cerdos que han sido alimentados antes de salir hacia el rastro.^{6, 8, 10. Por} lo que se recomienda un ayuno en cerdos de 24 horas o más y un periodo de reposo de 4 horas después del último alimento ingerido para evitar carne PSE.^{11,12}

4.3.1.2 Reposo

El descanso al que son sometidos los animales al llegar al establecimiento de sacrificio es determinante sobre la calidad de la carne. La falta de este periodo de reposo después del transporte y antes del sacrificio aumenta la incidencia de carne PSE u si efecto en los porcinos resulta tan o más importante que la predisposición genética^{19,28, 40} Respecto a la obtención de la mejor calidad de carne¹¹ se ha comprobado que los reposos entre 4 y 6 horas proporcionaban los mejores índices de calidad, ya que cuando los animales apenas reposan 30 minutos ó 1 hora pueden estar sufriendo todavía las consecuencias de los procesos de carga, transporte y descarga, y en definitiva no dar tiempo a que los animales se puedan relajar, dándose las condiciones necesarias para que aquellos animales con una fuerte predisposición genética sobre el síndrome de estrés porcino, desarrollen ésta patología en toda su amplitud, dando lugar a carnes PSE.^{11,12, 13} Al contrario, el reposo durante toda la noche²⁸ puede provocar una mayor agresividad en los animales, peleas entre los animales y un deterioro de la calidad de la carne conforme el reposo de los animales es escaso o excesivamente prolongado. Cuando el animal, especialmente los cerdos, lucha antes del sacrificio, el nivel de glucógeno desciende y el pH decae rápidamente hasta 5.5 estando la carne aún caliente (superior a 30°C). Estos cambios ocasionan la precipitación de las proteínas sarcoplasmicas y miofibrilares, produciéndose de esta forma una pérdida en la capacidad de retención de agua de la carne.^{28,27} Los animales estresados presentan un valor de pH

cárnico superior con respecto a animales tratados correctamente antes del sacrificio.^{26, 28} Adicionalmente, la carne proveniente de animales estresados posee una mayor capacidad de retención de agua, mayor ternura y un 50% más de actividad de la enzima proteolítica endógena μ - calpaina^{4, 28,33, 34, 35,36}

4.3.1.3 Transporte

El transporte es uno de los aspectos más importantes que puede determinar la calidad de la carne de cerdo, ya que en este período se desarrollan una serie de cambios físico-químicos que son definitivos en la calidad al final del proceso.^{1,3} La calidad y condiciones del vehículo deben ser óptimas, y la experiencia del conductor son definitivas para evitar traumas, hematomas y, en última instancia, el Síndrome de Stress Porcino (Ver más adelante en factores que afectan la calidad sensorial de la carne) que muy seguramente va a degenerar en Carne PSE (Ver más adelante en Factores que afectan la calidad sensorial de la carne), asociado a otros factores. El transporte al rastro se realiza en camiones que deben reunir las debidas condiciones sanitarias para que los animales no lleguen exhaustos. Cuando la carne presenta la condición PSE nos encontramos frente a una variación negativa de la calidad de la carne, lo que resulta desfavorable tanto para el industrial como para el consumidor. El transporte de cerdos al rastro debe reunir condiciones técnicas aceptables para evitar la hipertermia en cerdos con la posibilidad de afectar adversamente la calidad de la carne (PSE). La densidad de carga máxima en cerdos es de 232 kg/ m², que corresponde aproximadamente a 0.47 m² por cerdo.²² Se ha estudiado el efecto del estrés producido por los sistemas de carga sobre el metabolismo muscular, y se pudieron comprobar una gran incidencia de carnes PSE, además de hemorragias en miembros anteriores, en cerdos cargados mediante rampas (11.8% y 12.5%, respectivamente) frente a cerdos cargados con sistemas hidráulicos (8.8% y 5.8%, respectivamente).⁶ El transporte hacia el rastro representa, incluso en las mejores condiciones, un marcado estrés en los animales, cuyos resultados pueden traducirse en apreciables pérdidas de peso vivo, enfermedades e incluso muertes. La incidencia del transporte sobre la calidad de la carne está estrechamente relacionada con la distancia recorrida, el tipo de camión, el grado de hacinamiento y las condiciones ambientales que predominan durante el desplazamiento, si bien, los dos factores más importantes a tener en cuenta, son la duración del mismo y el grado de hacinamiento de los animales en los camiones.⁷

En cuanto a la duración del transporte⁷ se comprobó que los transportes superiores a 100 km se correspondían con una disminución de 6 kg de peso vivo en los animales a su llegada al rastro, y del 1.05% en el rendimiento posterior de las canales, frente a los cerdos transportados durante 50 km; observando que los recorridos más bajos (50 km) reportaban una mejor calidad final de la carne que se traducía en una mejor capacidad de retención de agua y unos valores óptimos de pH. Los transportes de largo recorrido (por ejemplo de 90 km), superiores a 1 hora, conllevan una disminución del glucógeno muscular de reserva, lo que determina que los animales lleguen exhaustos y agotados al sacrificio, y en definitiva, los cerdos experimenten un incremento significativo de pH, dando lugar a un mayor desarrollo de carnes DFD¹⁰. A diferencia de lo que se puede creer, el transporte de cerdos con una duración corta puede comprometer el bienestar animal mucho más que los transportes de largo recorrido en óptimas condiciones ya que el sacrificio inmediato de los animales después de transportes de muy corto recorrido (10-15 km, o menos), conducen hacia un mayor desarrollo de carnes PSE frente a transportes de mayor recorrido¹⁹, en gran parte debido a que los procesos de carga, transporte y descarga de los animales se dan en intervalos de tiempo muy pequeños.

Por lo que lo ideal, es realizar un transporte con un recorrido moderado (menos de 90 km) inferior a 1 hora, ya que no propician un agotamiento en los animales, por lo que se estima que su incidencia en la calidad de la carne, respecto al desarrollo de carnes DFD, no es muy significativo.^{7, 8,10}, observándose además una recuperación de los niveles de ácido láctico acumulado durante la carga de los animales, y en consecuencia, una reducción de la incidencia PSE.

4.3.1.4. Insensibilización

Los métodos de sacrificio normalizados cumplen objetivos primordiales: tratar de manera humanitaria a los animales y evitar efectos negativos en la calidad de la carne. Los procedimientos idóneos en cerdos son el aturdimiento eléctrico y mediante CO₂ ambos con ventajas y desventajas.²² De acuerdo al estudio de Gamboa Alvarado, A. D. Alarcón Rojo, A. Grado Ahuir, F. A. Rodríguez Almeida por la Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua se observó que la reducción del tiempo entre insensibilización y desangrado de 16 a 4 segundos mejoró las características fisicoquímicas de la carne, mostrando una caída de pH más lenta, con un enfriamiento rápido y una capacidad de retención de agua

mayor. Se concluyó que la reducción del tiempo entre insensibilización y desangrado a 4 segundos mejoraron las características fisicoquímicas de la carne de cerdo.⁶⁶

4.3.1.5. Desangrado

El desangrado debe ser efectuado lo más rápidamente posible después del aturdimiento, el intervalo ideal en cerdos es de menos de 10 segundos, en la media que éste se alargue aumenta la posibilidad de que aparezcan manchas hemorrágicas en la carne. Al mismo tiempo, evitar que las hormonas liberadas por el estrés se distribuyan por todo el cuerpo mediante la circulación, afectando la calidad de la carne^{28,41}, además de que el cuchillo debe estar estéril porque al momento de la incisión la circulación general esta intacta y existe la posibilidad de diseminar gérmenes por toda la canal.²⁸

4.3.1.6. Escaldado

Durante el escaldado, sería conveniente que los animales no permanezcan excesivo tiempo dentro de la cisterna (no más de 7-8 min), o bien, que la temperatura del agua no fuese excesiva (nunca superior a 60°C), pues ello conduciría a la transformación del colágeno cutáneo, con lo que disminuiría la capacidad de conservación y aumentaría la frecuencia de desgarros cutáneos como consecuencia de la pérdida de solidez que exhibiría la piel. La técnica de escaldado, al igual que el flameado de los cerdos, provoca una elevación de la temperatura en 1°C, presentando un efecto negativo adicional sobre las reacciones bioquímicas del músculo post-mortem, al acelerarse la glucólisis y la degradación del ATP,¹³ debido a la elevada temperatura que presenta el músculo. La consecuencia de todo ello es un descenso de pH y una presentación prematura del rigor mortis, lo que sumado al efecto de la elevada temperatura del músculo se convierten en fuertes agentes desnaturalizantes de las proteínas, elevándose en definitiva, la incidencia de carnes PSE.^{26, 27} Es por esto que se debe controlar la temperatura (60°C), porque si se encuentra arriba del valor recomendado sobreviene un “precocimiento” de la canal que induce un acortamiento de la vida útil de la carne; además, si los animales son escaldados con reflejos íntegros puede ocurrir aspiración de líquidos que empeoran la condición.²²

4.3.1.7 Evisceración

Durante la evisceración se debe evitar a toda costa la ruptura de la vesícula, la vejiga y, sobre todo, de las paredes del tubo gastrointestinal, pues contaminarían la canal con microorganismos de gran importancia en la salud pública: *Salmonella*, *E. coli*, *C. perfringens* y *L. monocytogenes*, entre otras.²²

4.3.1.8 Refrigeración

En la fase de refrigeración inicial de las canales y donde el músculo se transforma en carne, se hace preciso aplicar frío de manera inmediata con el fin de reducir las elevadas temperaturas que presentan tras el sacrificio. Dicho calor interno debe eliminarse de forma rápida en esta etapa con el fin de mejorar el rendimiento productivo y evitar el incremento del número de agentes causantes del deterioro de la carne. Es importante disminuir la temperatura corporal ya que el aumento de la misma puede causar la desnaturalización de las proteínas de la carne lo que afectaría el pH de la carne, porque el pH del músculo es de alrededor de 7.2 y el de la carne es de aproximadamente 5.6. La variación de pH en la primera hora, de 7.2 a 5.5 significa PSE. Al término del proceso, la canal es rica en nutrientes, tiene una temperatura interna que oscila de 30-40°C y alta humedad, por lo que es un sustrato ideal para el crecimiento de microorganismos patógenos y de la descomposición. Por todo lo anterior, la refrigeración es un punto crítico de control por el impacto que tiene en el producto y porque está dentro del control absoluto del establecimiento. La refrigeración tiene el objetivo de bajar la temperatura interna de canales a un máximo de 7°C.^{15, 16, 17}

4.3.1.8.1 Cambios físicos

La mayoría de las modificaciones físicas que se producen al tratar la carne y sus productos a la acción del frío, dependen estrechamente de la fracción de agua contenida en la masa muscular, la cual puede sufrir importantes cambios estructurales relacionados con variaciones de concentración que pueden tener lugar durante el proceso de refrigeración^{7,18}. Los fenómenos de evaporación y sublimación, formación de cristales de hielo y los procesos de recristalización, serían un ejemplo claro de ello. Sin embargo, la principal modificación que puede experimentar la carne durante el proceso de refrigeración es la pérdida de peso por exudación de líquidos. En este sentido, cuanto mayor sea la velocidad de refrigeración y por consiguiente, menor sea el tiempo en alcanzar los 0°C en los frigoríficos, menores serán las pérdidas de

peso en la canal, oscilando en cualquier caso, entre valores que van del 1 al 3%⁸, permitiendo reducir las pérdidas por exudado de un 15 a un 10%.^{9, 17, 18}

Por su parte, si las condiciones de la refrigeración son extremadamente rápidas, podría darse el caso de importantes modificaciones de la estructura muscular como consecuencia de los procesos de acortamiento por el frío, derivando finalmente en un aumento de la dureza de la carne. Los procesos de acortamiento muscular se pueden producir cuando la temperatura de la canal se encuentra por debajo de 10°C, entre 0 y 5°C sobre todo¹⁰, y el pH todavía es mayor de 6.2-6.4, como consecuencia de un exceso de cationes Ca⁺² en el espacio intracelular y una aceleración de los fenómenos postmortales. No obstante, este tipo de procesos es difícil de que se produzcan debido a la importante capa de grasa que cubre las canales porcinas e impide un rápido descenso de la temperatura, y sobre todo, por la rápida glucólisis post-mortem tan rápida de esta especie.^{9, 15}

4.3.1.8.2 Modificaciones químicas y bioquímicas

De acuerdo con la ley de Van't Hoff's, existe una relación análoga entre la temperatura y la velocidad de las reacciones, en la cual, al descender la temperatura se ralentizan tanto las reacciones químicas como la actividad de las enzimas, sin llegar a eliminarlas del todo, de tal modo que, la velocidad de las reacciones se reduce a la mitad o un tercio del valor inicial si se producen bajo una temperatura inferior a 10°C¹¹. Además, la ausencia de la fracción de agua solidificada como vehículo transportador de las sustancias químicas que participan en las reacciones, produce un retardamiento de éstas, reduciéndose de este modo, el proceso de descomposición de alimentos fácilmente perecederos como la carne, al ser sometidos a refrigeración⁷. La principal modificación que sufre el músculo tras la muerte del animal es la que se deriva de una rápida glucólisis post-mortem, consecuencia directa del metabolismo anaerobio a que son sometidas las reservas de glucógeno muscular, tras cesar el aporte de oxígeno y nutrientes a la fibra muscular. Estas reacciones son, básicamente, la transformación del glucógeno en ácido láctico, reduciendo por un lado el pH, y generando por otro lado ATP, el cual es degradado a ADP^{+P} liberando energía en forma de calor y cuya resíntesis se va viendo cada vez más limitada, como consecuencia del progresivo descenso de pH.¹⁸

Cuando la glucólisis post-mortem ocurre durante la refrigeración rápida a bajas temperaturas, se produce una mejora importante en las características de fijación del agua y textura de la carne, tanto en el periodo pre-rigor como en el post-rigor, pues se previene la desnaturalización de las proteínas miofibrilares responsables de las pérdidas por exudación y se retarda la ruptura del ATP responsable de la aparición del rigor mortis^{12, 18, 19}. Por otra parte, conforme avanza la refrigeración, las superficies musculares continúan perdiendo agua de forma moderada, produciéndose un aumento de la concentración de sales que conduce inevitablemente hacia la oxidación de la mioglobina a metamioglobina, provocando un cambio de coloración en superficie de un color rojo vivo a una coloración pardo-marrón o grisácea característica y a un oscurecimiento del color debido a los cambios ópticos del tejido^{18, 23}.

4.3.1.8.3 Modificaciones microbiológicas

Durante la refrigeración de las canales se observa un aumento progresivo de microorganismos que obedece, entre otras, a la diferente tolerancia a las bajas temperaturas, la disponibilidad de nutrientes, y a las condiciones especiales de temperatura, actividad de agua (A_w) y pH. La temperatura resulta decisiva para la multiplicación y desarrollo de los microorganismos. A temperaturas próximas a 0°C, se observa un aumento progresivo de microorganismos psicrófilos y psicrotróficos, capaces de limitar la capacidad de conservación de la carne durante la refrigeración^{14, 20}. Entre éstos, destacan organismos como *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter* y *Lactobacillus*, en menor medida *Bacillus thermosphacta* y *Enterobacteriaceae*, y rara vez *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Vibrio* y *Aeromonas*. También se pueden aislar sobre las superficies secas de las canales, microorganismos como *Lactobacillus* y *Micrococcaceae*. Por el contrario, el desarrollo de gérmenes mesófilos queda bastante limitado a temperaturas inferiores a 4.5°C¹¹ y por lo general, los gérmenes patógenos no crecen por debajo de 7°C⁹, si bien, bacterias patógenas como *Salmonella* y *S. aureus* pueden crecer por debajo de 5°C, *C. botulinum* tipo E y algunos tipos B por debajo de 3°C, *C. jejuni* y *L. monocytogenes* a 0°C, y *Y. enterocolítica* y *A. hydrophila* a -2°C. Las levaduras y mohos crecen muy lentamente a bajas temperaturas, sobre todo cuando hay desecación superficial, pero si la humedad relativa es muy alta, aparecen enmohecimientos por Mucor, Aspergillus y Penicillium^{6, 14, 20}.

En líneas generales, puede considerarse la temperatura de -7°C como límite práctico de crecimiento microbiano. Conforme baja la temperatura, la influencia del desarrollo bacteriano sobre la calidad de las

carnes refrigeradas es prácticamente nula, y aunque los enzimas microbianos mantienen todavía parte de su eficacia, éstos sufren una reducción importante a bajas temperaturas, de tal modo que el desdoblamiento de sustancias orgánicas de elevado peso molecular hasta formas más solubles decrece de forma sustancial, limitándose los microorganismos a tomar de los alimentos aquellos compuestos que se hallen en solución^{7,15,16}.

Los cambios fisicoquímicos postmortales de la musculatura conducen a las propiedades conocidas de la carne. Los eventos se pueden resumir de la siguiente manera:

SACRIFICIO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tras el sacrificio por estímulos nerviosos ocurre liberación masiva de calcio ▪ Disminuye hasta desaparecer el metabolismo aerobio, dado que se suprime el aporte de oxígeno ▪ Las reservas energéticas (ATP, CP, glucogeno) disminuyen formando lactato, que se convierte en ácido láctico, bajando el pH. Al inicio el pH no sufre cambios significativos por la capacidad buffer del músculo. El pH cae de 7 a 5.5.
RIGOR MORTIS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Con la contracción muscular se forma el complejo acto-miosina cuando se ha consumido aproximadamente el 80% de reservas, existe insuficiente ATP y se sueltan las uniones actomiosina. Inicia el <i>rigor mortis</i>. ▪ Con el <i>rigor mortis</i> aumenta la densidad miofibrilar por lo que disminuye la suavidad (por unidad de volumen existente más material que debe ser cortado). ▪ Disminuye la capacidad de retención de agua. Existe una modificación de las proteínas en relación a su fijación de agua. Al caer el pH se alcanza un punto isoeléctrico (valor de pH en que se logra un balance entre grupos cargados positiva y negativamente), las proteínas pierden la capacidad de fijar moléculas bipolares de H₂O, se pierde agua muscular (Merma, Drip Loss en inglés). ▪ Con el inicio del rigor mortis los miofilamentos se acercan entre sí, lo que conduce a una “exprimida” de agua. ▪ Disminuye la capacidad de retener agua que se acumula en la superficie, por lo que se aprecia un color más claro del músculo (la luz es reflejada por la cubierta superficial del agua).
MADURACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de la rigidez muscular ▪ Se presenta proteólisis, el desdoblamiento enzimático parcial de la estructura celular conduce a un aumento de la suavidad. Los miofilamentos son parcialmente destruidos. ▪ Se generan sustancias aromatizantes que aumentan la intensidad del sabor propio de la carne. Entre las más importantes se encuentran metabolitos de ATP como IMP, inopina e hipoxantina.

6.1.2 pH y microorganismos

El pH de un alimento es uno de los principales factores que determinan la supervivencia y el crecimiento de los microorganismos durante el procesamiento, almacenamiento y distribución. Como el efecto de algunos otros factores depende en parte del pH, es a veces difícil separar el efecto del pH por sí mismo y el de otros factores influidos por el pH. Así por ejemplo, los microorganismos se ven afectados por el nivel de iones H⁺ libres (el pH por sí mismo) y, además, por la concentración del ácido débil no disociado, la cual a su vez depende del pH. Los aniones de algunos ácidos débiles (del ácido acético o láctico, por ejemplo) metabolizan dentro de la célula bacteriana, liberando H⁺ que acidifica el interior de la célula hasta alcanzar niveles inhibitorios. Otros aniones no metabolizan y por lo tanto no acidifican el interior de la célula.^{14,19}

6.2 Color

6.2.1 Aspectos Químicos y Bioquímicos del color de la carne

De los componentes mayoritarios de la carne, son las proteínas las que presentan una mayor importancia, ya que no son únicamente suministro de aminoácidos esenciales, muy importantes para el correcto funcionamiento del organismo, además contribuyen al aspecto tecnológico en la elaboración de productos cárnicos, y algunas generan propiedades tan importantes como el color. A estas proteínas se les denomina cromoproteínas y contienen mayoritariamente en su estructura a un grupo porfirínico conjugado con un metal de transición, principalmente hierro (metaloporfirina), que forma complejos de coordinación (grupo hemo)^{28, 77,78}, siendo éste el responsable de la coloración. Sin embargo, coexisten otros compuestos orgánicos con sistemas conjugados de naturaleza isoprenoide (carotenos y carotenoproteínas) que desempeñan también un papel muy importante en el color de la carne. A continuación se describen las principales características de los compuestos mayoritarios que imparten color a la carne.²⁹

6.2.1.1 Citocromos

Los citocromos son metaloproteínas con un grupo prostético hemo, su papel en el color de la carne se encuentra en revisión^{28, 30,79} ya que inicialmente no se creía que jugarán un papel importante^{28, 80}. A nivel muscular, los citocromos se encuentran en mayor concentración en el músculo cardíaco⁸¹, de ahí que cuando se incorpora esta víscera a los productos cárnicos se debe considerar su contribución al color, así como las reacciones principales que tienen lugar durante el proceso de elaboración de los productos cárnicos^{28, 29, 82}.

6.2.1.2 Hemoproteínas

De las hemoproteínas presentes en el músculo post-mortem, la mioglobina (Mb) es la principal responsable del color de la carne, puesto que la mayor parte de la hemoglobina (Hb) proviene del núcleo hemo (conteniendo hierro), que no se ha eliminado durante el desangrado (en el desangrado incompleto, el contenido promedio de sangre en los cortes de carne es de 0.3%)^{28, 83}, y que quedan retenidos en el sistema vascular, fundamentalmente en los capilares. Su contribución al color de la carne no suele superar el 5%^{28,84}.

En promedio la mioglobina representa el 1.5% en peso de las proteínas del músculo esquelético, mientras que la Hb está presente en un 0.5%, al igual que, en conjunto, los citocromos y las flavoproteínas.²⁹

La Mioglobina es un pigmento intracelular (sarcoplasmático), aparentemente distribuido de forma uniforme dentro de los músculos^{28, 85,86}, de color rojo, soluble en agua, que se encuentra tanto en invertebrados como vertebrados, localizándose en las fibras rojas^{28, 87,88} y que cumple el papel fisiológico de intervenir en la cadena de la fosforilización oxidativa dentro del músculo⁸⁹.

6.2.1.3 Estructura de la mioglobina

La mioglobina (Mb) es una proteína sarcoplásmica, responsable del transporte y almacenamiento del oxígeno dentro del tejido muscular y esta formada por una sola cadena polipeptídica de unos 17.800 de peso molecular, unida a un grupo hemo.²⁹ La estructura de la mioglobina es muy compacta, con alrededor del 75 % de la cadena plegado en forma de hélices α , con una estructura cuaternaria mantenida sobre todo por enlaces hidrofóbicos.

El grupo hemo consiste en un anillo tetrapirrólico con un átomo de hierro en el centro. En condiciones biológicas, y en la carne con buen aspecto, el hierro se encuentra en forma de ion ferroso. El átomo de hierro está enlazado directamente, además de al anillo hémico, a un resto de histidina de la cadena polipeptídica. El punto de unión del oxígeno está situado al otro lado del anillo hemo, frente a la histidina. La mioglobina es el principal pigmento de la carne, y el color de este producto depende fundamentalmente del estado en el que se encuentra ésta. En el músculo, el hierro se encuentra en la mioglobina en forma de ión ferroso, y así se encuentra también en la carne fresca. El grupo hemo puede tener asociada una molécula de oxígeno, formando entonces la oximioglobina, de color rojo brillante, que es el que se observa en la parte exterior de la carne. En el interior, la mioglobina no tiene oxígeno unido, estando entonces en forma de desoximioglobina, que tiene un color rojo púrpura más intenso y oscuro que el de la oximioglobina. Estas dos formas son interconvertibles, dependiendo de la presión parcial de oxígeno, y en la práctica, de la superficie de contacto. En las condiciones de una atmósfera normal, el ion ferroso es inestable, pasando a ion férrico. En la mioglobina, la presencia del grupo hemo y de la cadena

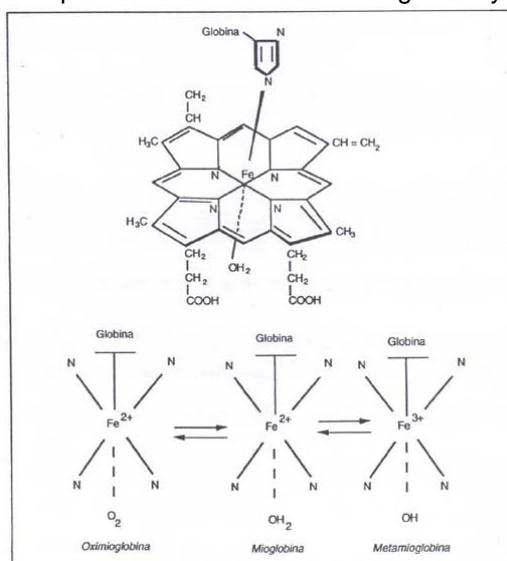
de proteína lo protege, pero aún así, la oxidación se produce con cierta rapidez, especialmente si la superficie de contacto es grande, como en el caso de la carne picada. La mioglobina con el hierro en forma férrica recibe el nombre de metamioglobina o ferrimioglobina, y tiene un color marrón poco atractivo, el de la carne almacenada demasiado tiempo.^{28,29}

La pigmentación de la carne esta dado por la proporción de mioglobina (oximioglobina, deoximioglobina y Metamioglobina) aproximadamente en más del 80%, (el restante esta dado por la hemoglobina atrapada en los capilares y vasos sanguíneos). Su concentración en el músculo varía entre especies y masa muscular y en general se ve modificada por varios factores tales como: edad al sacrificio, sexo, nivel de estrés al sacrificio, salud, etc.^{28,90}

El consumidor puede estar en desacuerdo con la variación en el color de la carne, bien sea por demasiado pálidos o demasiado oscuros. Esta variación en el color puede obedecer a los siguientes factores:

El color de la carne esta asociado con la interconversión de las tres diferentes formas de la molécula. Cuando la carne es fresca o recién cortada la proporción de deoximioglobina es alta y esto confiere a la carne de res un color rojo purpúreo. En los siguientes treinta minutos después de ser expuesta al medio ambiente, una molécula de Oxígeno (O_2) se une a la molécula de deoximioglobina para producir oximioglobina y conferir a la carne un característico color rojo cereza brillante. Este color se encuentra en la superficie de la carne en donde el oxígeno ha penetrado unos milímetros. Después de una exposición prolongada al medio ambiente la oximioglobina se oxida a su forma de metamioglobina confiriéndole a la carne un color café-rojizo que es poco deseable. Otros efectos importantes en el color son: la oxidación de lípidos y la contaminación microbiológica, los cuales le confieren otros tonos de color.

Imagen 10. Esquema de la molécula de mioglobina y sus formas



6.2.2 Aspectos Físicos del color de la carne

El color de la carne y productos cárnicos desde un punto de vista físico está determinado por la forma por la cual éstos interaccionan con la luz. Ésta puede ser por absorción, transmisión, reflexión y dispersión⁹¹. Desde el punto de vista de la absorción de la luz el color es consecuencia de la resonancia del grupo hemo y sus relaciones con los ligandos que ocupan la posición seis. Estos ligandos pueden formar complejos iónicos o covalentes con otras moléculas, principalmente agua. Según el tipo de la molécula que ocupe el sexto ligando, varía dicha resonancia y en consecuencia el color^{92, 93, 94,95}. En el caso de otros ligandos, el color varía en función de su capacidad de donar pares de electrones. El No es un donador débil y forma pigmentos café-rojizos.²⁹

El color de la carne, desde el punto de vista físico, evoluciona desde el mismo momento del sacrificio. Después de que el animal es sacrificado, la luz incidente es capaz de penetrar en la carne a una profundidad considerable. La luz es absorbida por la Mioglobina antes de ser dispersada y consecuentemente la carne parece oscura. Según se va sucediendo el rigor mortis la carne se va empalideciendo (aumentando la dispersión de la luz) cuando el pH disminuye por debajo de 5.9. En la carne de cerdo, este efecto se puede acentuar si continua disminuyendo el pH y la temperatura de la

canal es superior a 38°C. Estas condiciones favorecen la aparición de un defecto de calidad en esta carne que se denomina PSE y que desde el punto de vista del color, la carne aparece como muy pálida⁹⁷. El efecto contrario sucede cuando el pH de carne no sobrepasa pH 6.0 y aparece otro defecto de calidad denominado carnes DFD donde la carne aparece como oscura.

La dispersión de la luz como propiedad física y el color como parámetro de calidad, se han estudiado tanto en las carnes frescas^{98, 99} como en los productos cocidos.^{28, 29, 30}

El contenido y estado de la Mioglobina afecta a la reflexión, absorción y dispersión de la luz en la superficie de la carne y, por lo tanto, la intensidad del color que se percibe. Los materiales traslúcidos absorben más luz que los opacos, lo que origina que una mayor cantidad de luz se refleje. La refracción ocurre cuando los elementos estructurales en las capas de la superficie de la carne crean diferencias en el índice de refracción. La intensidad del color de la carne, además de la presencia de hemopigmentos, depende del estado de la superficie del músculo. A una concentración dada de estos hemopigmentos, la carne tiene un aspecto pálido cuando la red proteica miofibrilar está cerrada y es fuertemente reflejante, mientras que es mate y oscura en el caso contrario.^{28, 29, 100} Cuando se presenta una gran dispersión de la luz, la cantidad de la luz absorbida es baja y la importancia de los hemopigmentos en el color se reduce, ya que dejan de absorber luz. Este es el fenómeno que origina que la carne de cerdo con características PSE tenga una apariencia menos roja y más amarilla y en la carne DFD su apariencia sea más púrpura.^{29, 101}

6.2.3. Microorganismos

A pesar que el factor limitante en la vida útil de la carne fresca es la carga microbiana, el consumidor la elige por el aspecto que ofrece. El tipo y cantidad de la población bacteriana es, con mucha frecuencia, la causa más importante de la decoloración de la carne fresca y los productos cárnicos, de aquí que se deba tener un estricto control en el sacrificio, despiece y empacado de los productos.²⁹ La contaminación bacteriana afecta de forma decisiva en los mecanismos bioquímicos responsables del deterioro de la carne^{19, 20}. Un aspecto importante a tener en cuenta es que a igual carga bacteriana, el efecto es más acusado en las carnes más pigmentadas (vacuno) que en las menos pigmentadas (cerdo y pollo).^{28, 29, 102} Otra variable que afecta la estabilidad del color en la carne, según Houben y colaboradores⁹⁶ es la cantidad de microorganismos presentes. A un valor superior a 10⁶ microorganismos por gramo se presentan influencias sobre el color de la carne. Si bien la utilización de sustancias antioxidantes, como el tocoferol o el ácido ascórbico, retardan la oxidación lipídica y con ello se mejora la estabilidad del color, cuando el crecimiento bacteriano afecta el color estas sustancias no ejercen ningún efecto protector sobre el mismo.^{29, 103}

6.3 Aroma y Sabor

6.3.1 Precursores del aroma de la carne

Los principales compuestos que intervienen en la generación del aroma a carne pueden ser moléculas de bajo peso molecular solubles en agua, o bien pertenecer a la fracción lipídica de la carne (grasa). Otros componentes de la carne como proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas (vistas anteriormente) tienen un efecto mínimo en el desarrollo del aroma a carne, con excepción de la mioglobina, que puede actuar como catalizador en los procesos de generación del aroma. Los compuestos solubles en agua incluyen a sales, aminoácidos, péptidos, azúcares libres, azúcares fosforilados, nucleótidos y otros componentes nitrogenados, como tiamina.²⁸

Por otra parte, los lípidos que forman parte del tejido adiposo, así como la grasa intramuscular y los fosfolípidos tienen un papel primordial en la generación del aroma cárnico. Se ha informado que la fracción lipídica provee de volátiles que son característicos de cada especie animal mediante reacciones de oxidación y descomposición térmica; mientras que el tejido magro provee de aquellos compuestos responsables del aroma a carne que son comunes en todas las especies animales.^{28, 70}

6.3.2 Factores que modifican la formación del aroma de la carne

La formación de los compuestos responsables del aroma de la carne no sólo depende de la concentración de precursores sino de una gran variedad de factores intrínsecos y extrínsecos que alteran la intensidad y características del aroma, como el pH de la carne, especie animal, género, genotipo, edad, régimen de producción, tipo de alimentación, manejo post-mortem, temperatura y métodos de cocción, adición de especias, saborizantes y otros aditivos no cárnicos.²⁸

6.3.2.1 Efecto del pH

La velocidad y el mecanismo de las reacciones involucradas en la formación del aroma dependen del pH. En particular, la primera etapa de la reacción de Maillard en donde se presenta la condensación de un azúcar reductor y una amina se ve favorecida a valores de pH cercanos a la neutralidad, ya que sólo la forma no protonada de la amina puede combinarse. El pH del tejido muscular desciende durante las primeras horas posteriores al sacrificio debido al desarrollo de la glucólisis anaerobia hasta el establecimiento del rigor mortis. Factores como el manejo ante-mortem y el método de sacrificio pueden alterar el pH normal de la carne y llevar a la formación de carne PSE o DFD. Nam y colaboradores (2001)⁷¹ señalan que en la carne de cerdo normal y PSE se genera una mayor cantidad de compuestos volátiles totales en comparación con la carne DFD; sin embargo, al irradiar la carne se favoreció la oxidación de lípidos, por lo que disminuye la calidad del aroma cárnico.²⁸

6.3.2.2 Efecto del manejo Post-mortem

Factores como la especie y el manejo post-mortem también afectan el aroma de la carne. Cuando la carne se deja madurar ocurre una proteólisis debida a la acción de proteasas endógenas como calpainas y catepsinas, cuya acción promueve además del ablandamiento de la carne, la formación de compuestos nitrogenados solubles en agua, mismos que actúan como precursores del aroma en la reacción de Maillard. Mandéis y colaboradores (2001) evaluaron el efecto del tiempo de maduración en las propiedades de carne de ternera, informando que al aumentar el tiempo de maduración se mejoran las propiedades sensoriales de textura, aroma y sabor; además recomiendan un tiempo de maduración de siete días.²⁸

6.3.2.3 Efecto de la Temperatura

Como se mencionó antes, el aroma a carne se genera después de aplicar un tratamiento térmico y la intensidad del mismo va en relación directa con la intensidad del tratamiento térmico aplicado. Aunque no nos enfocamos en este Diplomado en productos cárnicos, es importante mencionar que para comprender como se genera el aroma y sabor es importante considerar la temperatura dentro del trozo de carne, la cual varía según el método y tiempo de cocción. Por ejemplo, el centro de una pieza de carne cocinada a “termino medio” alcanza unos 50°C, mientras que en una carne “bien cocida” la temperatura interna puede llegar a los 70-80°C, aunque en ambos casos la superficie de la carne se deshidratará y alcanzará una temperatura mucho mayor. Al aumentar la temperatura se acelera no sólo la velocidad de reacción del oscurecimiento no enzimático de Maillard, así como la descomposición de los lípidos, sino también la liberación de aminoácidos y otros precursores del aroma a carne.^{28,72}

6.4 Propiedades funcionales y textura

6.4.1 Propiedades Funcionales

Las propiedades funcionales se definen como las propiedades físicas o químicas de las macromoléculas que afectan su comportamiento en sistemas alimentarios durante su preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo, y que contribuyen a la calidad y características sensoriales del alimento. Las proteínas son, junto con los carbohidratos y los lípidos, las estructuras y componentes principales de los alimentos y, por tanto, contribuyen a la calidad y atributos sensoriales^{28, 104}. Aunque hay muchas propiedades funcionales en los alimentos, las más importantes en productos cárnicos son retención de agua, solubilidad, gelificación y emulsificación, las cuales se explican brevemente a continuación recordando que se tratan de productos cárnicos y no de canal.

6.4.1.1 Capacidad de Retención de agua

Revisar punto 2.5.1 Capacidad de retención de agua, dentro de Características de la calidad del músculo.

6.4.1.2 Solubilidad

La solubilidad es la propiedad funcional más importante en alimentos, tanto si se busca aumentarla como si se desea evitarla. Sin embargo, debido a su tamaño, las proteínas no forman soluciones en el sentido estricto, sino suspensiones. En muchos casos, como en los productos emulsificados, la proteína debe de ser soluble para ser funcional.¹³² La solubilidad de la proteína está determinada por los aminoácidos presentes en la superficie de la molécula y por el balance entre las interacciones energéticas dentro de la proteína, así como entre la proteína y el solvente. La superficie de una proteína soluble en agua está

cubierta por aminoácidos polares que favorecen la interacción con el agua; las proteínas insolubles en agua tienen más grupos hidrofóbicos en la superficie.^{28,105}

6.4.1.2.1 Hidratación

El primer paso para lograr la solubilización de las proteínas es su hidratación. Ésta depende de los puentes de hidrógeno formados, debido a diferencias entre los aminoácidos polares y no polares, el pH, la fuerza iónica y la temperatura. Los aminoácidos polares son los más involucrados en la relación proteína-agua. Los grupos funcionales más activos son $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$, $-\text{NH}-$ en forma ionizada, esto es a pH alejado del punto isoeléctrico. En general, la hidratación sigue la secuencia^{28, 106}:

1. Hidratación de sitios hidrófilos externos: $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{CO}$, $-\text{NH}$, formando una monocapa de moléculas de agua.
2. Al aumentar la humedad relativa se hidratan más los grupos y se retiene una cantidad de agua, además de la de la monocapa.
3. A más humedad relativa se sigue absorbiendo agua hasta que se saturan todos los sitios activos, hasta alcanzar una cantidad máxima de agua de 30-35 g/100 g de proteína.
4. El exceso de agua provoca la solubilidad de la proteína.

Otros factores, además de la orientación de los aminoácidos en el espacio determinan a la solubilidad.¹⁰⁷ Éstos son:

1. factores extrínsecos: pH, fuerza iónica, constante dieléctrica, temperatura
2. factores intrínsecos: peso molecular, estructura secundaria y terciaria, forma, composición de aminoácidos, ionización (hidrofobicidad).

6.4.1.2 Gelificación

Las características y calidad de muchos productos cárnicos se determinan por la calidad de los geles proteicos formados durante el procesamiento. Los atributos de textura, el rendimiento, la calidad y otras características sensoriales se deben a la formación de geles, como es el caso de los embutidos emulsionados¹⁰⁸. Un gel de proteína puede definirse como una red tridimensional sólida entrecruzada de moléculas proteicas que atrapan a un solvente acuoso; se compone principalmente de agua inmovilizada dentro de una matriz proteica^{28,109}. Los geles pueden contener solo 1% de proteína y aun ser rígidos, como en el caso de geles de algunos polisacáridos. Sin embargo, para que se forme un gel es necesario que las proteínas se desnaturalicen por calor, solventes, pH, presión o esfuerzo constante. Los principales geles encontrados en alimentos son los inducidos por calor¹¹⁰.

6.4.1.2.3 Emulsificación

Las emulsiones se definen como la mezcla de al menos dos líquidos inmiscibles, uno de los cuales se dispersa en otro en forma de gotas finas. Este líquido es la fase dispersa, discontinua o interna. El líquido que lo rodea es la fase continua o externa. Si la fase dispersa es grasa, el sistema forma una emulsión de aceite en agua, si la fase dispersa es agua el sistema es agua en aceite¹⁰⁴. Aunque hay algunas emulsiones naturales como la leche y la yema de huevo, la industria alimentaria fabrica emulsiones como los embutidos emulsionados. Las emulsiones alimentarias contienen otros elementos como sólidos dispersos, geles, grasas parcialmente cristalizadas o gases. Algunos productos cárnicos son emulsiones, tales como salchichas, boloña, pasteles, etc. En esto la fase dispersa son gotas de grasa, y la fase continua son proteínas solubles, proteínas miofibrilares, saborizantes, sales, aditivos y otros, en un medio acuoso.²⁸

6.5 Textura

De acuerdo con el autor De Man¹¹¹, la textura es la forma en la cual los componentes estructurales de un alimento se arreglan en estructuras micro y macroscópicas, así como la manifestación externa de esta estructura. Al tomar en cuenta tres elementos: tipo de partículas constituyentes, arreglos micro y macroscópicos y manifestación externa, la textura de los alimentos está relacionada al comportamiento mecánico, así como a las propiedades sensoriales, dando como resultado un sistema de estudio muy complejo. La carne tiene la organización estructural más compleja de todos los alimentos, variando química y estructuralmente entre músculos del mismo animal, entre animales de la misma raza y especie, y entre especies. Además, las estructuras físicas del músculo estriado varían con las condiciones del sacrificio y con el tiempo^{28, 113}. Los elementos estructurales varían aún más durante el procesamiento y en función de su composición química y propiedades funcionales.¹¹²

6.5.1 Textura en carne para consumo directo

Los elementos estructurales de la carne presentan resistencia a cualquier acción mecánica que se ejerza sobre ellos. Por este motivo, el arreglo de las fibras musculares, tejido conectivo, tejido graso, filamentos, sistema vascular y nervioso, y otros componentes estructurales presenta una resistencia mecánica. Este arreglo de elementos estructurales es llamado dureza primaria. La dureza secundaria se refiere a la cantidad de tejido conectivo presente. Por tanto, esta dureza aumenta con la cantidad de proteína del estroma, colágena, elastina y reticulita, presentes. Debido a que el tejido conectivo forma las capas endo y perimiales, a mayor cantidad de perimio, mayor dureza. En consecuencia, los cortes de carne con más músculos de menor tamaño tendrán mayor cantidad de tejido conectivo y; por tanto, mayor dureza secundaria. Lo cortes de mayor valor comercial (largo dorsal, oblicuo, etc.) tienen mayor tamaño, menor cantidad relativa de tejido conectivo y mayor terneza. La carne comercializada en cortes primarios o al menudeo relaciona su valor comercial con su textura, que a la vez es afectada por factores ante y post-mortem.^{28,107}

6.5.1.1 Efecto de las etapas ante-mortem en la calidad de la carne

En general no hay diferencia notable en la terneza de carne de res de diferentes razas de animales de abasto, o entre razas de leche y razas de carne. Sin embargo, hay una diferencia marcada entre razas de porcinos^{28,114}. En cuanto al sexo, parecen no tener influencia en carne de ovinos y porcinos. La madurez animal tiene efectos definitivos en la terneza, los animales jóvenes, con menos cantidad de tejido conectivo y músculos en desarrollo producen carne más suave¹¹². La naturaleza del animal afecta a la terneza, disminuyéndola cuando se restringe el consumo calórico¹¹⁵. Sin embargo, si los animales se realimentan después de perder peso, producen carne tan suave como los animales no estresados¹¹⁶.

6.5.1.2 Efecto de las etapas post-mortem en la calidad de la carne

Una vez sacrificado el animal, la recuperación parcial de la terneza y jugosidad se deben a acción enzimáticas. El almacenamiento del músculo provoca una disminución de su dureza, rápida durante los primeros días y lenta a medida que se continúa la maduración y que depende de la especie que se trate, así como la temperatura de almacenamiento. Durante un lapso de 12 a 24 horas posteriores al sacrificio, el músculo presenta un ablandamiento progresivo debido al debilitamiento mecánico de las miofibrillas, causado por enzimas proteolíticas activadas después de la muerte del animal: enzimas endógenas. Nativas del músculo y que se activan después de la muerte del animal, y enzimas exógenas, producidas por microorganismos que colonizan a la carne naturalmente.^{28, 117}

Una vez que la canal se ha eviscerado y limpiado, empieza a proliferar una microflora mixta, adquirida del medio que rodea a la carne: utensilios de corte, manejo de los operarios, etc. Entre mayor sea la microflora inicial, más rápido procederán los cambios enzimáticos provocados por los microorganismos. (Ver Módulo 4 Microbiología de la carne y Residuos Tóxicos). Las proteínas de la carne también son atacadas por enzimas proteolíticas procedentes de la flora microbiana. *Pseudomonas spp.* son particularmente activas en la producción de proteasas que atacan a las proteínas miofibrilares en forma no específica y ayudan a mejorar la terneza de la carne madurada, además de contribuir en el aroma y sabor¹¹⁸. Sin embargo, el manejo inadecuado de la carne antes de iniciar el *rigor mortis* afecta irreversiblemente la textura. Hay cuatro condiciones que producen textura inadecuada: contracción por frío, contracción por descongelamiento, carne Pálida, Suave, Exudativa (PSE) y carne de corte oscuro (Dark, Firm, Dry (DFD)).

- **Contracción por descongelamiento:** ocurre cuando se congela la carne antes del *rigor mortis*; la concentración de ATP es aún alta y su degradación es muy rápida al momento de descongelar; en este momento la contracción es muy severa. Se debe a un rompimiento de la bomba de calcio en el retículo sarcoplásmico, por acción del frío extremo.²⁸

- **Contracción por frío:** el mecanismo que induce a la contracción por frío es similar al de contracción por descongelamiento, aunque no tan severo. Se produce cuando se refrigeran canales recién evisceradas y aún calientes a 4-6°C. Tanto la contracción por frío como la contracción por descongelamiento son procesos irreversibles que causan pérdidas cuantiosas debido al endurecimiento excesivo del músculo.

7. Defectos y alteraciones de la carne

Habrá que diferenciar entre los que se originan por procesos ante mortem y los que se deben a procesos post mortem.

7. 1 Hematomas y Lesiones

Como consecuencia de la carga y descarga de los animales a los vehículos, en los cuales son transportados hasta el rastro, y del transporte propiamente dicho, se genera una mayor interacción social, mayor agresividad y mayor susceptibilidad a los malos manejos. Todo esto ocasiona un incremento en el número de hematomas, contusiones y traumatismos, que generan una depreciación en la calidad de la carne.²⁸ Los hematomas son la pérdida de sangre de vasos sanguíneos lesionados hacia los tejidos musculares adyacentes. Pueden producirse por un golpe físico de un palo o una piedra, por el cuerno de otro animal, por algún saliente metálico, o por una caída. Se pueden presentar en cualquier momento durante el manejo, el transporte, el encierro en los corrales o el aturdimiento. Los hematomas pueden variar desde los leves (aproximadamente 10 centímetros de diámetro) y superficiales, hasta los grandes y severos que involucran toda una extremidad, partes de la canal, o hasta la canal entera. La carne con hematomas supone una pérdida ya que no es apta como alimento porque:

- No es aceptada por el consumidor;
- No se puede usar en la preparación de carnes procesadas;
- Se descompone y se daña rápidamente, ya que la carne ensangrentada es un medio ideal para el crecimiento de bacterias contaminantes;
- Por los anteriores motivos debe ser decomisada durante la inspección.

El hematoma es una causa común de desperdicio de carne, pero se puede reducir significativamente su incidencia siguiendo las técnicas apropiadas de manejo, transporte y sacrificio. Las lesiones, como los huesos rotos y los músculos desgarrados y hemorrágicos, causados durante el manejo, el transporte y el encierro en los corrales, reducen considerablemente el valor de la canal porque las partes lesionadas, o en casos extremos la totalidad de la canal, no se pueden utilizar como alimento y deben decomisarse. De presentarse una infección bacteriana secundaria en las heridas, ello puede ocasionar la formación de abscesos y septicemia, comprometiendo así a toda la canal.²⁷

8. Clasificación Comercial de Carne Porcina

La entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá abre posibilidades de participar en mercados exteriores y es una buena opción económica para las empresas productoras, pero al mismo tiempo se crea la demanda de animales de mejor calidad para poder competir en dichos mercados. El concepto de calidad abarca una serie de cualidades de un producto que están asociadas con todas las fases de producción. En el caso de las canales de cerdo se debe cuidar los procesos de elaboración y distribución de los alimentos balanceados, los medicamentos, la genética y el manejo de pie de cría y de los cerdos para el abasto, así como el manejo de los cerdos previo al sacrificio y el proceso de sacrificio y corte.^{10,22} El manejo adecuado tanto en la recepción de los animales en los rastros como durante y después del sacrificio, el enfriamiento y la conservación, pueden influir de manera importante en la calidad de producto afectando tanto su aspecto físico como la vida de anaquel y la selectividad del consumidor. Cuando se habla de calidad de la canal estamos incluyendo los siguientes conceptos: rendimiento de cortes, cualidades organolépticas de la carne (color, textura, sabor) e inocuidad alimentaria.^{1,10}

En todo el mundo, los consumidores de carne prefieren un producto magro, con calidad constante. Desde el punto de vista de los industriales de la carne esto da origen a la necesidad de diseñar métodos precisos y confiables para poder medir objetivamente la calidad de la carne y estimar el rendimiento de los cortes, del tejido magro y el calor de un animal en la canal. Para que la industria porcina pueda progresar hacia un cerdo de abasto más magro es necesario que exista un diferencial de precio suficientemente atractivo para que se produzca más carne y menos grasa. Esto debe realizarse en todas las etapas del proceso de producción y de mercadeo.⁵⁸

En los países con una industria porcina desarrollada se evalúa objetivamente a los cerdos por su rendimiento en canal mediante el uso de tecnologías que permiten predecir con elevada precisión el rendimiento magro el rendimiento de cortes, con el objeto de estimular a los productores a llevar al rastro animales magros, con buen rendimiento de carne. Esta predicción se ha desarrollado a partir de relacionar las mediciones de grasa dorsal y superficie o diámetro del músculo de la chuleta con la producción de tejido magro mediada a través de disección. Sin embargo, las predicciones basadas en el rendimiento magro requieren estudios muy costosos, ya que para el proceso de disección de este tejido se necesita personal muy entrenado y de mucho tiempo para trabajar una canal (aproximadamente 6 horas), además, los sistemas de corte y el calor de los cortes varían mucho según la región, por lo que el estudio de las relaciones del rendimiento de cortes es más adecuado para sistemas regionales de

evaluación por rendimiento (ver Módulo de Corte y deshuese de canales).^{97,100} En México son pocos los trabajos que documentan el rendimiento de los cerdos sacrificados; uno de los más completos es el realizado para desarrollar la norma mexicana de la clasificación de canales (tabla 2).^{130,131}

Tabla 7. Características de las canales en México^{130,131}

Variable	Media
Peso al sacrificio (kg)	100.6
Peso de la canal caliente (kg)	79.6
Longitud de la canal (cm)	81.5
Grasa dorsal 1 ^a costilla (cm)	4.3
Grasa dorsal 10 ^a costilla (cm)	2.8
Grasa dorsal 12 ^a costilla (cm)	2.9
Peso canal fría (kg)	78
Área del ojo de la chuleta (cm ²)	29.8
Entrecot (kg)	4.1
Pierna (kg)	7
Espaldilla (kg)	3.9
Tocino (kg)	4
Rendimiento de la canal (kg)	79.9
Suma de los cortes primarios (kg)	37.8

En varios trabajos se ha encontrado una asociación importante entre la profundidad de la grasa dorsal y la cantidad de tejidos magros en la canal (la profundidad de la grasa dorsal puede ser medida mediante un instrumento tan simple como una regla), en los que se establece que la profundidad de la grasa dorsal puede ser usada como indicador del contenido magro en la canal. Sin embargo, estas relaciones varían según las razas, los sistemas de alimentación y las zonas climáticas, por lo que su utilidad es limitada fuera de las regiones y de las razas en las que se desarrollaron los estudios. El desarrollo de un sistema de esta naturaleza traerá como consecuencia un mayor interés del productor por mejorar el tipo de animal que envía al mercado.^{100, 130,131}

9. Métodos para la evaluación de canales

Ahora es prácticamente posible medir la calidad de la carne en la línea de sacrificio; cada vez es más usual el empleo de medidores de pH, conductividad y color con un solo aparato. Cada vez es más usual el empleo de medidores de pH, conductividad y del valor de reflexión (FOM = Fat O Meater). La medición electrónica del pH en carne es el recurso más común y útil para determinar anomalías, recordemos que es importante determinar el pH de la canal por su influencia directa e indirecta sobre parámetros como color, suavidad, capacidad de retención de agua y capacidad de conservación, por lo que tiene significado tanto en relación a sus propiedades tecnológicas como a su calidad sensorial. En especial la velocidad de la caída del pH, ocasionada por el incremento de ácido láctico da información importante sobre su capacidad de procesamiento.^{18, 131} La conductividad medida en milisegundos por centímetro (mS/cm) da información valiosa sobre desarrollo de procesos postmortales del músculo. El tejido vivo es un mal conductor eléctrico porque los líquidos intracelulares e intersticiales están separados unos de otros por membranas aislantes. Estos sistemas de membrana son, en dependencia de la caída de pH por desnaturalización proteica, severamente dañada y por tanto permeable. La permeabilidad membranal así elevada ocasiona intercambio creciente de líquidos con lo que se incrementa la conductividad.¹⁸ Para la evaluación de intensidad de color en las primeras etapas postmortales de carne de cerdo se emplea la medida de reflexión como método practicable en la línea de sacrificio. Los valores medidos en el músculo longitudinal dorsal¹³¹ han mostrado una estrecha relación con características postmortales de calidad de carne al final del proceso. Los valores de reflexión en la clasificación comercial con el FAT o Meater (FOM) son información adicional.^{18, 130} (ver Módulo 2. Proceso de Sacrificio para mayor información sobre el rendimiento).

9.1 Rendimiento de la canal

Se define como la relación entre el peso de la canal y el peso vivo expresado en porcentaje y se puede calcular a través de la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso en pie}}{\text{Peso en canal}} (\%)$$

$$\text{Ejemplo: } \frac{100 \text{ kg}}{80} = 80\%$$

Grasa dorsal. Medida perpendicular que incluye la piel y la capa de grasa externa medida a nivel de la décima o de la última costilla, sobre el lomo. Se mide $\frac{3}{4}$ hacia la parte externa del músculo del lomo y perpendicular a la superficie de la piel.¹³¹

Porcentaje de músculo. Todos los sistemas de clasificación utilizados intentan dar una apreciación de la composición muscular de la canal de una manera más o menos directa. El porcentaje de músculo es la relación entre el peso del músculo y el peso de la canal expresado en porcentaje. Se estima a partir de una o dos medidas de grasa y de un espesor muscular con un aparato (FOM) cuyo principio se basa en la diferente reflectancia de la grasa y el músculo, para saber como funciona este aparato consultar el Módulo de Proceso de Sacrificio de Porcinos.¹³¹

10. Glosario

Anoxia: Exento de oxígeno

Catepsinas o proteasas lisosomales ácidas: son las encargadas de degradar a proteínas como la miosina y la actina, además de carbohidratos y lípidos, ya que los lisosomas están relacionados con la digestión intracelular. Estas enzimas se liberan de los lisosomas en la etapa post-mortem cuando desciende el pH, debido a que las membranas de los lisosomas se rompen por la diferencia de presión ejercida por los iones H⁺.²⁹

Calpainas: también son conocidas como factor activado por calcio, o proteasas neutras activadas por calcio. Este grupo consta de dos tipos: las m-calpainas que requieren altas concentraciones de calcio (300 µM), y las µ-calpainas que requieren para su actividad una concentración menor a 5 µM. éstas también son llamadas calpaina I y II. Ambos tipos de calpainas se encuentran en el sarcoplasma y tienen una actividad óptima a pH entre 6.6 a 6.8, por lo que se cree que actúan primordialmente en la etapa pre-rigor.^{29,31,119}

Homocigoto: Las células homocigóticas (*homo*, igual; *cigoto*, huevo) son diploides o poliploides con el mismo número de alelos en una secuencia de cromosomas homólogos. Cuando se dice que un organismo es **homocigoto** con respecto a un gen específico, significa que posee dos copias idénticas de ese gen para un rasgo dado en los dos cromosomas correspondientes (por ejemplo, un genotipo es AA o aa). Tales células u organismos se llaman **homocigotos**.

Miopatía: enfermedad del músculo o una enfermedad muscular.

Monogástrico: animales con un solo estómago

Monorrefringente (isotrópica): de los cuerpos en los que a todo rayo luminoso que incide sobre ellos

pH: Es una medida relativa a la acidez o alcalinidad de la carne, un pH de 7.0 se considera neutro; entre más bajo el pH, más ácido es; en la mayoría de los casos el pH de la carne porcina tenderá a ser ligeramente ácido. El pH es posiblemente el factor que más influye en los demás aspectos de calidad mencionados, ya que pH bajos, de 5.3 a 5.4, pueden producir carne de color pálido, tener una mayor pérdida de agua y también será menos firme al corte comparado con carnes que tengan un pH de 5.8 a 6.3; factores que se relacionan al problema de cerdo "pálido, suave y exudativo" (PSE).^{19,23}

El pH de la carne no es estático, especialmente durante las horas posteriores al sacrificio. El músculo generalmente tiene un pH de 7.0 a 7.2. Después que el animal muere, el pH tiende a caer gradualmente durante las siguientes 12 a 24 horas hasta llegar a un pH final de entre 5.5 y 5.8. La razón principal de esto es la formación en el músculo de ácido láctico a partir de las reservas de glucosa. El mecanismo que explica este fenómeno tiene sus orígenes en los procesos de obtención de energía del músculo. Cuando se refiere el animal vivo, el ácido láctico producido en el proceso de metabolismo del glucógeno muscular (vía aerobia), es eliminado por el torrente circulatorio, cuando el músculo pasa a ser carne y ya no se tiene el flujo sanguíneo (vía anaerobia), el ácido láctico se acumula produciendo una caída acelerada en el pH. De aquí pues que los animales que contienen mayores reservas de glucógeno muscular y con

tasas altas de metabolismo pre-sacrificio serán más propensos a tener más rápido un pH menor en su carne.^{50,84,87,97}

Potencial de membrana: es el voltaje de la diferencia de potencial eléctrico a un lado y al otro de la membrana plasmática de una célula. La membrana de las células está polarizada, debido a que hay un reparto desigual de cargas eléctricas entre el interior y el exterior de la célula. Esto crea una diferencia de potencial, siendo el exterior positivo respecto al interior.

Péptidos: son un tipo de moléculas formadas por la unión de varios aminoácidos mediante enlaces peptídicos.

Reacción de Maillard: (técnicamente: glucosilación no enzimática de proteínas) se trata de un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares reductores que se dan al calentar (no es necesario que sea a temperaturas muy altas) los alimentos o mezclas similares, como por ejemplo una pasta. Se trata básicamente de una especie de caramelización de los alimentos, es la misma reacción la que colorea de marrón la superficie de la carne mientras se cocina al horno. Los productos mayoritarios de estas reacciones son moléculas cíclicas y policíclicas, que aportan sabor y aroma a los alimentos, aunque también pueden ser cancerígenas.⁵²

Refringencia: Capacidad para refractar la luz

Umami: es uno de los cinco básicos sabores detectados por los receptores especializados de la lengua humana (los otros son: amargo, ácido o agrio, dulce, salado). El Umami es una palabra de origen japonés para expresar un sabor entre salado y el dulce, propio del glutamato monosódico. Este nuevo sabor fue descubierto por el profesor Kikunae Ikeda de la Universidad Imperial de Tokio a comienzos del siglo XX.

Módulo 8. Residuos, despojos y Aguas residuales del Proceso de Sacrificio de Porcinos

1. **Introducción**
 - 1.2 Consumo de agua potable
2. **Descripción y consumo de agua en las diferentes etapas del proceso**
 - 2.8 Recepción y manejo del ganado (Inspección *ante-mortem*)
 - 2.9 Aturdimiento o insensibilización y sacrificio
 - 2.10 Proceso de rasurado (depilado)
 - 2.11 Inspección *post-mortem* y procesamiento de vísceras
 - 2.12 Lavado de la canal
 - 2.13 Limpieza de las instalaciones
 - 2.14 Descarga de aguas residuales
3. **Consumo de agua dentro de los rastros**
 - 3.3 Procedencia del agua
 - 3.4 Vertido de aguas residuales
4. **Desechos sólidos**
 - 4.3 Plantas de rendimiento
 - 4.4 Aspectos regulatorios
5. **Destino de los decomisos y de la sangre**
 - 5.2 Normatividad
6. **Métodos para el control de la contaminación**
 - 6.4 Control de la contaminación atmosférica
 - 6.5 Control de la contaminación por residuos sólidos
 - 6.6 Control de la contaminación de efluentes líquidos
7. **Medidas de prevención de la contaminación**
8. **Glosario**

1. Introducción

Los establecimientos que se dedican al sacrificio de animales de abasto, generan, en las diferentes etapas del proceso de obtención de carne, un importante volumen de aguas residuales y despojos- No todos los establecimiento vierten directamente esta agua residuales y despojos a cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagunas) o al drenaje municipal, recibiendo tratamiento posterior un pequeño porcentaje del total de las aguas vertidas. Estos residuos generan un grave problema ambiental y de salud pública.^{1,12}

La composición de las aguas residuales de un rastro TIF o municipal depende, fundamentalmente, de la especie que se procesa. En general, contiene sangre, excremento, contenido ruminal o estomacal, grasa y huesos.^{1,10} Cuando el agua residual contiene una cantidad alta de materia orgánica, es propicia para el desarrollo de microorganismos patógenos normalmente presentes en dicha materia (*Salmonella* spp., *Shigella* spp.), además de contener, entre otros elementos, huevos de parásitos y quistes de amibas, así como residuos de plaguicidas (presentes en el alimento de los animales), cloro (limpieza de instalaciones), salmuera, etc.; resultando ser un contaminante potencial del suelo y el agua, en el que proliferan los malos olores por la descomposición de la materia orgánica.

Este tipo de residuos, por su humedad y capacidad de descomposición rápida, desprenden gases como el metano, involucrado en el cambio climático global, así como malos olores; atraen a moscas, cucarachas, ratas y otras especies de fauna nociva transmisora de enfermedades; provocan la formación de lixiviados que arrastran contaminantes hacia los cuerpos de agua superficiales o se infiltran hacia los acuíferos, deteriorando las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano e irrigación de campos agrícolas, amenazando, además, los ecosistemas acuáticos.¹⁹

Estas aguas residuales, vertidas directamente en mantos de agua, generan un ambiente propicio para el desarrollo de moscas y mosquitos capaces de incubar y multiplicar en su cuerpo microorganismos que, posteriormente, podrían ser la causa de enfermedades en el humano, siendo, así, vectores biológicos. Asimismo, actúan como vectores mecánicos al transportar patógenos que se desarrollan en este medio contaminado. (Ver Control de Fauna Nociva, en Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura).

De acuerdo con la definición de contaminante, se considera que se genera contaminación en el agua por la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos mensurables en la flora y la fauna (incluido el humano). Por otra parte, se entiende por contaminación: la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquiera combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, salud y el bienestar humanos, flora y fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la nación en general o de particulares.¹⁹

Los contaminantes más frecuentes de las aguas son: materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y otros utilizados en la agricultura. Los **contaminantes orgánicos** son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, **de rastros**, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc.¹⁹

La materia orgánica que contiene el agua residual se origina en todos los procesos de la planta, ya que el agua está en contacto con las canales, excremento y sangre, entre otros elementos. El fósforo se origina a partir del contenido estomacal no digerido, pero también puede generarse si la sangre se procesa para elaboración de subproductos. El sodio proviene del excremento, del alimento presente en los estómagos de los animales, así como de los procesos de rendimiento y de encurtido. La calidad del agua residual depende de la cantidad de contaminantes que contenga, esta cifra determinará el costo, el método y el lugar de tratamiento. Si dicho lugar está en la planta de sacrificio, el tratamiento resulta más efectivo, mientras que, si se localiza fuera de ésta, es menos eficiente y más costoso.¹ Cada una de las etapas del proceso de sacrificio y faena de animales de abasto genera, independientemente del volumen, aguas residuales con características particulares, las cuales se deben considerar a la hora de determinar el método de tratamiento más adecuado (Tabla 1).

Tabla 1. Fuentes de contaminantes en el agua residual

Fuente	Contaminantes			
	DQO (%)	Nitrógeno total (%)	Fósforo total (%)	Sodio (%)
Agua potable	0	1	0	10
Agua reciclada	0	5	10	7
Corral de descanso	2	6	8	6
Sacrificio y evisceración	7	19	4	8
Flameado o Chamuscado	7	7	7	3
Desangrado	1	7	6	9
Manejo de excrementos y desechos sólidos	13	12	37	22
Rendimiento	63	33	26	15

Fuente: Cleaner Production Assessment in Meat Processing (COWI)

El mejor indicador de la calidad del agua residual es la concentración de materia orgánica que se expresa, comúnmente, como demanda química de oxígeno (**DQO** o COD por sus siglas en inglés: Chemical Oxygen Demand), o como Demanda Bioquímica de Oxígeno al día 5 (**DBO₅** o BOD₅ por su nombre en inglés). La demanda química de oxígeno (**DQO**) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O₂/litro. Es un método aplicable en aguas como ríos, lagos, acuíferos, etc.; aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. No es aplicable para las aguas potables debido al valor tan bajo que se obtendría y, en este caso, se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico. El método mide la concentración de materia orgánica. Sin embargo, puede haber interferencias debido a que haya sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros, etc.). El DBO se mide en (mg/litros) de O₂ usualmente medido dentro de un período de 5 días (**DBO₅**).²⁷

En el caso de los efluentes de las plantas recuperadoras de subproductos, los valores típicos de la composición son los siguientes²⁴:

DBO = 4800 mg/litro

DBO₅ = 3000 mg/litro

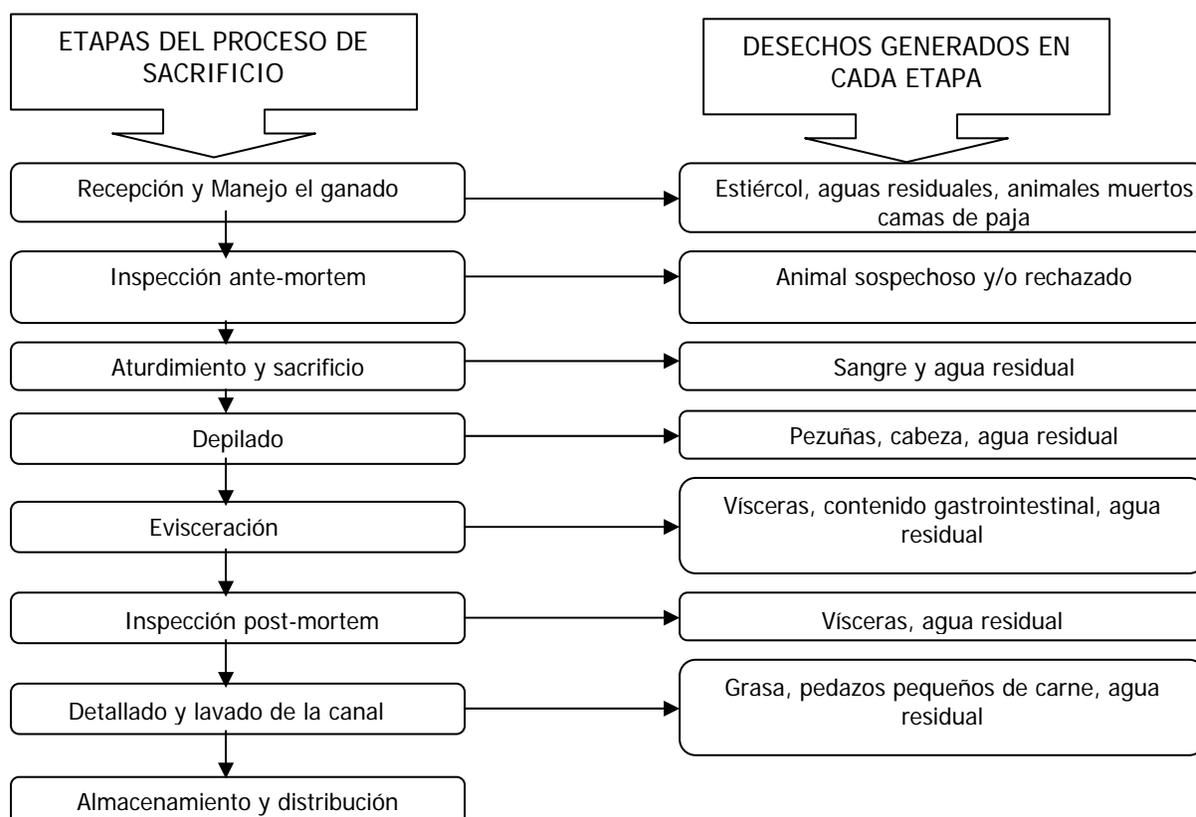
1.1 Consumo de agua potable

El agua potable es un insumo indispensable en un rastro, ya que se requiere en el proceso de la faena en los siguientes pasos:

- Bebida del ganado.
- Limpieza o baño del ganado.
- Lavado del transporte en el que los animales llegan al rastro.
- Escaldado en la producción de cerdos (para facilitar la eliminación de pelos).
- Lavado de la superficie del animal, posterior al escaldado (cerdos).
- Lavado en la evisceración de la canal.
- Lavado de la canal.
- Transporte de algunos subproductos y residuos.
- Limpieza y esterilización de cuchillos y equipo.
- Limpieza de pisos y superficies de trabajo.
- Enfriamiento de maquinaria (compresoras, condensadoras, etc.).

Las investigaciones realizadas sobre el consumo de agua en establecimiento de sacrificio, muestran una variación considerable. Los factores que afectan este consumo son las prácticas de limpieza, el tamaño de la planta, la modernidad del tipo de proceso, nivel de automatización, la variedad de especies que se faenan e incluso, el tipo de usos y costumbres con los que estén familiarizados los trabajadores.¹ A continuación se presenta, en forma general, un diagrama de flujo con los insumos y los desechos generados en cada etapa del proceso de sacrificio de porcinos (Diagrama 1).^{1,19}

Diagrama 1. Diagrama de flujo por operaciones en el proceso de la carne en general

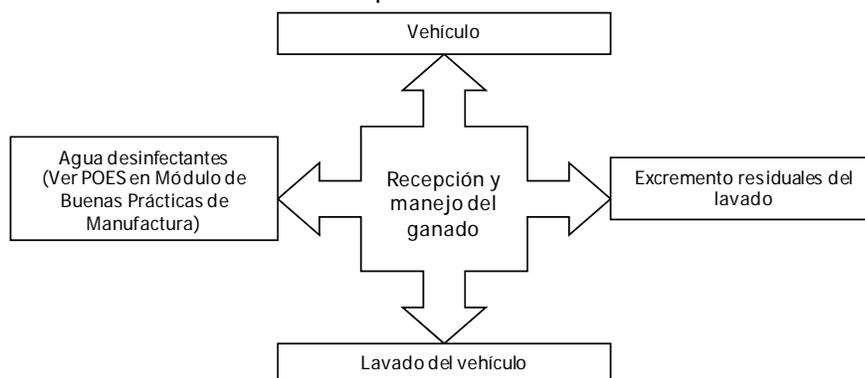


2. Descripción y consumo de agua en las diferentes etapas del proceso

2.1 Recepción y manejo del ganado (Inspección *ante-mortem*)

Los animales son transportados al rastro, generalmente en camiones, los cuales son lavados y ocasionalmente, desinfectados a la salida del establecimiento (Imagen 1), asimismo, las instalaciones de descanso de los animales requieren este manejo entre lotes o de manera periódica para disminuir la temperatura corporal y evitar el estrés o “choque de calor” en los cerdos (Ver Módulo 2. Proceso de sacrificio de Porcinos). Es necesario hacer hincapié en que tanto durante el traslado como en el corral de descanso se acumulan grandes cantidades de heces, orina y, ocasionalmente, restos de alimento que pasarán a formar parte de las aguas residuales, así como el agua del bañado de los animales previo al sacrificio, que contribuye con grandes cantidades de fósforo, nitrógeno y carbono; durante esta etapa se desperdicia agua en la mayoría de los rastros al no usarla el lavado a presión.^{1,21}

Imagen 1. Diagrama de flujo de los residuos generados durante la recepción y manejo del ganado porcino



Los principales parámetros correspondientes a los insumos y características del agua residual vertida se resumen en la Tabla 1.

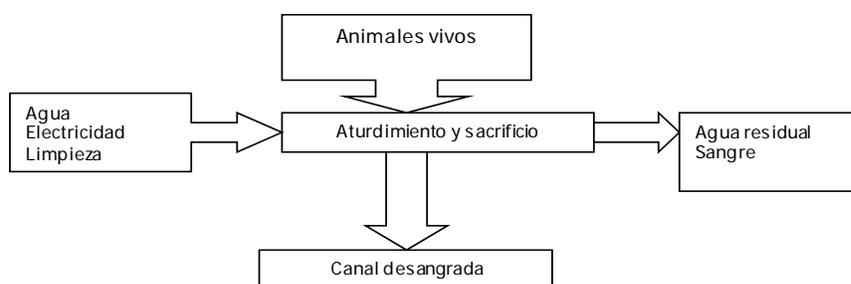
Tabla 1. Datos de insumo y salidas en el proceso de recepción para porcinos

Especie	Insumos	Salidas	
Porcino vivo (peso promedio 100 kg)	Agua para lavado del transporte 15 litros	Agua residual	15 litros
		DBO ₅	1333.3 mg/L
		Desecho sólido	1.5 kg

2.2 Aturdimiento o insensibilización y sacrificio

El desangrado (Ver Módulo 2. Proceso de Sacrificio) es realizado durante 20-30 segundos y durante este paso, en algunas instalaciones, se recolecta la sangre para procesarla en la planta de rendimiento o para subproductos¹, ver mas adelante la descripción de la Planta de Rendimiento. (Imagen 2).

Imagen 2: Diagrama de flujo de insumos y residuos generados asociados al aturdimiento y sacrificio



La sangre representa alrededor del 5% al 7% del peso vivo de un cerdo o de un bovino, pudiéndose recuperar hasta un 70% a 80% durante el desangrado, quedando el resto depositado en órganos y tejidos. La separación y recuperación de la sangre es muy importante ya que es el residuo más contaminante del agua, sin embargo, no es un procedimiento rutinario. El aprovechamiento de la sangre en una planta de rendimiento genera un beneficio al ambiente, además, puede obtenerse un beneficio económico al procesarse y obtener subproductos. El tejido sanguíneo tiene un contenido orgánico muy alto, con lo que se estima que produce una DBO₅ de 0.14 a 0.18 kg por kg de sangre (Tabla 3). Si la sangre es desechada en el agua, los procesos posteriores de tratamiento tendrán menor eficacia, ya que la presencia de sangre disminuye su efectividad, sobre todo en los procedimientos de coagulación. También contribuye a incrementar la cantidad de nitrógeno en el afluente, lo que tiene implicaciones serias ya que un tratamiento posterior en el cuerpo de agua, o en el drenaje, no lo remueve y puede llegar a causar eutrofización.^{1,23}

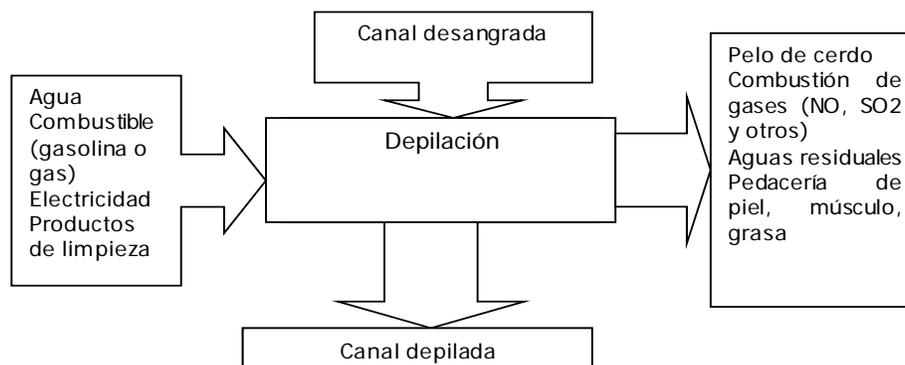
Tabla 3: Datos de insumos y salidas en la insensibilización y sacrificio de porcinos

Especie	Insumos	Salidas	
Porcino (peso vivo promedio 100 kg)	Agua 6 litros	Peso de la canal	95 kg
		Sangre	4 Litros
		Agua residual	6 Litros
		DBO ₅	200,000 mg/L

2.3 Proceso de rasurado (depilado)

Como ya vimos en el Módulo 2. Proceso de sacrificio, el rasurado o depilado tiene el propósito de la remoción del pelo y la suciedad de la superficie, para ello las canales son escaldadas con agua a 60°C lo que facilita el proceso, en algunos casos se agregan compuestos químicos alcalinos que ayudan en la remoción de aceites. Después del escaldado, parte del pelo es removida manual o mecánicamente. A este paso puede seguir un chamuscado de las cerdas, de manera automatizada, para posteriormente realizar un lavado con agua fría para retirar los residuos.^{1,23}

Imagen 3: Diagrama de flujo de insumos y residuos generados en la depilación y flameado de la canal de cerdo



Cuando la piel y la grasa se comercializan por separado, en este paso se llevan a diferentes áreas de la planta para su procesamiento. Las aguas residuales de estos pasos contienen niveles altos de materia orgánica, grasa y suciedad en general (Tabla 4). El agua en circulación continua de los tanques de escaldado puede llegar a temperaturas mayores de 60°C, por lo que la grasa se encuentra en estado líquido, sin embargo, al enfriarse se vuelve sólida y obstruye el drenaje haciendo necesario utilizar agua caliente para su limpieza, de ahí que el consumo de agua es muy alto en esta etapa.^{1,24}

Tabla 4. Datos de insumos y salidas en la depilación de los porcinos

Insumos		Salidas	
Peso de la canal de cerdo desangrado	95 kg	Peso de la canal de cerdo sin piel	93 kg
Agua	60 litros	Agua residual	60 Litros
		DBO5	5,000 mg/L
Gas (si se utiliza en vez de combustible)	0.5m3	Pelo de cerdo	1 kg
		Pedacería (piel, grasa, músculo)	1 kg

Es conveniente que una vez eviscerada la canal se realice un buen detallado de la misma, el cual consiste en separar manualmente restos de grasa, pelo, vísceras y músculo que presente cambios (por ejemplo, hematomas), lo que permite recuperarlos y eliminarlos como desechos sólidos de manera que durante el lavado se disminuya la cantidad de agua utilizada y se elimine este tipo de desechos en las aguas residuales (Tabla 5).²³ Los equipos de esterilización de utensilios, empleados en esta etapa, requieren un flujo continuo de agua a 82.5°C, lo que implica un aumento necesario en su consumo y un gasto energético para mantener constante su temperatura.^{1,8}

Tabla 5. Datos de insumos y salidas en la evisceración y corte de la canal

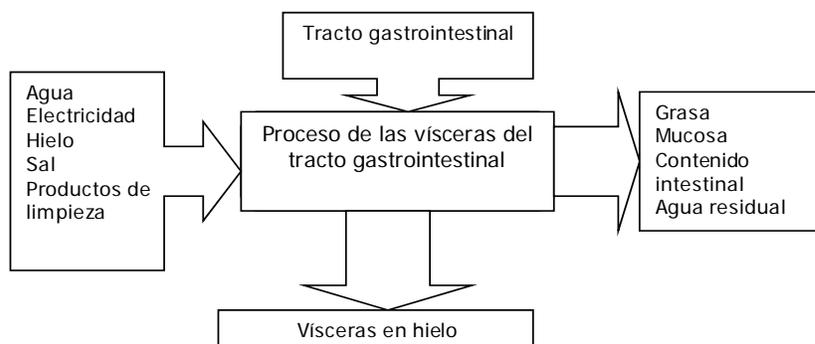
Especie	Insumos	Salidas	
Canal de cerdo sin pelo 93 kg	Agua 40 litros	Canal de cerdo eviscerado y partida	74 kg
		Tracto intestinal	10 kg
		Pedacería y órganos comestibles	3 kg
		Subproductos	5.5 kg
		Agua residual	40 Litros
		DBO5	1,250 mg/L

2.4 Inspección *post-mortem* y procesamiento de vísceras

Para realizar la inspección *post-mortem* el establecimiento debe contar, con zonas separadas para inspección de canales, vísceras rojas (tracto respiratorio, corazón, bazo e hígado) y verdes (tracto gastrointestinal). Las vísceras, una vez identificadas, son recolectadas, separadas en vísceras verdes y

rojas, así como transportadas a la zona de inspección. Es de suma importancia, previo al lavado, separar el contenido gástrico e intestinal para evitar que se elimine a través del agua residual.^{1,20,21}

Imagen 5. Diagrama de flujo de insumos y residuos del procesamiento del tracto gastrointestinal



El consumo de agua es muy alto en el lavado de vísceras y, al desecharse, contiene una gran cantidad de materia orgánica y grasa. Se estima que el 20% del total de agua consumida en los rastros corresponde a esta etapa (Tabla 6).²⁶

Tabla 6. Datos de insumos y salidas del procesamiento del tracto gastrointestinal

Especie	Insumos	Salida	
Porcinos	Tracto gastrointestinal 10 kg Agua 50-100 litros	Tracto gastrointestinal lavado	Alrededor 10 kg
		Agua residual	50-100 litros
		DBO ₅	2,000 – 3,000 mg/L

2.5 Lavado de la canal

La canal puede ser lavada con agua a presión o manguera simple, después las canales se refrigeran inmediatamente. (Ver Módulo 2. Proceso de Sacrificio de Porcinos). La cantidad de agua que se utiliza en este proceso no se encuentra cuantificada^{1,20} ya que depende de cada establecimiento y con que se realice, ya que a presión se emplea menos agua que con manguera simple.^{21,26}

2.6 Limpieza de las instalaciones

Las instalaciones se lavan diariamente, incluso dos o más veces, dependiendo de la cantidad y especies de animales sacrificados. Este proceso puede realizarse únicamente con agua a presión o bien incluyendo el uso de detergentes, desinfectantes, o una mezcla de los anteriores. La cantidad de agua que se utiliza en este proceso no se encuentra cuantificada. Tampoco se ha tipificado de manera exacta el tipo de residuos que contiene, aunque con seguridad está compuesta por sangre, orina, heces, pelo, cerdas, grasa, detergentes y desinfectantes, entre otros.^{1,27}

2.7 Descarga de aguas residuales

El volumen de aguas residuales generadas está directamente relacionado con la cantidad de agua utilizada. En algunos estudios se estima que de un 80% a un 95% del agua que se usa se desecha, sin embargo, otros estudios sugieren un rango de 97% al 100%, pues consideran como producto de desecho el agua contaminada que se evapora y la que se utiliza en la manufactura de subproductos.²⁷

Para esta evaluación, los volúmenes de agua consumidos por animal faenado a lo largo de todo el proceso se especifican en la tabla 22, cabe aclarar que, al no tener las estimaciones del consumo de agua y desecho para todas las etapas (ej.: lavado de la canal y limpieza de instalaciones y corrales), se decidió considerar los valores integrales proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Tabla 7. Necesidades de agua por porcinos sacrificado y faenado

Especie	Agua requerida en promedio por animal
Porcinos	450 litros

La grasa animal agrega cadenas largas de ácidos grasos y glicerol a los residuos, las cuales son biodegradables, pero con una gran cantidad de DBO₅. El valor es superior a los 2 gramos de DBO₅ por gramo de lípido. El nitrógeno presente en el agua residual proviene, de manera general, del amonio de la orina y del excremento, que está íntimamente ligado a la especie que lo produce, donde la naturaleza del amonio (NH₃) dependerá del pH que presente el agua residual. Si el pH es alcalino, los compuestos del agua y de amonio se unen y forman hidróxido de amonio (NH₄OH), que puede contribuir a potenciar el efecto de otros contaminantes. La sangre es una de las fuentes más importantes de nitrógeno, se genera durante el sacrificio, la evisceración y en las plantas de rendimiento. Normalmente se expresa como nitrógeno total. La cantidad de contaminantes que la planta de sacrificio produce depende del tipo y cantidad de especies que faene, así como de los residuos que se desechen y el tipo de tecnología empleada, entre otros factores. Sin embargo, las aguas residuales se pueden caracterizar de manera general por especie de acuerdo con la tabla que sigue a continuación (Tabla 8).^{22,25,26}

Tabla 8. Concentraciones promedio de contaminantes en el agua residual de plantas de sacrificio

Parámetro (unidad)	Especies faenadas
	Porcinos ^a
DBO ₅ mg/L	1250
DQO o COD mg/L	2500
Sólidos suspendidos mg/L	700
Nitrógeno total (mg/L)	150
Fósforo total (mg/L)	25
Grasa (mg/L)	150
pH	7.2

Fuente: a) Cleaner Production Assessment in Meat Processing (COWI)¹⁸

3. Consumo de agua dentro de los rastros

Para iniciar el análisis de la información de la base de datos es indispensable conocer el número de animales faenados por día, ya que en función de esto se inferirá el consumo de agua por establecimiento. Debido a que no existen datos nacionales sobre consumo promedio de agua en este tipo de establecimientos, se consideraron los promedios obtenidos en el estudio de la FAO, "Manual para la instalación del pequeño matadero modular", pues los procedimientos aplicados en dicho estudio son muy similares a los que se desarrollan en México.

Una vez obtenida la cantidad de la faena promedio semanal, se dividió entre cinco, pues se considera que éste es el número de días laborales en un rastro o matadero promedio. Posteriormente, se multiplicó la faena diaria estimada por especie, por el consumo de agua por cabeza, finalmente, sumando las cantidades resultantes de estas operaciones, se obtuvo la cantidad de agua que requiere cada estado para el desenvolvimiento normal de las actividades de sacrificio y faena de animales de abasto (tabla 25). La cantidad de agua requerida en los rastros municipales evaluados es de aproximadamente 22'734,560 litros por día. De los 31 estados evaluados, los que más consumo de agua registran son Jalisco (13.2%), Estado de México (12.3%), Aguascalientes (11.6%), Guanajuato (8.9%), Veracruz (7.4%) y Yucatán (5.7%). Estas seis entidades federativas acumulan el 59.1% del consumo nacional de agua de los rastros municipales diariamente, lo que equivale a 13'440,910 litros. El resto de los estados contribuyen a las necesidades de agua con porcentajes menores o iguales a 4.2%, siendo los rastros del estado de Baja California los que menor consumo de agua demandan con el 0.2% del total nacional (Tabla 10).¹

La faena que más agua consume, en razón al número de animales que se sacrifican en los 306 rastros analizados, son los bovinos (cerca al 50% del total nacional), seguidos por los porcinos y las aves y, en menores proporciones, caprinos y equinos. Esto se puede explicar por el número de animales diarios que se procesan y por la cantidad de agua requerida por cabeza, es decir, aunque existe mayor número de aves faenadas, el consumo de agua es de 20 litros por animal, únicamente un 2% de lo que se requiere para un bovino. En este sentido, los equinos presentan un porcentaje bajo dentro del total nacional, debido a los pocos animales que se procesan diariamente.¹

Tabla 10. Cantidad de animales faenados por día y consumo de agua total, por estado y por especie

ESTADO	FAENA POR DÍA					TOTAL ESTADO Agua L / día	PROMEDIO NACIONAL
	Aves	Bovinos	Porcinos	Caprinos	Equinos		
Aguascalientes	118,000.00	206.00	150.00	2.00	1.20	2'634,900.00	11.6
Baja California	0.00	37.40	32.60	0.40	0.00	52,110.00	0.2
Baja California Sur	0.00	77.60	42.80	0.00	0.00	96,860.00	0.4
Campeche	0.00	63.80	96.40	0.00	0.00	107,180.00	0.5
Chiapas	8,000.00	284.20	396.00	0.00	0.00	622,400.00	2.7
Chihuahua	0.00	389.80	121.40	6.20	35.00	480,050.00	2.1
Coahuila	0.00	568.60	251.00	6.20	0.00	682,170.00	3.0
Colima	0.00	143.60	435.60	9.40	0.00	340,560.00	1.5
Durango	0.00	105.00	28.00	1.60	0.00	117,760.00	0.5
Guanajuato	11,040.00	1,021.40	1,674.60	300.80	0.00	2'025,850.00	8.9
Guerrero	0.00	157.00	174.40	6.20	0.00	236,100.00	1.0
Hidalgo	0.00	176.00	260.00	0.60	0.00	293,060.00	1.3
Jalisco	4,440.00	1,713.20	2,635.20	175.80	0.00	3'005,420.00	13.2
México	2,480.00	1,294.40	3,098.60	529.00	0.00	2'791,270.00	12.3
Michoacán	0.00	595.40	800.00	38.60	0.00	959,260.00	4.2
Morelos	0.00	143.20	361.60	2.00	0.00	306,120.00	1.3
Nayarit	0.00	122.00	203.00	0.00	0.00	213,350.00	0.9
Nuevo León	0.00	328.40	267.60	120.00	0.00	460,820.00	2.0
Oaxaca	0.00	117.00	420.40	0.00	0.00	306,180.00	1.3
Puebla	0.00	363.00	1,188.00	18.80	0.00	899,480.00	4.0
Querétaro	4,805.00	261.40	716.80	62.60	0.00	686,320.00	3.0
Quintana Roo	80.00	110.20	397.00	12.00	0.00	291,650.00	1.3
San Luis Potosí	0.00	310.00	318.00	112.20	0.00	464,320.00	2.0
Sinaloa	0.00	326.60	125.80	38.40	0.00	387,050.00	1.7
Sonora	0.00	382.60	138.20	1.80	0.00	444,970.00	2.0
Tabasco	0.00	193.60	5.80	5.00	0.00	196,710.00	0.9
Tamaulipas	110.00	301.00	88.20	28.00	0.00	345,690.00	1.5
Tlaxcala	0.00	43.40	185.60	6.40	0.00	127,560.00	0.6
Veracruz	3,000.00	1,107.60	1,161.80	0.60	0.00	1'690,470.00	7.4
Yucatán	0.00	186.00	2,460.00	0.00	0.00	1'293,000.00	5.7
Zacatecas	0.00	118.80	122.00	22.20	0.00	175,920.00	0.8
TOTAL animales	151,955.00	11,248.20	18,356.40	1,506.80	36.20		
TOTAL agua por especie L / día	3'039,100.00	11'248,200.00	8'260,380.00	150,680.00	36,200.00	22'734,560.00	
% Nacional	13.37	49.48	36.33	0.66	0.16	100.00	

Fuente: Evaluación de Riesgos de los Rastros y Mataderos Municipales, COFEPRIS ¹

3.1 Procedencia del agua

Después de determinar la cantidad de agua que requerían los rastros municipales para el desempeño normal de sus actividades, se analizó la procedencia de la misma. De acuerdo con la base de datos se lograron diferenciar cuatro fuentes distintas de aprovisionamiento: red pública, pozo, una combinación de red pública/pozo y, finalmente, una no especificada de manera puntual a la que se le denominó "otras fuentes". ¹ En la tabla 26 se presenta la información sobre procedencia del agua empleada en los rastros por estado y a nivel nacional.

El agua proveniente de la red pública equivale a un 55.3% del total de la empleada en estos rastros, un 43.9% proviene de pozo y el resto del suministro está representado por fuentes no identificadas. Los estados que emplean mayoritariamente agua proveniente de la red pública son: Baja California, Morelos, Nayarit, San Luis Potosí, Zacatecas (que utilizan el 100% de agua de esta fuente), Baja California Sur (99.6%) y Chihuahua (96.2%). Por otra parte, los estados que utilizan agua de pozo en mayor proporción son: Yucatán, Coahuila, Sonora y Oaxaca con rangos de uso de 80.9% a 94.1%. El consumo de agua diario de estos 306 rastros es de 22'734,560 litros de agua y, considerando el consumo de 163 litros por día por persona (Fuente: Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010), que es la cantidad requerida y que proporciona bienestar, se requerirían 139,476 individuos al día para generar ese consumo de agua y aunque evidentemente el propósito no es privar de este servicio a los rastros, sí es imprescindible considerar alternativas de optimización de uso con el fin de que este servicio llegue a los

habitantes que no lo tienen y buscar la manera de disminuir este alto porcentaje de mexicanos que carecen de agua potable. (Tabla 11).¹

Tabla 11. Consumo de agua en litros por día, porcentaje por estado y nacional de acuerdo a su procedencia.

ESTADO	RED		POZO		OTRAS		TOTAL L/ día
	L/ día	%Consumo	L/ día	%Consumo	L/ día	%Consumo	
Aguascalientes	1'032,550.00	39.2	1'602,350.00	60.8	0.00	0.0	2'634,900.00
Baja California	52,110.00	100.0	0.00	0.0	0.00	0.0	52,110.00
Baja California Sur	96,460.00	99.6	400.00	0.4	0.00	0.0	96,860.00
Campesche	45,380.00	42.3	61,800.00	57.7	0.00	0.0	107,180.00
Chiapas	271,200.00	43.6	351,200.00	56.4	0.00	0.0	622,400.00
Chihuahua	461,600.00	96.2	18,450.00	3.8	0.00	0.0	480,050.00
Coahuila	59,810.00	8.8	622,360.00	91.2	0.00	0.0	682,170.00
Colima	302,160.00	88.7	38,400.00	11.3	0.00	0.0	340,560.00
Durango	73,260.00	62.2	44,500.00	37.8	0.00	0.0	117,760.00
Guanajuato	1'119,130.00	55.2	906,720.00	44.8	0.00	0.0	2'025,850.00
Guerrero	118,665.00	50.3	102,285.00	43.3	15,150.00	6.4	236,100.00
Hidalgo	249,060.00	85.0	44,000.00	15.0	0.00	0.0	293,060.00
Jalisco	2'753,240.00	91.6	252,180.00	8.4	0.00	0.0	3'005,420.00
México	2'079,500.00	74.5	711,770.00	25.5	0.00	0.0	2'791,270.00
Michoacán	208,850.00	21.8	588,130.00	61.3	162,280.00	16.9	959,260.00
Morelos	306,120.00	100.0	0.00	0.0	0.00	0.0	306,120.00
Nayarit	213,350.00	100.0	0.00	0.0	0.00	0.0	213,350.00
Nuevo León	231,200.00	50.2	229,620.00	49.8	0.00	0.0	460,820.00
Oaxaca	58,500.00	19.1	247,680.00	80.9	0.00	0.0	306,180.00
Puebla	296,480.00	33.0	603,000.00	67.0	0.00	0.0	899,480.00
Querétaro	539,980.00	78.7	146,340.00	21.3	0.00	0.0	686,320.00
Quintana Roo	79,700.00	27.3	211,950.00	72.7	0.00	0.0	291,650.00
San Luis Potosí	464,320.00	100.0	0.00	0.0	0.00	0.0	464,320.00
Sinaloa	350,450.00	90.5	36,600.00	9.5	0.00	0.0	387,050.00
Sonora	73,420.00	16.5	371,550.00	83.5	0.00	0.0	444,970.00
Tabasco	111,990.00	56.9	76,720.00	39.0	8,000.00	4.1	196,710.00
Tamaulipas	252,690.00	73.1	93,000.00	26.9	0.00	0.0	345,690.00
Tlaxcala	65,520.00	51.4	62,040.00	48.6	0.00	0.0	127,560.00
Veracruz	349,100.00	20.7	1'341,370.00	79.3	0.00	0.0	1'690,470.00
Yucatán	76,500.00	5.9	1'216,500.00	94.1	0.00	0.0	1'293,000.00
Zacatecas	175,920.00	100.0	0.00	0.0	0.00	0.0	175,920.00
TOTAL	12'568,215.00		9'980,915.00		185,400.00		22'734,530.00
% Consumo Nacional	55.3		43.9		0.8		100

Fuente: Evaluación de Riesgos de los Rastros y Mataderos Municipales, COFEPRIS¹

Con base en estos datos podemos concluir que es indispensable lograr un manejo racional del agua en los rastros y rastros municipales, pues la mayor parte de los establecimientos se encuentran en zonas con alto consumo del líquido y una presión sobre el recurso de media-fuerte a fuerte, salvo el caso de Yucatán, donde, sin embargo, también se requiere implantar políticas de aprovechamiento debido a por la situación general del país en el que un 11% de la población no tiene a su disposición este recurso, es decir, 11'072,317 de personas carecen de abastecimiento formal de agua.

El costo de cloración del agua es de \$0.11 pesos por metro cúbico (m^3), del total nacional del agua disponible a partir de la red pública el 89% (Fuente: COFEPRIS, diciembre 2004) contiene las cantidad de cloro requerida por la norma, esto significa que el costo erogado por clorar el agua de la red pública empleada por los rastros y rastros municipales que proveen carne a las localidades con más de 50,000 habitantes es de \$2,500.8 pesos por día, considerando que ha sido clorada en su totalidad, si se consideran 5 días laborales de la semana y 50 semanas al año, el monto que representa anualmente es de \$625,000.4, costo que es subsidiado por el municipio.

3.2 Vertido de aguas residuales

El ambiente posee una influencia indiscutida sobre la salud del individuo y de las comunidades. Según la Organización Mundial de la Salud, el 25% del total de los fallecimientos se debe a enfermedades provenientes del ambiente, porcentaje que es mayor si nos referimos a niños de 0 a 1 año de edad. De

ahí la importancia del saneamiento ambiental, ya que con sus acciones contribuye a eliminar problemas ambientales y mejorar la salud de la población. Uno de los impactos ambientales mayores provocados por la industria cárnica es el vertido de las aguas residuales con altas cantidades de DBO₅ sin un tratamiento previo, no sólo por el impacto ambiental que esta práctica genera (contaminación de mantos de agua), sino por el impacto a la salud pública generado por esta contaminación. Diversos estudios han demostrado que si para el riego de verduras se emplean aguas contaminadas con desechos provenientes de rastros, existe un alto riesgo de transmisión de enfermedades (ej. *E. coli* O157:H7).^{1,24} En nuestro país, únicamente el 37.2% del total del agua residual vertida por los rastros TIF y rastros municipales que proveen carne a las localidades con más de 50,000 habitantes, pasa previamente por un tanque de tratamiento, el resto se desecha directamente al drenaje, canales, arroyos, vía pública o fosas, sin las medidas precautorias requeridas. El volumen de agua residual es ligeramente mayor al cálculo del volumen de agua empleada en las diferentes etapas del rastro, ya que se integraron 3 unidades de sacrificio más, las cuales cuentan con la información correspondiente al vertido de aguas residuales, pero carecen del dato sobre procedencia del agua.

Asimismo, el agua residual vertida a las fosas no se consideró como agua residual tratada, debido a que no se cuenta con la infraestructura requerida para eliminar los contaminantes de manera satisfactoria. El primer dato que mencionaremos es que el volumen total de agua residual que se elimina diariamente como consecuencia de la actividad de los rastros que proveen carne a las localidades con más de 50,000 habitantes es superior a los 23 millones de litros, es decir, el 0.14% del total de aguas residuales de origen urbano. De éste, el 62.8% no recibe ningún tratamiento previo a su eliminación (tabla 28).¹

A nivel nacional, la cantidad de agua residual que se vierte directamente al drenaje público es del 72.6% del total de las aguas residuales no tratadas, la cantidad de DBO₅ posee un porcentaje similar. Los estados que más contribuyen a esta forma de desecho son, en cantidad de agua vertida, Estado de México, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y Nuevo León, los cuales concentran el 40.8 % del total del agua residual sin tratamiento (tabla 28). Por lo que se refiere al nivel estatal, los que más agua desechan al drenaje sin tratamiento previo son: Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Sinaloa, Tlaxcala y Yucatán. Esto significa que la mayor parte de sus aguas residuales sin tratar se eliminan por el drenaje en una proporción aproximada del 90% hasta el 100% (Tabla 12). Es importante considerar que, según datos de la Comisión Nacional del Agua ("Programa Hidráulico 1995-2000"), solamente el 16% de las aguas residuales que se eliminan a través del drenaje público reciben tratamiento en alguna de las 777 plantas instaladas en el país. Por ende, el que un rastro municipal elimine sus aguas residuales por el drenaje, no es indicativo de que éstas están libres de riesgos y contaminación ambiental, debido a que el 84% de las mismas terminarán, invariablemente, contaminando los cuerpos de agua (Tabla 12).¹

Tabla 12. Lugar de desecho de aguas residuales sin ningún tratamiento previo y su DBO₅ correspondiente

ESTADO	Drenaje		Canal		Fosa		AGUA SIN TRATAMIENTO	
	Agua	DBO ₅	Agua	DBO ₅	Agua	DBO ₅	TOTAL	
	L/día	kg / día	L/día	kg / día	L/día	kg / día	Agua L/ día	DBO ₅ kg / día
Aguascalientes	1'653,750.00	1,362.94	0.00	0.00	21,150.00	39.94	1'674,900.00	1,402.90
Baja California	52,110.00	54.75	500.00	1.00	0.00	0.00	52,610.00	55.75
Baja California Sur	39,840.00	74.06	4,800.00	9.40	1,200.00	2.40	45,840.00	85.86
Campeche	2,486.67	3.76	83,206.67	143.04	19,000.00	31.25	104,693.33	178.07
Chiapas	293,400.00	457.20	163,000.00	323.95	0.00	0.00	456,400.00	779.15
Chihuahua	275,480.00	535.57	184,150.00	368.74	0.00	0.00	461,630.00	882.33
Coahuila	270,570.00	313.43	12,800.00	24.84	0.00	0.00	283,370.00	337.47
Colima	94,790.00	104.22	35,000.00	49.75	0.00	0.00	129,790.00	153.97
Durango	0.00	0.00	73,240.00	140.39	0.00	0.00	73,240.00	140.39
Guerrero	688,780.00	1,128.93	673,380.00	1,322.33	0.00	0.00	1'362,160.00	2,251.26
Guerrero	201,380.00	345.97	121,880.00	194.74	0.00	0.00	323,260.00	540.73
Hidalgo	249,040.00	423.85	0.00	0.00	0.00	0.00	249,040.00	423.85
Jalisco	939,800.00	1,564.07	94,950.00	175.88	0.00	0.00	1'034,750.00	1,741.95
México	2'396,234.67	3,821.06	187,866.67	319.83	0.00	0.00	2'584,101.33	4,140.90
Michoacán	364,580.00	414.15	588,710.00	1,023.42	0.00	0.00	953,290.00	1,439.57
Moravia	197,680.00	328.44	132,570.00	198.11	0.00	0.00	330,250.00	518.75
Nayarit	194,380.00	315.99	21,200.00	37.00	0.00	0.00	217,580.00	352.99
Nuevo León	446,920.00	802.40	0.00	0.00	0.00	0.00	446,920.00	802.40
Oaxaca	214,500.00	335.13	48,000.00	49.00	0.00	0.00	264,500.00	404.13
Puebla	302,940.00	457.37	583,540.00	787.49	0.00	0.00	886,480.00	1,245.06
Querétaro	46,280.00	77.82	44,550.00	81.41	400,000.00	414.85	490,830.00	774.27
Quintana Roo	29,300.00	20.47	147,000.00	246.13	19,750.00	27.49	216,050.00	314.28
San Luis Potosí	412,320.00	733.36	52,000.00	83.75	0.00	0.00	464,320.00	817.11
Sinaloa	344,890.00	495.55	20,140.00	34.45	0.00	0.00	365,030.00	730.20
Sonora	347,490.00	706.87	77,280.00	143.14	0.00	0.00	424,770.00	843.23
Tabasco	27,890.00	54.34	49,320.00	138.18	0.00	0.00	77,210.00	192.46
Tamaulipas	192,110.00	324.94	48,200.00	126.01	13,080.00	25.35	253,390.00	476.32
Tlaxcala	80,540.00	107.55	0.00	0.00	0.00	0.00	80,540.00	107.55
Veracruz	246,140.00	397.33	178,690.00	297.49	0.00	0.00	424,830.00	694.81
Yucatán	74,500.00	109.13	0.00	0.00	0.00	0.00	74,500.00	109.13
Zacatecas	151,780.00	267.44	24,140.00	42.19	0.00	0.00	175,920.00	309.83
TOTAL	10'900,013.33	14,531.72	3'435,793.33	6,177.45	474,780.00	743.48	15'010,586.67	23,452.85

Fuente: Evaluación de Riesgos de los Rastros y Mataderos Municipales, COFEPRIS ¹

Analizando la situación por estado, los que vierten mayoritariamente sus aguas residuales en canales, arroyos o vía pública son: Puebla, Tabasco, Quintana Roo, Campeche, y Durango, con porcentajes que van desde el 62% hasta el 100% de la totalidad de las aguas residuales sin tratamiento que generan. En referencia al agua residual sin tratamiento que se vierte en fosas, el porcentaje es de 3.2% y el estado que genera mayor contribución a nivel nacional es Querétaro. Algunos otros, como Aguascalientes, Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo y Tamaulipas, intervienen con cantidades mucho más pequeñas, el resto no utilizan esta vía de eliminación. Otra forma de describir la magnitud de la contaminación generada, es tomar en cuenta que se considera que un vacuno o 2.5 cerdos faenados, equivalen a la contaminación producida por una población de 70-200 habitantes. Por lo que se puede inferir que la totalidad de las aguas residuales vertidas por los rastros o rastros municipales, que no realizan un tratamiento previo, generan una contaminación diaria equivalente a una población como la del estado de Baja California. ¹

Aguas residuales vertidas a tanque de tratamiento

El 37.2% de las aguas residuales que se producen en rastros y rastros municipales son vertidas a tanques de tratamiento, con el propósito de disminuir su DBO₅. Sin embargo, se encontraron ciertas limitaciones. La primera es el desconocimiento de la funcionalidad de los tanques, así como su capacidad y tiempos de mantenimiento. La segunda es que no se tiene información del destino de las aguas residuales una vez fuera del tanque. ²⁷

Los estados que contribuyen con mayores porcentajes de agua vertida en tanques, a nivel nacional, son: Jalisco (8.2%), Aguascalientes (7.3%), Veracruz (5.3%), Yucatán (5.1%), Guanajuato y Coahuila (2.8 y 2.1% respectivamente) que, en conjunto, suman 30.8% del total de agua nacional (Tabla 13).¹

Tabla 13. Cantidad de agua que se vierte en tanque de tratamiento, porcentaje con el que contribuye cada estado con el total nacional y con el agua residual total

ESTADO	Tanque				TOTAL DE AGUA RESIDUAL	
	Agua L/ día	DBO ₅ kg/ día	% Agua Nacional	% DBO ₅ Nacional	Agua L/ día	DBO ₅ kg/ día
Aguascalientes	1'750,600.00	2,754.20	7.3	7.2	3'425,500.00	4,157.10
Baja California	22,260.00	39.45	0.1	0.1	74,870.00	95.20
Baja California Sur	50,000.00	89.20	0.2	0.2	95,860.00	177.28
Campeche	2,486.67	3.76	0.0	0.0	107,180.00	181.83
Chiapas	170,000.00	268.00	0.7	0.7	626,400.00	1,047.15
Chihuahua	18,450.00	36.56	0.1	0.1	480,050.00	918.90
Coahuila	504,850.00	941.93	2.1	2.5	787,920.00	1,279.40
Colima	262,055.00	413.78	1.1	1.1	391,845.00	569.75
Durango	44,500.00	85.63	0.2	0.2	117,760.00	226.01
Guanajuato	663,720.00	1,124.63	2.8	3.0	2'025,850.00	3,375.88
Guerrero	0.00	0.00	0.0	0.0	323,200.00	540.73
Hidalgo	44,000.00	74.50	0.2	0.2	293,060.00	498.35
Jalisco	1'951,670.00	3,305.71	8.2	8.7	2'988,420.00	5,047.66
México	267,166.67	363.71	0.9	0.9	2'791,270.00	4,494.61
Michoacán	6,000.00	7.50	0.0	0.0	959,260.00	1,647.07
Morales	7,400.00	10.75	0.0	0.0	337,620.00	529.50
Nayarit	6,800.00	12.25	0.0	0.0	224,350.00	365.24
Nuevo León	13,900.00	24.43	0.1	0.1	460,820.00	826.83
Oaxaca	41,680.00	66.35	0.2	0.2	306,180.00	470.48
Puebla	93,000.00	152.25	0.4	0.4	899,480.00	1,397.31
Queretaro	192,890.00	308.86	0.8	0.8	686,320.00	1,085.13
Quintana Roo	90,250.00	133.87	0.4	0.4	306,300.00	448.14
San Luis Potosí	0.00	0.00	0.0	0.0	464,320.00	817.11
Sinaloa	0.00	0.00	0.0	0.0	387,050.00	730.20
Sonora	0.00	0.00	0.0	0.0	444,970.00	843.23
Tabasco	99,500.00	198.81	0.4	0.5	196,710.00	391.28
Tamaulipas	95,000.00	183.25	0.4	0.5	368,390.00	659.57
Tlaxcala	54,520.00	84.70	0.2	0.2	135,080.00	192.24
Veracruz	1'263,640.00	2,267.00	5.3	6.0	1'708,470.00	2,961.81
Yucatán	1'216,500.00	1,646.63	5.1	4.3	1'293,000.00	1,755.75
Zacatecas	0.00	0.00	0.0	0.0	175,920.00	309.83
TOTAL	8'872,838.33	14,587.68	37.2	38.3	23'883,425.00	38,040.54

4. Desechos sólidos

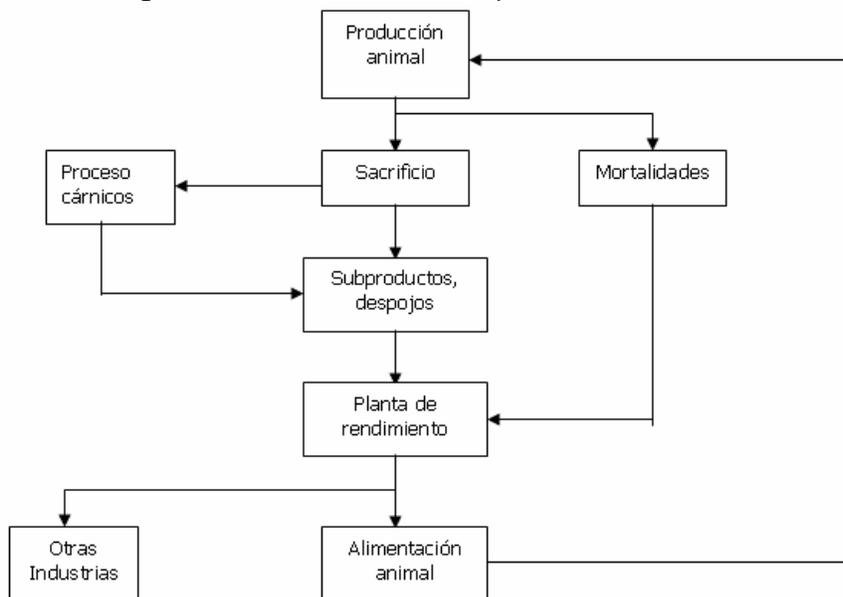
Las principales fuentes generadoras de residuos sólidos en los rastros son los corrales, evisceración, corte y deshuese. En los corrales se generan importantes cantidades de estiércol mezclado con orina. Se considera que un cerdo produce, aproximadamente, 5.9 kg de heces y orina diarios, equivalente a 177g diarios de DBO₅ (Ver Glosario).¹

Cuando el animal es eviscerado se generan como residuos sólidos pezuñas, huesos y cordones espermáticos, etc. Finalmente en el proceso de evisceración es donde se generan la mayor cantidad de residuos sólidos. El principal residuo sólido producido en este proceso es el contenido de los estómagos del ganado porcino. Junto con la sangre es la materia causante de contaminación. Se caracteriza por contener mucosas y fermentos digestivos, además de presentar un elevado contenido de microorganismos patógenos.²⁰ Una fuente esporádica de residuos sólidos son los animales decomisados (no aptos para el consumo humano), los que son llevados a las plantas de rendimiento (ver más adelante). Aproximadamente entre un 20 y 50% del peso del animal no es apto para el consumo humano. La mayor parte de los desechos son putrefactibles y deben manejarse cuidadosamente para prevenir los malos olores y la transmisión de enfermedades. Todos estos desechos, con excepción de las heces generadas durante el transporte, almacenamiento y sacrificio de los animales, pueden ser reutilizados, lo que permite reducir considerablemente la generación de residuos sólidos.²¹

4.1 Plantas de rendimiento

Técnicamente, una planta de rendimiento es un establecimiento en el que se reciben subproductos, tejidos y partes del animal que no se consideran adecuados para consumo humano ya sea por razones de hábitos alimentarios o por ser un riesgo para la salud pública o la sanidad animal. Las plantas de rendimiento forman parte de un ciclo de recuperación de material y de reutilización en la alimentación animal, como se describe a continuación.² (Imagen 6).

Imagen 6. Proceso dentro de una planta de rendimiento



Además del reciclado de material como cartón, vidrio, aluminio, etc, el rendimiento dentro de una planta dedicada a la producción de alimentos, es importante para reducir la contaminación ambiental evitar que los cadáveres de animales, tejidos y órganos no aptos para consumo humano, etc., sean enviados a rellenos sanitarios o se tiren como el resto de la basura.

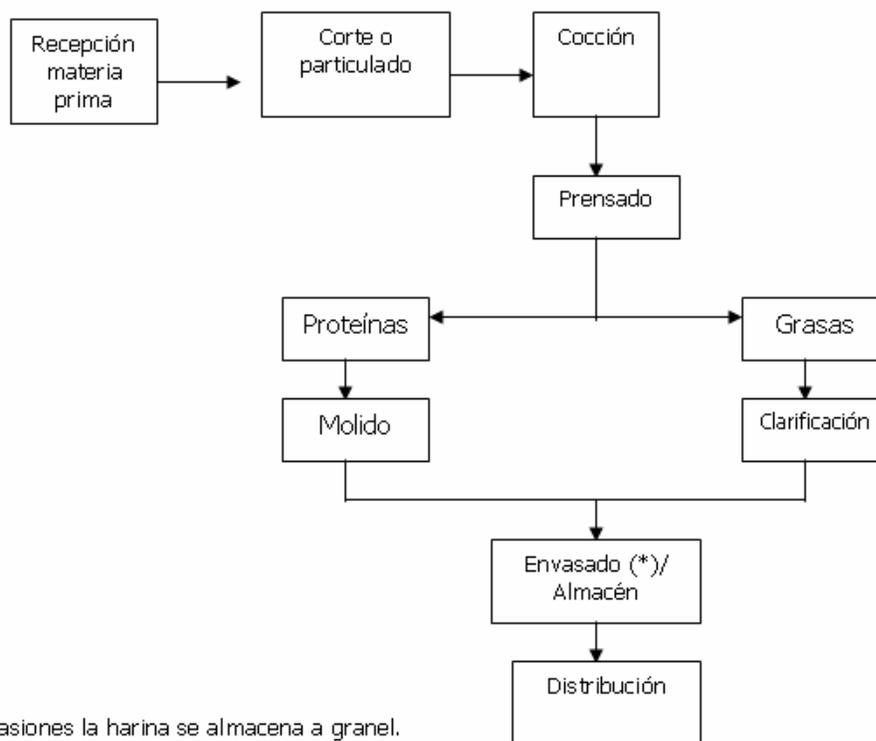
El proceso dentro de una planta de rendimiento, consiste básicamente en la recepción del material, corte, aplastado o molido para reducir su tamaño y favorecer la cocción, tratamiento térmico, prensado para separar las grasas y molido del material sólido y clarificado o centrifugado de las grasas. Finalmente los productos resultantes (material sólido) y grasas o aceites son almacenados y distribuido. (Imagen 6).

En la regulación mexicana las plantas de rendimiento se definen de la siguiente manera:

Planta de rendimiento o beneficio: fábrica o instalación que cuenta con equipo diverso como generadores de vapor, trituradores, molinos, cocedores, prensas mecánicas o hidráulicas, secadores, tarimas, mezcladores u otros para el beneficio, transformación, o aprovechamiento de aquellos subproductos provenientes del sacrificio de animales que no resultan aptos para el consumo humano.

A continuación se muestra un diagrama de flujo de las operaciones (Diagrama 1).

Diagrama 1. Diagrama de flujo de las operaciones de las plantas de rendimiento



4.2 Aspectos regulatorios

En nuestro país, estos para su funcionamiento están normados por las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-060-ZOO-1999.⁸ Especificaciones zoonosanitarias para la transformación de despojos animales y su empleo en la alimentación animal, y cuando el producto es envasado la NOM-012-ZOO-1993.⁷ Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.

Estas normas establecen una clasificación de plantas con base al tipo de especie que se beneficie y a la que vayan destinadas las harinas, condiciones mínimas de procesos térmico (80°C. x 30 min), especificación de humedad a la salida del cocedor de 10% y un control documental muy estricto que permita la rastreabilidad de las materias primas y de los productos. Para el caso específico de los cerdos, éstos pueden consumir harinas provenientes de cualquier especie animal, y las harinas obtenidas a partir de ellos pueden ser incorporadas para alimentar cualquier mamífero, ave o pez.

Por otra parte existe normatividad tanto de SAGARPA (NOM-009-ZOO-1994)⁶ como de la Secretaría de Salud (NOM-194-SSA1-2004)⁹, que señalan como obligatorio el envío de los despojos, subproductos, decomisos, rechazos, etc. a plantas de rendimiento.

5. Destino de los decomisos y de la sangre

Los decomisos son órganos y partes de la canal que no son aptos para el consumo humano, porque pueden ocasionar riesgos a la salud, por tanto, se consideran como desechos sólidos que deben ser llevados a una planta de rendimiento. Debido a que no existe información nacional respecto al volumen de decomisos, éstos se calcularon (volúmenes y destinos), considerando la prevalencia en bovinos y ovinos de algunas patologías como son tuberculosis, hidatidosis, ictericia, caquexia, entre otras. Para el caso de bovinos se consideró que se decomisan aproximadamente el 0.50% del peso del animal en pie; mientras que el porcentaje decomisado para el caso de ovinos es del 1.14% del peso del animal vivo. Sin embargo, al no poseer datos específicos sobre decomisos en porcinos, equinos y aves, éstos se estimaron a partir del valor de los bovinos y caprinos (Tabla 14).¹

Tabla 14. Toneladas de decomisos por especies y totales

Especie	Número de animales faenados totales/día	Número de animales faenados/día en establecimientos sin incineradores	Peso promedio animal en pie (kg)	Decomisos por día (toneladas)	Decomisos por día en establecimientos sin incinerador (toneladas)
Aves	151,955.0	25,175	2.1	1.59	0.29
Bovinos	11,248.2	7,683	388.6	21.85	14.92
Porcinos	18,356.4	11,810	95.8	8.79	0.56
Caprinos	1,506.8	1,136	32.6	0.55	0.42
Equinos	36.2	36	450	0.07	0.07
TOTAL				32.88	16.25

Solamente el 44% de los rastros TIF y el 35% de los rastros municipales incineran las vísceras decomisadas. Aproximadamente el 65% de los decomisos son eliminados en basureros. Sin embargo, estas cifras parecen optimistas, ya que menos del 30% de los rastros TIF y sólo el 10% de los rastros municipales poseen incineradores en funcionamiento para poder realizar estas labores, esta asociación es estadísticamente significativa. De acuerdo a la tabla 14, diariamente se eliminan en basureros 16.25 toneladas de decomisos, lo que significa, aproximadamente, el 49% de todos los decomisos realizados en los rastros y rastros municipales. Esto permite afirmar que unos pocos rastros, con un gran volumen de sacrificio diario, poseen el equipamiento para incinerar decomisos, mientras que un gran número de pequeños rastros y rastros municipales carecen de dicha tecnología. Más del 90% de los establecimientos, independientemente del nivel de faena, no cuenta con planta de rendimiento, no produce harina de sangre, ni destina ésta a ningún proceso posterior para la obtención de subproductos derivados de la misma, siendo estas asociaciones entre rastros y rastros municipales, estadísticamente significativas.^{1,3}

La carga de contaminación de un establecimiento depende, fundamentalmente, de la eficiencia en la recuperación de la sangre. Ésta aporta una carga importante de contaminación que se encuentra en el orden de 150,000 a 200,000 mg/dm³ de DBO₅. En el caso de los bovinos y equinos, el aporte de sangre a los efluentes (si no se hace recuperación de la misma) es de 12 litros, para porcinos y ovinos de 3 y 1 litros, respectivamente, y para aves de 0.05 litros, lo que significa que diariamente se eliminan 121,294 litros de sangre procedente del faenado de animales de abasto, es decir, lo equivalente a la contaminación generada por 80'782,037 litros de residuos cloacales (Tabla 15).¹

Tabla 15. Cantidades de sangre que no se destina a proceso

Especie	Faena diaria	Sangre litros/día	DBO5 kg/día	Líquidos cloacales litros /día
Aves	66,735.001	3,336.75	667	2'222,275.50
Bovinos	6,733.80	80,805.60	16,161	53'816,529.60
Porcinos	9,179.40	27,538.20	5,508	18'340,441.20
Caprinos	577.80	9,179.40	1,836	6'113,480.40
Equinos	36.20	434.40	87	289,310.40
TOTAL		121,294.35	24,259	80'782,037.10

México tiene una carencia importante de agua, el 11% de la población no tiene acceso a este servicio y la mayor concentración natural del recurso se encuentra en la región del sureste donde está asentado únicamente el 22% de los habitantes. En el resto del país existe una cantidad importante de asentamientos industriales, ciudades y, lo más importante, el 88% restante de la población, que para satisfacer su demanda de agua explotan las reservas naturales en el subsuelo, lo que produce una gran presión sobre el manto que no permite la regeneración del recurso con la suficiente rapidez. Si se considera este panorama, el hecho de que únicamente 306 rastros y rastros municipales generen una contaminación en cuerpos de agua nacionales similar a la que genera la población de Xalapa, Veracruz, plantea un escenario complejo. El costo anual por el tratamiento del agua residual que producen estos establecimientos es de US \$ 1'296,194, considerando un volumen anual vertido de 15'010,567 litros de agua residual. Los estados que deberían desembolsar una mayor cantidad de dinero por el tratamiento del agua son el Estado de México, con US\$ 223,266; seguido por Aguascalientes, con US\$ 144,711; Guanajuato, con US\$ 117,688; Jalisco, con US\$ 89,575; Michoacán, con US\$ 82,361; Puebla, con US\$ 69,679, y Querétaro, con US\$ 42,632.¹ Es importante resaltar que el costo de tratar el agua antes de

verterla al drenaje y/o a los cuerpos de agua (medida preventiva) es mucho menor que el costo que tendría reparar el impacto ambiental generado, así como sus consecuencias en la biodiversidad y la salud humana.⁴

5.1 Normatividad

La metodología para resolver este problema puede comenzar por ajustar las descargas de los rastros y rastros municipales a lo estipulado por la normatividad vigente NOM-001-ECOL-1996 y la NOM-002-ECOL-1996^{15, 16}; que indican los límites máximos de DBO5 que pueden tener las descargas de aguas residuales que se deberán verter en aguas y bienes nacionales, así como en el drenaje. Estos límites son: para la protección de la vida acuática de 30 mg/ L en promedio mensual; para explotación pesquera, navegación, y otros, 150 mg / L, y si se vertiera en zonas de recreación o estuarios, 75 mg / L. Como se ha demostrado a lo largo de este documento el contenido de DBO5 de las aguas residuales de la industria cárnica es muy superior a los límites establecidos por norma, asimismo, cabe hacer hincapié en que tan solo la contaminación generada por la sangre es de 200,000 mg / L.

Para solucionar, aunque sea parcialmente, esta situación es importante considerar la historia de rastros y rastros municipales, la mayoría de los cuales tiene más de treinta años de funcionamiento, no ha recibido inversión en infraestructura y sufre carencias en sus procesos. De igual modo, si se evalúa cada uno de ellos de manera específica y se mejora la disposición – tratamiento de residuos, la contaminación que producen y afecta al ambiente y a la salud pública disminuirá de manera significativa.

Si se toma en cuenta que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos¹⁷ define, en su artículo 19, como residuos de manejo especial a los “...generados por las actividades pesqueras, agrícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades” se pueden considerar como tales a los residuos sólidos y líquidos generados por los rastros y rastros municipales.

El artículo 20 de la misma Ley menciona que “la clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de los mismos y cuya emisión estará a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Por su parte, los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, deberán publicar en el órgano de difusión oficial y diarios de circulación local, la relación de los residuos sujetos a planes de manejo y, en su caso, proponer a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales los residuos sólidos urbanos o de manejo especial que deban agregarse a los listados a los que hace referencia el párrafo anterior.” Esto significa que los rastros deberán crear su propio plan de manejo de residuos.

Por su parte, el artículo 21 establece que “Con objeto de prevenir y reducir los riesgos a la salud y al ambiente, asociados a la generación y manejo integral de residuos peligrosos, se deberán considerar cuando menos alguno de los siguientes factores que contribuyen a que los residuos peligrosos constituyan un riesgo:

I. La forma de manejo;

II. La cantidad;

III. La persistencia de las sustancias tóxicas y la virulencia de los agentes infecciosos contenidos en ellos;

IV. La capacidad de las sustancias tóxicas o agentes infecciosos contenidos en ellos, de movilizarse hacia donde se encuentren seres vivos o cuerpos de agua de abastecimiento;

V. La biodisponibilidad de las sustancias tóxicas contenidas en ellos y su capacidad de bioacumulación;

VI. La duración e intensidad de la exposición, y

VII. La vulnerabilidad de los seres humanos y demás organismos vivos que se expongan a ellos.”

Por último, el artículo 24 dice que “en el caso de la generación de residuos peligrosos considerados como infecciosos, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conjuntamente con la Secretaría de Salud, emitirá las normas oficiales mexicanas mediante las cuales se regule su manejo y disposición final,” lo que sugiere la posibilidad de crear una Norma Oficial Mexicana específica para el manejo de residuos de los rastros o bien, ampliar la norma actual sobre residuos biológico-infecciosos.

6. Métodos para el control de la contaminación

Para reducir la contaminación generada en las industrias cárnicas se requiere buen mantenimiento y sentido común. El buen mantenimiento supone limpieza previa en seco habitual, el cuidado de salpicaduras o el vertido de sangre y residuos sólidos en los desagües y la utilización de materias primas de la máxima calidad posible. La capacitación y conciencia del recurso humano, y sobre todo su

participación en los procesos de mejoramiento continuo, conlleva al compromiso organizacional de sus clientes internos. Los conceptos de integridad de medio ambiente, reducción de la contaminación y adecuado mantenimiento del rastro así como la manipulación conveniente de los residuos, deben ser parte de sus intereses cotidianos.¹⁰

6.1 Control de la contaminación atmosférica

La emisión de malos olores se evita mediante la aplicación de una serie de medidas de manejo de residuos sólidos y mejoramientos del proceso de producción. El tratamiento final o dilución del aire de ventilación puede ser necesario recomendándose los siguientes métodos²¹:

- Lavadores de gases: estos lavadores consisten en una torre rellena, en la cual el líquido de lavado fluye hacia abajo y el aire contaminado asciende, siendo absorbido en este. El líquido puede ser reciclado y finalmente tiene que ser tratado como un efluente líquido.

- Filtro de compósitos o biofiltros: los compuestos que dan olor son biodegradados aeróbicamente. Estos compuestos son transferidos al agua en el material del compósito y enseguida, son biodegradados por microorganismos del agua.

Otros tratamientos para eliminar los olores son la incineración en calderas, adsorción en carbón activado y adsorción en filtros de arcillas.

6.2 Control de la contaminación por residuos sólidos

Prácticamente todos los residuos generados son recuperables. Sin embargo los sólidos provenientes de las plantas de tratamiento de sus residuos líquidos y el estiércol generado en los corrales requieren de un tratamiento y/o una disposición final adecuada. El exceso de sólidos resultantes del tratamiento de los efluentes puede ser tratado (mezclado y dispuesto) junto con el estiércol de los corrales. Sin embargo, lo más recomendable es deshidratarlo mediante un filtro de prensa y disponerlo como un abono de suelos.^{24,25}

Respecto del estiércol, la aplicación directa como abono de suelos, es el método preferido de utilización. Cuando esto no es posible, entre otros motivos, por la generación de estiércol en exceso, lejanía de los terrenos a tratar, olores, etc., lo más recomendable es realizar un proceso de tratamiento. Los tratamientos del *estiércol* pueden ser físicos, químicos y biológicos²⁶:

- Físicos: este tratamiento comprende las etapas de sedimentación del estiércol, centrifugación, filtrado, secado posterior y finalmente la incineración.
- Químicos: los productos químicos como el cloruro férrico, cal y polímeros orgánicos aumentan la eficiencia de la sedimentación y la filtración. Adicionalmente, el ajuste de pH mediante cal elimina los microorganismos y disminuye los olores. Sin embargo, la aplicación de cal elimina bruscamente el amoníaco del estiércol, debiendo realizarse en lugares bien ventilados.
- Biológicos: estos tratamientos incluyen lagunas anaeróbicas, digestores anaeróbicos, lagunas aeróbicas y compostas.

6.3 Control de la contaminación de efluentes líquidos

La acumulación y el estancamiento de agua residual proveniente, ya sea de residencias o establecimientos industriales, producen diversos efectos como ser la descomposición de la materia orgánica con la consecuente formación de grandes cantidades de gases malolientes, la presencia de numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades y la presencia de nutrientes que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas y también incluir la formación de compuestos tóxicos. Todo esto lleva a que sea deseable y necesaria la evacuación inmediata del agua residual de su fuente de generación y su posterior tratamiento y eliminación conduciéndolas a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. En las plantas de sacrificio pueden existir dos canales de recolección de líquidos residuales que son el canal rojo, el cual recibe la sangre, grasa, aserrín del hueso, restos de músculo que provienen de áreas de producción como etapa de sacrificio, corte y deshueso y el otro canal llamado verde el cual recibe el estiércol, el contenido intestinal provenientes del sector de corrales, lavado de camiones, evisceración y lavado de vísceras. Ambos aportan gran cantidad de carga orgánica, grasas, estiércol, pelos, huesos, proteínas, patógenos y otros contaminantes solubles siendo altamente biodegradables y están caracterizados por los siguientes parámetros²⁶:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): es una medida de la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para asimilar los nutrientes disponibles en los sistemas líquidos en 5 días a 20°. La determinación analítica consiste en la incubación de la muestra de agua en un recipiente herméticamente cerrado durante 5 días y a 20° en la oscuridad de manera que los microorganismos

fotosintéticos presentes en la muestra no generen oxígeno adicional. Lo que se cuantifica por un método titulométrico es la cantidad de oxígeno presente en el agua antes y después de la incubación, cuya diferencia da una medida de la cantidad de O_2 requerido por los microorganismos para degradar la materia orgánica.

- **Sólidos suspendidos (SS):** es una medida de los residuos totales no filtrables que son retenidos en un filtro normalizado. Pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fangos y de condiciones anaeróbicas cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático. La determinación analítica consiste en la filtración de una muestra representativa a través de un filtro, el residuo retenido en el mismo luego se seca hasta peso constante a 103° o 105° y el incremento en el peso del filtro representa los sólidos totales suspendidos.
- **Grasas y aceites:** es una medida de las sustancias que se obtienen con la extracción con hexano o éter de petróleo. La determinación analítica consiste en la extracción de las grasas y de los aceites de la muestra con un solvente orgánico, luego estas se cuantifican por un método gravimétrico.
- **Nitrógeno total (Kjeldahl):** es una medida del nitrógeno total presente en la muestra. La determinación analítica consiste en el ataque de las proteínas presentes en la muestra con ácido que transforma el nitrógeno orgánico en iones amonio en presencia de sulfato de cobre que actúa como catalizador. Luego se agrega un alcali transformando el amonio generado en amoníaco, el cual se destila sobre una solución de ácido bórico. Esta solución generada se titula luego con ácido clorhídrico.

El valor de DBO_5 es proporcional al consumo de agua, lo cual parece ir en contra de la lógica debido a que se supone que los valores deberían disminuir al emplear una mayor cantidad de agua por simple dilución. Sin embargo este índice es una medida de la conciencia de aprovechamiento del agua, la cual significa que cuando se emplea menos agua se pone más atención a la recogida de residuos sólidos y hace que las aguas residuales salgan menos contaminadas. En las fábricas que tienen esta conciencia se consume menos agua y además se consigue un considerable ahorro en el tratamiento de los residuos. Existen ciertas condiciones que tienen que cumplir los vertidos antes de su vuelco ya sea a la colectora cloacal, conducto pluvial o curso de agua ²⁶:

- **Temperatura:** la temperatura máxima aceptada es de $45^\circ C$ ya que por encima de dicho valor se produce el aumento de la sedimentación de sólidos en suspensión en lugares no deseados, las grasas se funden pasando los filtros destinados para retenerlas y por último la concentración gaseosa en el líquido es menor en general y en particular menor la cantidad de oxígeno disuelto.
- **pH:** este parámetro nos indica la acidez del medio y debe ser cercano a 7 (no menos de 5.5 no mayor de 10) para evitar las alteraciones químicas con formación de sustancias tóxicas o corrosivas y crecimiento inadecuado de la flora microbiana.
- **Sólidos sedimentables:** esta pequeña proporción de los sólidos totales, tanto orgánicos como inorgánicos, es de fácil medición y su estimación nos permite hacer una proyección de la concentración total de sólidos del efluente. La medición se realiza con conos de vidrio llamados Imhoff aceptándose un valor de 1 ml/dm^3 .
- **Sustancias solubles:** esta medición se realiza por arrastre en frío con éter etílico y se usa para la valoración de grasas y su valor máximo es de 100 mg/dm^3 .
- **DBO:** es la medición que permite estimar el consumo de oxígeno que utilizarán las bacterias para degradar la materia orgánica del líquido residual. Si este consumo es superior a la cantidad de oxígeno disuelto presente es ese lecho, el mismo entrarán en proceso de putrefacción, pues los efluentes de industrias cárnicas son ricos en materia orgánica nitrogenada. El valor de vuelco es variable pero se aceptan como valores de vuelco promedio 50 a 200 mg/l .
- **DQO:** este parámetro mide la oxidación producida por el permanganato de potasio tanto de las sustancias orgánicas como inorgánicas presentes en el líquido residual.
- **Oxígeno disuelto:** este no es un valor de medición reglamentaria pero es de utilidad para el control del funcionamiento de las plantas de tratamiento basadas en las lagunas de estabilización.

Los métodos para la eliminación de los contaminantes pueden basarse en fenómenos físicos o en procesos químicos o biológicos. Estos procesos pueden agruparse entre sí para constituir los llamados pre-tratamientos, tratamientos primarios, secundarios y terciarios (o tratamiento avanzado).

- **Pretratamiento:** es la primera operación a la que se someten los residuos líquidos. Consiste en retener los sólidos y grasas que arrastra el agua y que podrían por su tamaño y características, entorpecer el normal funcionamiento de las plantas de tratamiento.

♦ **Rejas:** este método evita el paso de elementos de gran volumen. Constituido por un doble sistema de rejas, las primeras con barrotes separados entre 50 y 100 mm y las segundas con una separación entre 4 a 40 mm o más. La limpieza puede ser en forma manual o mecánica.

♦ **Tamizado:** permite la separación de partículas de menor tamaño que atravesaron los sistemas de rejas. Consta de un tamiz fijo con 3 pendientes diferentes cuya función es retener la mayor cantidad de partículas grasas del efluente permitiendo el pasaje del agua. Está compuesto por una malla de acero inoxidable, un tanque receptor del efluente desde donde el mismo cae en forma de cascada sobre el tamiz, un receptor de líquido residual con descarga al canal y un receptor de sólidos con descarga a destino final. La capacidad de filtrado depende del ancho de la malla que va desde 0.50 a 1.80 y oscila entre los 300 a 2000 litros por minuto. En el mercado hay mallas de diferentes aberturas que se adaptan a los distintos líquidos residuales a tratar

▪ **Tratamiento primario:** consiste en la remoción de una cantidad importante de los sólidos suspendidos, contenidos en las aguas residuales, mediante procesos físicos-químicos.

♦ **Separadores de sólidos por gravedad:** su funcionamiento se basa en la física, ya que un líquido que corre por un canal a cierta velocidad y es retenido en un espacio mayor, la velocidad del líquido disminuye, lo que produce que los sólidos suspendidos según su peso específico en relación al agua se acumulen en el fondo formando barro o subirán a la superficie en forma de película grasa. En ambos casos los sólidos deben ser retirados para evitar el mal funcionamiento del sistema. Las grasas en suspensión son retiradas en forma manual o con barredores mecánicos. Es importante tener en cuenta el tiempo de retención del líquido residual (30 a 40 minutos) por lo que el dimensionamiento tendrá relación con el volumen del líquido a tratar. El sistema separa hasta un 60% de las grasas en suspensión.

♦ **Separadores de sólidos por aire disuelto:** en estos sistemas se inyecta aire en forma de pequeñas burbujas que al adherirse a los sólidos hacen que disminuyan su peso específico y por lo tanto facilitan su flotación. La incorporación del aire puede realizarse por inyección directa a toda la masa del líquido a tratar o bien recirculando por bombeo una porción del líquido clarificado previa presurización del mismo. La eficiencia es de aproximadamente del 85 % de grasa en suspensión recuperada.

Tratamiento secundario: el propósito de un tratamiento biológico es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción de la DBO₅. Para escoger un sistema de tratamiento secundario se deben tener en cuenta un gran número de factores como ser: requerimientos del efluente (estándares de descarga), sistema de pre-tratamiento escogido, disponibilidad del terreno, regulaciones ambientales locales y factibilidad económica de una planta de proceso.

♦ **Lagunas de estabilización o de oxidación:** pueden ser aeróbicas o anaeróbicas.

a) **Anaeróbicas:** se produce la reducción de la DBO de 40 a 60%, produciéndose la estabilización de la materia orgánica por acción bacteriana en ausencia total de oxígeno. En este proceso se producen dos etapas, la licuación y la gasificación. En la primera las partículas suspendidas pasan a compuestos solubles y así ser aprovechados por las bacterias que los descomponen en ácidos orgánicos y alcoholes, fase ácida. En la segunda etapa las bacterias actúan sobre los ácidos orgánicos descomponiéndolos a metano (60 a 80%), dióxido de carbono (15 a 30%) y en menor proporción a sulfuro de hidrógeno. Este proceso eleva el pH conociéndose como fermentación alcalina. Es importante la temperatura de la laguna para un buen funcionamiento y por lo tanto la profundidad debe estar entre 1.8 y 3 m. Para su dimensionamiento es importante tener en cuenta la carga de DBO, la temperatura y el volumen a tratar. Es importante tener en consideración que la alta producción de gases puede generar malos olores por lo que se recomienda tener en cuenta la dirección de los vientos y hasta la colocación de cortinas de árboles a su alrededor.

b) **Facultativas:** se produce la reducción de la DBO de 75 a 90%. Existen tres zonas de descomposición: una superior con oxígeno disuelto y bacterias aeróbicas, una inferior o zona de sedimentación en total anaerobiosis y una zona intermedia donde el oxígeno varía dependiendo del funcionamiento de la laguna y de la época del año. En esta última zona prevalecen las algas azules verdosas y verdes con una temperatura óptima de desarrollo de entre 20 y 30°, pasando ciertos límites (5 y 35°) se produce un aumento de crecimiento de algas azul verdosas que llegan a acumularse y flotar en la superficie produciendo malos olores. Un aumento de la temperatura produce un aumento en la descomposición y por lo tanto consumo de oxígeno.

- c) **Aeróbicas:** se produce la reducción de la DBO de 80 a 95%. El funcionamiento se basa en la descomposición de la materia orgánica por medio de la oxidación bacteriana y una alta producción de algas que aportan el oxígeno a través del proceso de fotosíntesis. Es importante considerar en la construcción de la laguna que la superficie de la misma debe ser muy amplia en relación a la profundidad pues cuanto mayor luz absorban, mejor será su funcionamiento, mayor su producción de algas y mayor su producción de oxígeno. El fondo de la laguna debe ser impermeabilizado para evitar la precolación de agua y sus contaminantes. La recirculación favorece la oxigenación y la resiembra de algas. Hay que tener en cuenta con respecto a estas últimas que cuando se desarrollan generan oxígeno pero que cuando vegetan por falta de alimento y en presencia de luz lo consumen en forma lenta pero constante y que cuando se descomponen aumentan el consumo del mismo. Tienen como desventaja principal el requerir aireación forzada o natural.
- **Barros activados:** es un tratamiento aeróbico con reciclado de los microorganismos que degradan los efluentes. Estos microorganismos se separan por sedimentación y se vuelven a echar en la corriente de efluentes. La abundancia de microorganismos acelera la degradación de la materia orgánica con respecto a las lagunas aeróbicas. Para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria cárnica solo es útil luego de otro tratamiento que produzca la reducción de la DBO (debido a que solo es eficiente en efluentes de baja carga orgánica). Tiene alto costo de mantenimiento.
 - **Lechos percoladores:** estos consisten en un soporte, es decir una superficie de piedra (el material debe ser homogéneo, limpio, resistente e insoluble) donde se adsorben las bacterias, por el espacio libre que se forma en el soporte circula el aire y el agua a tratar que se distribuye por medio de distintos mecanismos ya sean fijos o giratorios, las bacterias al estar en contacto con el agua captan las partículas orgánicas, estas son oxidadas y utilizadas para la formación de nuevas bacterias. Estos lechos pueden ser aerobios o anaerobios, en el primer caso se debe garantizar una cantidad de oxígeno transferida al agua para cubrir con los requerimientos de la DBO y dejar un residual de 2 a 3 mg/ml, para eso es importante la aireación del sistema. Cuanto más lenta la carga hidráulica mayor es la eficiencia del lecho; la cantidad de carga orgánica no modifica la eficiencia del sistema; la buena ventilación es una condición indispensable para asegurar las condiciones aeróbicas necesarias para la actividad bacteriana; a mayor temperatura mayor actividad biológica; la recirculación del líquido favorece el tiempo de contacto con el lecho, favorece la resiembra con bacterias aclimatadas al medio y produce autolimpieza.
 - **Desinfección y cloración:** El cloro se lo utiliza para la desinfección final de los efluentes de plantas de tratamiento pero puede perfeccionar los procesos de tratamiento ya que contribuye a reducir la DBO, aumenta el rendimiento de sedimentación, mejora la clarificación por los procesos de precipitación química, favorece la separación de grasas permitiendo la separación por flotación al romperse la emulsión. Las reacciones sépticas, producidas por las bacterias, son las causantes de los malos olores. El cloro al matar las bacterias se reducen o eliminan estas reacciones. En el líquido residual hay muchas sustancias que reaccionan con el cloro (por ejemplo el NH_3 con el que forma cloraminas, menos efectivas como desinfectantes) por lo tanto para que el proceso sea efectivo se deben satisfacer todas las reacciones químicas directas y producir un residuo mínimo de cloro o cloraminas. Esto hace que la demanda de cloro esté relacionada con cantidad y clase de sustancias químicas presentes en el líquido residual, del tiempo de contacto y de la temperatura. La cloración utilizada con el único fin de eliminar patógenos es cuestionada en cuanto a su efectividad para proteger la salud humana (el cloro es efectivo para remover bacterias pero no tanto para virus y parásitos).

Los distintos tratamientos antes mencionados apuntaban a disminuir la carga orgánica para disminuir el impacto en los lechos receptores, pero no a eliminar patógenos del agua a tratar. Sin embargo su remoción se da en todos los pasos mencionados con distinta efectividad:

- **Tratamiento primario:** depende del tamaño del microorganismo y aumenta con floculación y coagulación previos a la sedimentación.

Organismo	% de remoción
Virus	0-30
Bacterias	50-90
Protozoarios	50-90
Helmitos	90-99

- **Tratamiento secundario:**

(lechos percoladores)

Organismo	% de remoción
Virus	12-75
Bacterias	80-95
Protozoarios	80-95
Helmitos	80-95

(lagunas de oxidación)

Organismo	% de remoción
Virus	99.99
Bacterias totales	99
Coliformes	60-99.99
<i>Salmonella typhi</i>	99.5
<i>P. auruginosa</i>	99.69

7. Medidas de prevención de la contaminación

Para reducir la contaminación en los procesos de producción, se recomiendan las siguientes medidas ²²:

- ✓ Capacitación del recurso humano en el cuidado ambiental.
- ✓ Reducir la carga de los efluentes, manteniendo todos los desechos sólidos (como heces, cerdas, cueros, carnes y huesos) y los líquidos concentrados (como sangre, grasas, líquidos del intestino y contenidos del estómago) separados de las aguas de descarga. Esto minimiza la carga de los residuos líquidos y los efectos negativos de algunos compuestos para el tratamiento biológico posterior.
- ✓ Efectuar una pre-limpieza seca del equipamiento y de las áreas de producción antes de la limpieza húmeda, reduciendo las cargas de contaminantes del agua.
- ✓ Separar las aguas de enfriamiento de las aguas de proceso y lavado, recirculando el agua de enfriamiento.
- ✓ Controlar el uso de detergentes y desinfectantes en el lavado.
- ✓ Recuperar los sólidos mediante la instalación de rejillas sobre las canaletas de recolección, reduciendo así su concentración en los efluentes líquidos. Lo mismo se puede efectuar para recolectar las grasas y reprocesarlas como subproducto.
- ✓ Recuperar y procesar la sangre en subproductos útiles. La sangre contaminada se envía a la planta de rendimiento.
- ✓ Evitar, dentro de lo posible, el transporte húmedo de desechos (bombeado), por ejemplo intestinos, etc.
- ✓ Remover, como residuo sólido, la mayor cantidad posible de estiércol de los corrales y el contenido intestinal.
- ✓ Implementar un buen sistema de recolección (en seco) almacenamiento, transporte y aplicación del estiércol.
- ✓ Todas las fuentes de emisiones de olores deben estar aisladas y bien ventiladas. Deben usarse chimeneas suficientemente altas para diluir los olores.
- ✓ Cuando el estiércol sea incorporado al suelo, debe quedar bajo una capa de tierra de por lo menos 20 cm de profundidad para evitar que las larvas de moscas incubadas en el estiércol no puedan llegar a la superficie.
- ✓ Recuperación de aceites usados provenientes del mantenimiento de vehículos y equipos, para ser entregado a una empresa especializada en su recolección.

Para reducir las emisiones de sustancias olorosas, se pueden tomar las siguientes medidas ²²:

- ✓ Mejorar la higiene operacional.
- ✓ Remover con frecuencia el material generador de malos olores.
- ✓ Acortar el tiempo de sacrificio.
- ✓ Pasteurizar la materia prima (en el caso de productos cárnicos) para detener el proceso biológico generador de olores.
- ✓ Tratar de operar en sistemas cerrados o bajo vacío.

8. Glosario

Beneficio o rendimiento: reciclaje de productos animales (SAGARPA).

Canal: Cuerpo del animal después de haber sido insensibilizado, sacrificado, sangrado y desprovisto de plumas y vísceras, puede conservar según la especie: cabeza, patas, riñones, cola o alguna otra estructura (NOM-194-SSA1- 2004)

Coagulación: Un proceso de tratamiento del agua que tiene por objeto agrupar partículas coloidales dispersas en el agua en otras más voluminosas y pesadas que puedan ser separadas más fácilmente del agua (Agua potable 2005).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): La cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.

DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno): La cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación de la materia orgánica.

Desangrado: El acto de perder sangre, en este caso por medio del corte de una arteria, que varía de acuerdo a la especie animal.

Despojo: las partes no comestibles de la canal. (SAGARPA); son aquellos productos cárnicos que no pertenecen a la canal y que son comestibles para el ser humano. Normalmente se trata de vísceras y glándulas.

Despojo animal: tejidos animales que no se destinan al consumo humano (SAGARPA)

Eutrificación: Es un proceso natural de envejecimiento de agua estancada o de corriente lenta con exceso de nutrientes y que acumula en el fondo materia vegetal en descomposición. Las plantas ocupan el lago hasta convertirlo en pantano y luego se seca.¹

Esquilmo: subproductos derivados de la matanza tales como glándulas, médula espinal, pene, testículos, patas, ubre y bazo, aptos para consumo humano (SAGARPA).

Ganado mayor: Equivale a un bovino adulto o a un caballo adulto.¹

Ganado menor: Equivale a ovinos, caprinos y porcinos.¹

Insensibilización: Privar de la sensibilidad o de los sentidos, en este caso con la finalidad de evitar dolor al momento del sacrificio.

Lilixiviado: líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto material suspendido o disuelto, generalmente ambos. Este líquido es más comúnmente hallado asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de las lluvias percolando a través de los desechos sólidos y reaccionando con los productos de descomposición, químicos, y otros compuestos.¹

Matadero: Planta de sacrificio con capacidad menor a la de un rastro.¹

Pistola de perno cautivo (de émbolo oculto): Es una herramienta cuyo modo de acción es la penetración de un eje metálico activado mecánicamente, lo que produce un trauma y destrucción del cerebro. Requiere ubicaciones específicas para cada especie.¹

Producto rechazado: a los productos considerados no aptos para consumo humano (SSA)

Rastro: Planta de sacrificio con capacidad de 28 cabezas de ganado mayor, o 56 de ganado menor o una combinación con relación 2 de ganado menor: 1 ganado mayor, o bien 1,000 aves domésticas o combinación en relación 35 aves: 1 ganado mayor. (NOM-194-SSA1-2004).

Sacrificio humanitario: Acto que provoca la muerte sin sufrimiento de los animales por métodos físicos o químicos. (NOM- 033-ZOO-1995).

Sacrificio zoosanitario: Sacrificio humanitario que se realiza en uno o varios animales como medida profiláctica. (NOM-033-ZOO-1995).

Subproducto: producto resultado del sacrificio que generalmente se industrializa en la industria de animales y/o farmacéutica. No pertenecen a la canal y no son aptos para el consumo humano. (SAGARPA).

Subproducto: a las partes del animal que no se utilizan en la elaboración de productos para consumo humano (Secretaría de Salud).

Módulo 9. Breve Introducción a HACCP e ISO 22000

1. Introducción a los Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos

- 1.1 El concepto HACCP
- 1.2 Origen del HACCP
- 1.3 Origen de HACCP en la Industria Cárnica
- 1.4 ¿Porqué implementar HACCP?
- 1.5 ¿Qué debe hacerse antes de desarrollar un Plan HACCP?
- 1.6 Desarrollo del Plan HACCP
 - 1.6.1 Definiciones
- 1.7 Etapas para la elaboración del plan HACCP
 - 1.7.1 Formación del equipo HACCP
 - 1.7.2 Descripción del Producto y su Distribución
 - 1.7.3 Descripción el Uso y los Consumidores del producto
 - 1.7.4 Desarrollo del Diagrama de Flujo que describe el Proceso
 - 1.7.5 Verificación del diagrama de flujo

2. Los 7 Principios de HACCP

3. Aplicación de HACCP en la Industria Cárnica

- 3.1 Sistemas de Inspección de Carnes Basados en el Riesgo
- 3.2 Identificación del Peligro Microbiológico
- 3.3 CFR

4. Modelo HACCP general para el sacrificio de Porcinos por USDA

5. Beneficios de la Implementación de HACCP

6. ISO 22000

- 6.1 Contenido de la Norma ISO 22000

7. Glosario

1. Introducción a los Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos

1.1 El concepto HACCP

El sistema de Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos, mejor conocido por sus siglas en inglés HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points), es un sistema de manejo enfocado hacia la prevención de problemas para así asegurar la producción de alimentos inocuos para el consumo humano. Este sistema se basa en la aplicación, con sentido común, de principios técnicos y científicos al proceso de producción de alimentos desde el campo a la mesa, es decir que involucra un análisis y control de los peligros biológicos, químicos y físicos que existen desde la fabricación, distribución y consumo de los productos terminados, el HACCP está diseñado para ser utilizado por todos los segmentos de la industria alimentaria, desde producción, cosecha, procesamiento, fabricación, distribución y comercialización, hasta el procesamiento de alimentos para consumo. El concepto más básico implícito en el HACCP es el de prevención más que el de inspección. Un procesador, manipulador, distribuidor o consumidor debe tener suficiente información respecto al alimento y a los procedimientos relacionados que está usando, de manera de ser capaz de identificar dónde y cómo puede ocurrir contaminación de los alimentos. Si se conoce el “dónde” y “cómo”, la prevención se vuelve fácil y obvia, y la inspección y muestreo del producto terminado se vuelven superfluos. Un programa HACCP se relaciona con el control de los factores que afectan a: los ingredientes, al producto y al proceso. El objetivo es elaborar un producto cuyo consumo sea seguro y, a su vez que se pueda comprobar que se elaboro higiénicamente. El dónde y cómo corresponden a la parte “HA” del HACCP, es decir, el análisis de peligros. La prueba respecto al control de procesos y condiciones corresponde a la parte CCP, es decir, al control de puntos críticos. De este concepto básico fluye que, HACCP es, simplemente, una aplicación metodológica y sistemática de la ciencia y la tecnología con el fin de planificar, controlar y documentar la producción segura de alimentos.
1,2,9

Por definición, el concepto HACCP involucra todos los peligros potenciales de seguridad de los alimentos (biológicos, químicos y físicos), ya sea que ellos ocurran en forma natural en los alimentos, que ocurran con la contribución del ambiente o que fuesen generados por un error en el proceso de elaboración. Mientras los peligros químicos son aún temidos por muchos consumidores y los peligros físicos son los que el consumidor identifica más comúnmente, son los peligros microbiológicos los más serios desde el punto de vista de la salud pública. Es por eso que, si bien es cierto, los sistemas HACCP se enfocan hacia los tres tipos de peligros, una gran parte del énfasis se enfoca hacia los temas microbiológicos. Por ejemplo, un pedazo de metal (peligro físico)² en un alimento puede provocar una quebradura en el diente del consumidor; pero la contaminación con *Salmonella* de un producto cárnico puede afectar a cientos o incluso miles de consumidores.

En referencia a los rastros, en éstos se han presentado importantes cambios en la tecnología que utilizan, desde los métodos de manejo en corrales y manejo post-mortem hasta los de insensibilización y tratamiento de canales, lo anterior con miras a la realización de operaciones comerciales favorables. Sin embargo, el mal uso de la tecnología o el uso de tecnologías inadecuadas pueden provocar la comercialización de un producto de mala calidad higiénico-sanitaria.

Tanto los alimentos de origen animal como los de origen vegetal, al ser obtenidos, poseen una microflora inicial en la superficie o en su interior, lo cual, puede provocar problemas microbiológicos a causa de errores en los procedimientos de manipulación o procesado, permitiendo la supervivencia e incluso la proliferación de los microorganismos por condiciones inadecuadas de tiempo, temperatura, humedad relativa, pH, limpieza y desinfección de equipos e instalaciones, etc. La detección oportuna de dichos errores, su rápida corrección y prevención son el principal objetivo de sistemas como HACCP.

1.2 Origen del HACCP

La compañía HACCP System fue desarrollada por la compañía Pillsbury, la armada de los EUA, los laboratorios Natick y la NASA quienes desarrollaron el sistema HACCP como una respuesta a los requisitos de inocuidad de los alimentos impuestos por la NASA para la “comida espacial” producida para los vuelos tripulados al espacio que comenzaron en 1959. La NASA tenía dos principales preocupaciones relacionadas con la seguridad; la primera estaba relacionada con problemas potenciales relacionados con las partículas de comida (migas) y agua dentro de la cápsula bajo condiciones de gravedad cero; y la segunda preocupación era la necesidad de una total seguridad de la ausencia de toxinas patógenas y biológicas.

En años posteriores, HACCP ha sido reconocido internacionalmente como un sistema efectivo de prevención y control, el cual ha sufrido considerables variaciones con el paso del tiempo, como parte de

su flexibilidad. Actualmente su aplicación se ha hecho extensiva a todas las ramas de la industria de los alimentos. En junio de 1993, la Unión Europea (UE) emitió una directiva en la que se establece que todas las empresas productoras de alimentos para consumo humano, independientemente de la magnitud de la empresa, deben implementar un programa HACCP efectivo. A partir de enero de 1996 la UE opera con este sistema. Para mayor información consultar el siguiente link: http://ec.europa.eu/health-eu/my_environment/food_safety/ms_es_en.htm

1.3 Origen de HACCP en la Industria Cárnica

Las técnicas tradicionales de inspección de carnes se desarrollaron a principios del siglo XX con el objetivo de controlar los peligros para la salud pública que se consideraban importantes en esa época, en particular, la tuberculosis seguida por la triquinosis, cisticercosis, entre otras. La mayoría de éstas se caracterizan por la aparición de importantes alteraciones patológicas, fácilmente detectables en una inspección de tipo organoléptico (actualmente se siguen utilizando); por ello se desarrolló una serie de técnicas de inspección ante y post-mortem, tales como palpaciones, incisiones y controles visuales. Estas técnicas tuvieron éxito ya que permitían eliminar o reducir considerablemente dichos peligros. Algunos de estos peligros para la salud pública se han reducido, o incluso han desaparecido, mientras que han aparecido otros nuevos los que son, principalmente, de naturaleza microbiológica y química y pueden estar presentes en animales que no han cursado una alteración patológica, por lo que no siempre pueden ser detectados por las técnicas organolépticas tradicionales.

La presencia frecuente de brotes de enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos ha impulsado a los diferentes países a desarrollar políticas que disminuyan el riesgo que representan estas entidades para la salud pública. Por otro lado, el importante desarrollo de las comunicaciones ha creado una gran preocupación en los consumidores, quienes desean estar mejor informados sobre la calidad sanitaria de los alimentos que les ofrece el mercado.

La ocurrencia de casos dramáticos, como fue el brote de *Escherichia coli* O157:H7 en hamburguesas contaminadas que afectó a centenares de personas, causó la muerte a cuatro niños y dejó a un número mayor con secuelas de por vida (Estados Unidos, 1994), obligó a cambiar el concepto y los sistemas de inspección, tanto en mataderos como en establecimientos procesadores de carnes rojas y de aves.

A partir de 1996 entró en vigencia en Estados Unidos, la Ley de Reducción de Patógenos y HACCP que obligó a todos los establecimientos faenadores y procesadores de carne rojas y blancas a implementar en su gestión, planes HACCP.

La pregunta que se hizo el gobierno norteamericano fue, en qué medida podía mejorarse el sistema tradicional de inspección de carnes que se había mantenido sin grandes cambios desde el año 1906. Ese año, como consecuencia del impacto provocado en el país por la publicación del libro *The Jungla (La Jungla) escrito por Upton Sinclair*, describiendo las malas condiciones sanitarias de la industria de empaque de carne, encendiendo una tormenta de preocupación y protestas del público. Como resultado de este libro, en parte, se aprobó la Ley Federal de Inspección de Carne en 1906, que requería la inspección del ganado en pie y las canales destinadas para el comercio interestatal y con el extranjero. Además se requería la inspección de la carne procesada, así como del equipo y las plantas de procesamiento de carne.¹²

En 1967, se aprobó la Ley del Buen Estado de la Carne, que actualizó la ley de 1906 para incluir la inspección obligatoria de toda la carne procesada y vendida dentro del mismo estado (inspección interestatal). Así, con la aprobación de la Ley de 1967, toda la carne destinada a la venta al consumidor en los mercados de E.U.A. e internacionales debía inspeccionarse para verificar su seguridad y buen estado. Aunque los programas de inspección de carne estatales y federales se consideran iguales, no se permite que las plantas de procesamiento de carne que usan los programas de inspección estatal vendan, transporten o exporten productos cárnicos a través de las líneas estatales o los mercados de exportación.¹²

En 1996 se planteó la necesidad de introducir nuevos criterios al sistema tradicional de inspección que se basaba en el análisis sensorial de las carnes y productos cárnicos, buscando principalmente, la presencia de zoonosis en las canales que se inspeccionaban. Por otro lado, los grandes avances en materias de salud animal, que han permitido erradicar importantes enfermedades y reducir a niveles de prevalencia manejable otras, han obligado dirigir la vista a otro tipo de peligros para la salud pública.⁸

El nuevo criterio que se incorporó en 1996, incluía la necesidad de que los establecimientos generaran sus planes HACCP, los que debían permitirles conocer el riesgo, en cada operación, de que se presentaran peligros físicos, químicos o biológicos, y la forma de controlarlos durante la faena o el

procesamiento de los productos. La reglamentación norteamericana obligó a las plantas faenadoras y procesadoras a efectuar monitoreos microbiológicos.

1.4 ¿Por qué implementar HACCP?

El sistema HACCP se basa en una metodología que requiere inicialmente elaborar un plan HACCP y en una segunda etapa implementar dicho plan.⁶ Permite identificar y evaluar peligros específicos que puedan afectar adversamente la inocuidad del producto alimenticio, en base a lo cual se establecen sistemas de control basados en medidas preventivas. Para lograr lo anterior es indispensable realizar estudios tanto en las materias primas y productos finales, como en los procesos particulares de producción y manejo a los que son sometidos dichos alimentos, y no solo en el producto final como tradicionalmente se había hecho.

HACCP es un sistema aplicable independientemente a cualquiera de las etapas de la cadena productiva, desde el productor primario hasta el consumidor final. El sistema es flexible y adaptable, no sólo a las características tan variables de cada una de estas etapas, sino también a los cambios en procedimientos de elaboración o en equipos e innovaciones tecnológicas, es por esto que un Plan HACCP es único e irrepetible, siempre será diferente entre cada planta, establecimiento, rastro, etc.

Es recomendable la implementación de HACCP en establecimientos de alimentos porque es el más efectivo y eficiente sistema de prevención y control para asegurar al máximo que el producto alimenticio es inocuo.⁶ Al tener un programa que prevea y resuelva problemas, no sólo se facilitará la inspección sanitaria, sino que ya no se dependerá de las visitas periódicas de las autoridades, es decir, el propio establecimiento se hace responsable de controlar este aspecto, como resultado de una continua autoinspección.¹⁰

1.5 ¿Qué debe hacerse antes de desarrollar un Plan HACCP?

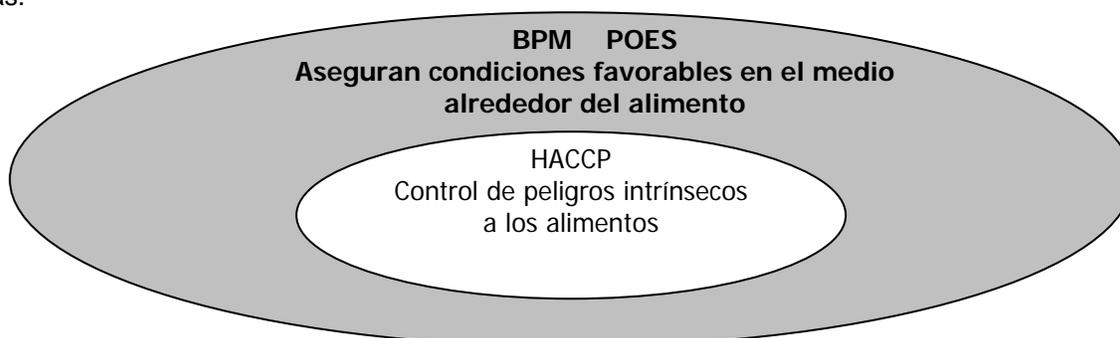
Para la adecuada implementación de un plan HACCP, son indispensables dos programas de prerequisites:

1. Buenas Prácticas de Manufactura (Ver Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura) (BPM) (Good Manufacturing Practices, GMP, por sus siglas en inglés), y
2. Procedimientos Estándar de Higiene Operacional, también llamados Procedimientos Operativos Estándar de Sanitización (POES) (Standard Sanitation Operating Procedures, SSOP por sus siglas en inglés). (Ver Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura).

Ambos permiten controlar el medio ambiente alrededor del alimento, ayudando de esta manera a reducir los puntos críticos de control, mientras que HACCP se ocupa del control de peligros intrínsecos al alimento mismo.¹⁰

1. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) (Para mayor información Ver Módulo 3. Buenas Prácticas de Manufactura)

Las BPM abarcan ampliamente los aspectos operacionales de la planta y el personal. Son regulaciones publicadas por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (CFR 21, parte 110) [<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/scfr110.html>] para proveer los criterios de conformidad con el Acta Federal sobre alimentos, drogas y cosméticos (FD&C ACT), la cual establece que todos los alimentos de consumo humano deben ser inocuos. El énfasis se centra en la prevención de la contaminación del producto por fuentes directas o indirectas, es decir, los procedimientos mínimos exigidos en el mercado internacional en lo relativo a la higiene y formas de manipulación. Es importante destacar que su instrumentación requiere del compromiso de toda la cadena agroalimentaria y su aplicación en todas las etapas.¹⁰



Los POES son procedimientos que se aplican en las plantas procesadoras de alimentos para mantener las BPM en las operaciones de producción y deben ser monitoreados, registrados y verificados. Estrictamente hablando, formar parte de las BPM; sin embargo, por su primordial importancia se consideran como programas separados. Han sido publicados como guía de referencia por la USDA/FSIS. Su aplicación consta de dos etapas: a) sanitización pre operacional y b) sanitización operacional.¹¹

Toma en cuenta los procedimientos diarios, la frecuencia de las operaciones, debe abordar tanto la limpieza de superficies de contacto con los alimentos, como de las instalaciones, equipos y utensilios, asimismo, la fecha y firma del empleado responsable en los registros diarios, incluyendo las acciones correctivas efectuadas.

También han sido publicados por la FDA y consta de los siguientes apartados:

1. Mantenimiento general
2. Substancias usadas en la limpieza y sanitización
3. Control de plagas
4. Saneamiento de superficies de contacto con alimentos
5. Almacenaje y manipulación de equipos y utensilios portátiles limpios
6. Disposición de basura y desperdicios

Incluso el programa HACCP mejor diseñado no puede asegurar la inocuidad de un alimentos si las BPM no son llevadas a cabo y el personal no es entrenado apropiadamente. El cumplimiento de las BPM y el monitoreo de los POES son esenciales para la producción de un producto sin riesgo y deben ser la columna vertebral de cualquier programa de inocuidad.^{10,11}

1.6 Desarrollo del Plan HACCP

1.6.1 Definiciones

Para la comprensión y adecuada aplicación del sistema es indispensable conocer el significado de los términos que en él se utilizan.

Desviación: Fallo en el cumplimiento del límite crítico requerido para un determinado punto crítico de control (FDA, 1997).

HACCP: Sistema que permite identificar peligros específicos y medidas preventivas para su control (Codex, 1993).

Límite crítico: Cuando se identifica un PCC, se deben establecer parámetros para determinar si la medida de control en el PCC está “dentro” o “fuera” de control. Estos parámetros son denominados “límites críticos” (LCs). Según la definición del Comité Nacional Asesor sobre Criterios Microbiológicos para Alimentos (NACMCF, 1998), un LC es el valor máximo y/o mínimo de un parámetro cuantificable biológico, químico o físico que se debe alcanzar en un PCC para prevenir, eliminar o reducir a un nivel aceptable, un peligro que afecta la seguridad de los alimentos. La definición de LC del Codex (1997) es más simple ya que establecieron un criterio de admisibilidad o in-admisibilidad. Algunos parámetros biológicos, químicos y físicos típicos que pueden ser LCs son: Temperatura, tiempo, dimensiones físicas, pH, Nivel de humedad, Velocidad de la línea de producción, velocidad de flujo, actividad acuosa, concentración de sal, peso, viscosidad, etc.⁹

Medida de Control: Una acción o actividad que sirve para prevenir, eliminar o reducir un peligro significativo.⁹

Monitoreo: Una secuencia planificada de observaciones o mediciones para determinar si un CCP está bajo control y preparar registros detallados que posteriormente se utilizarán para la verificación.⁹

Nivel aceptable: Es la presencia de un peligro de tal índole que no plantee la probabilidad de causar un riesgo inaceptable a la salud (FDA, 1997).

Ocurrencia: Probabilidad de que ocurra un riesgo.

Peligro: Es una propiedad biológica, química o física que pueden causar un riesgo inaceptable a la salud del consumidor (FDA, 1997)

Plan HACCP: Documento escrito que establece los procedimientos formales para seguir los principios HACCP, desarrollados por el Nacional Advisory Comité on Microbiological Criteria for Food (FDA, 1997)

Punto crítico de Control (PCC): La etapa en la cual se puede realizar un control y que es fundamental para prevenir, eliminar o reducir a un nivel aceptable un peligro, que puede afectar la seguridad del producto.⁹ De acuerdo al Codex (1993) se define como un punto, fase o procedimiento en el que puede aplicarse un control para impedir, eliminar o reducir a niveles aceptables un riesgo para la inocuidad de los alimentos y la FDA (1997) lo define como una estimación de la probable ocurrencia de un peligro.

Riesgo: La probabilidad de que se presente un efecto adverso a la salud y la severidad del efecto, como consecuencia de uno o varios peligros en un alimento. El riesgo es una estimación de la probabilidad de que ocurra un peligro o un efecto adverso, es decir, de afectar la salud del consumidor. El grado o nivel de riesgo (alto, medio, bajo) mide, con anterioridad a su ocurrencia, la probabilidad de un futuro resultado no deseado, de acuerdo a la experiencia. El riesgo que un alimento afecte la salud variara entre una probabilidad cero: que no se presente nunca, y la probabilidad 1: que se presente siempre. En rigor la probabilidad no es ni cero ni uno, sino que se encuentra en valores intermedios.

Verificación: Métodos, procedimientos y pruebas usadas para determinar si el sistema HACCP en uso está de acuerdo con el plan HACCP (FDA, 1997)

Vigilar (monitorización): a) Realizar una secuencia planificada de observaciones o mediciones para evaluar si un PCC está bajo control. (Codex, 1993); b) Secuencia planeada de observaciones o mediciones de límites críticos, diseñada para producir un registro exacto destinado a asegurar que el límite crítico mantenga un producto seguro. Un continuo monitoreo significa un registro ininterrumpido de datos (FDA, 1997).¹⁰

1.7 Etapas para la elaboración del plan HACCP

La metodología HACCP se basa en siete principios que inicialmente fueron desarrollados por el Nacional Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, que explican el proceso en detalle.

Existen lineamientos publicados por diversos organismos internacionales:

- Internacional Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF)

[<http://www.icmsf.iit.edu/main/home.html>]

- Codex Alimentarius Commission

[www.codexalimentarius.net]

- United States Department of Agriculture (USDA)

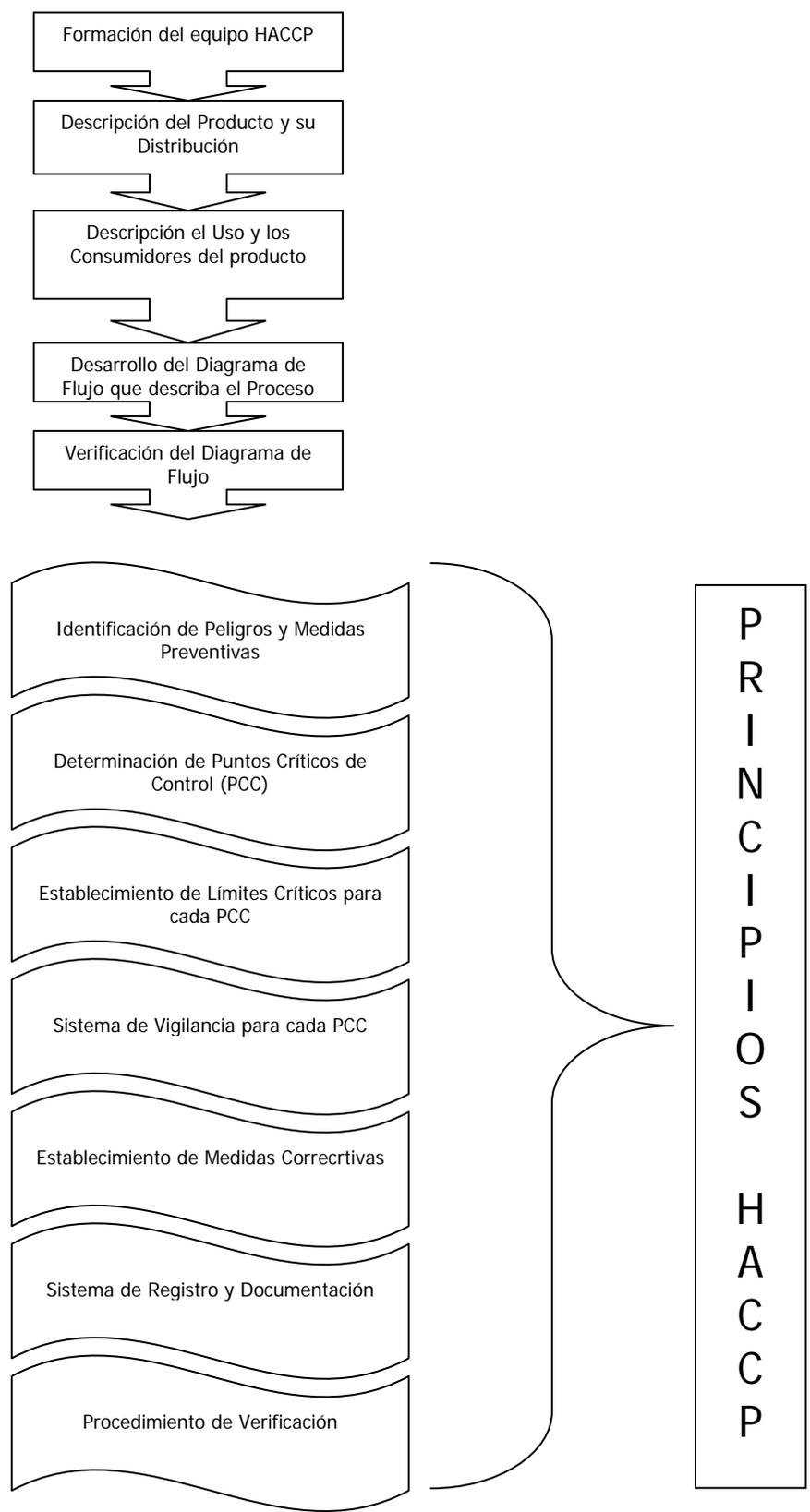
[<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>]

- Federal Drug Administration (FDA)

[<http://www.fda.gov/>]

Todos ellos difieren en algunos aspectos, pero que toman como estructura básica los siete principios, los cuales deben seguirse para preparar un plan HACCP efectivo (los pasos a seguir para la aplicación del sistema aparecen a continuación).¹⁰

Pasos a seguir para la aplicación del plan HACCP



1.7.1 Formación del equipo HACCP

Debe nombrarse un coordinador HACCP, el cual será responsable del plan HACCP en su totalidad, por lo que se requiere que esté plenamente capacitado en el sistema. El FSIS habla sobre un equipo HACCP, con miembros de diferentes departamentos. En muchos establecimientos micro, no existirán departamentos separados con empleados diferentes. Sin embargo, existirán empleados que realizan estas funciones diferentes, y con frecuencia, varias de ellas. Con la finalidad de explicar algunos conceptos, es más fácil hablar de estos empleados como si fueran personas distintas a pesar de que, en muchos casos, puede ser que la misma persona sea responsable de llevar a cabo más de una función. Se debe formar un equipo multidisciplinario con conocimientos específicos y competencia técnica adecuados al producto. El equipo también deberá incluir el personal de planta que realiza las operaciones, ya que ellos están más familiarizados con la variabilidad y las limitaciones de las operaciones. Esto también promueve, entre los que deben implementar el plan, una sensación de que les pertenece. (Ver Módulo BPM's). Es posible que el equipo necesite ayuda de expertos independientes que conozcan de peligros biológicos, químicos y/o físicos potenciales relacionados con el producto y proceso⁹, como son microbiólogos, químicos en alimentos, ingenieros, etc., según se requiera), mismos que pueden provenir de instituciones de educación superior, lo cual puede significar menores costos para una asesoría calificada. Se sugiere que la primera actividad del equipo sea efectuar un diagnóstico de la situación higiénico sanitaria de la planta, el cual facilitará la elaboración del plan HACCP.¹⁰ Sin embargo, un plan íntegramente desarrollado por personal ajeno a la planta puede ser equivocado, incompleto y no tener apoyo del personal de planta.⁹

1.7.2 Descripción del Producto y su Distribución

Una vez que se ha conformado el equipo, delimitando las responsabilidades y estableciendo el cronograma de actividades, el siguiente paso es conocer el producto (incluidas todas las materias primas que se utilicen) que será sometido a la elaboración del plan. También deberá describir el sistema de distribución, indicando si el producto se distribuye en forma congelada, enfriada o a temperatura ambiente⁹, a continuación se presenta un ejemplo.

Ficha de descripción del productos y determinación del uso propuesto											
Nombre del Tipo de Proceso	Obtención de la Carne de Porcino										
Datos del Establecimiento	Nombre, TIF o no TIF, domicilio, nombre del director, numero de empleados por línea de proceso o por turno, nombre de los supervisores y médicos veterinarios, sacrificio semanal promedio, horario de trabajo, etc.										
Nombre del producto	Carne Fresca en Canal										
Composición del % en peso húmedo de producto	<table> <tr> <td>Proteínas: 19</td> <td>Carbohidratos: 1.2</td> </tr> <tr> <td>Agua: 75</td> <td>Sustancias inorgánicas: 0.65</td> </tr> <tr> <td>Grasa: 2.5</td> <td>Sustancias nitrogenadas: 1.5</td> </tr> <tr> <td>pH: 5-7</td> <td>Vitaminas: trazas</td> </tr> <tr> <td>Aw: 0.99**</td> <td></td> </tr> </table>	Proteínas: 19	Carbohidratos: 1.2	Agua: 75	Sustancias inorgánicas: 0.65	Grasa: 2.5	Sustancias nitrogenadas: 1.5	pH: 5-7	Vitaminas: trazas	Aw: 0.99**	
Proteínas: 19	Carbohidratos: 1.2										
Agua: 75	Sustancias inorgánicas: 0.65										
Grasa: 2.5	Sustancias nitrogenadas: 1.5										
pH: 5-7	Vitaminas: trazas										
Aw: 0.99**											
¿Cómo va a ser usado?	Consumo posterior a la cocción, por la población en general.										
Tipo de presentación del producto	El producto no se empaca, sale del rastro en porciones, medias canales o canales completas										
Vida de anaquel	Se debe especificar el tiempo en relación a la temperatura y humedad relativa de almacenamiento										
Instrucciones de manejo	Se recomienda la refrigeración o congelación (especificar temperatura y humedad relativa) hasta el momento de la preparación para el consumo										
Control especial en la distribución	Transporte en vehículos refrigerados (especificar temperatura y humedad relativa)										
Tipo de Venta	Al menudeo o mayoreo (especificar)										

Fuente: ICMSF (1980)

1.7.3 Descripción el Uso y los Consumidores del producto

Es de particular importancia tener bien establecido quién va a consumir el alimento y cómo, debe basarse en las aplicaciones previstas del producto por parte de los usuarios o consumidores finales. Es por esto que el equipo deberá describir el uso que normalmente se espera que tenga el producto. Los consumidores del producto pueden ser el público en general, o un determinado segmento de la población (por ejemplo: niños, ancianos, personas con insuficiencia inmunológica, etc.)⁹ La (b) Descripción del Producto y Distribución así como la (c) Descripción del Uso y los Consumidores del producto se abordan en la misma ficha, en el caso de la carne se puede tomar como guía la que se presenta en la página anterior.

1.7.4 Desarrollo del Diagrama de Flujo que describe el Proceso

Analizar cada fase dentro del proceso, integrándose todas las fases para elaborar el diagrama de flujo. Para cada producto debe hacerse un diagrama de flujo. Una de las características de un sistema HACCP efectivo es la revisión del control de peligros (monitoreo) basado en diagramas de flujo (Ver diagrama de flujo del Módulo de Proceso de sacrificio de porcinos).

1.7.5 Verificación del diagrama de flujo

El equipo HACCP debe comprobar la exactitud del diagrama de flujo, comparándolo mediante una inspección in-situ con los procesos en todas sus fases y momentos, haciendo las correcciones pertinentes cuando así proceda. Para el desarrollo y posterior monitoreo del plan HACCP es indispensable que el diagrama de flujo sea correcto, para confirmar que todas las operaciones fueron incluidas correctamente en el diagrama de flujo. Si es necesario, el diagrama de flujo se modificará y dichas modificaciones deberán ser documentadas.⁹ Posteriormente en el mismo se especificarán los puntos críticos de control (PCC). (Ver Módulo de Flujo de Personal y Producto). Una vez que se han cubierto los prerrequisitos (BPM y POES) y efectuando los cinco pasos previos, se puede entonces iniciar con el desarrollo de los siete principios, los cuales pueden estar contenidos en un formato como el que se muestra a continuación:

P1	Peligros identificados
P1	Medidas preventivas
P2	PC ó PCC
P3	Límites críticos
P4	Procedimientos de vigilancia
P5	Medidas correctivas
P6	Registro
P7	Verificación

2. Los 7 Principios de HACCP

PRIMER PRINCIPIO

- Identificar los posibles peligros asociados con la producción de alimentos en todas las fases, desde la producción primaria hasta el punto de venta del alimento.
- Evaluar la probabilidad de que se produzca contaminación con peligros e identificar las medidas preventivas para su control

En este principio el equipo HACCP debe **enumerar todos los peligros biológicos, químicos o físicos** que pueden producirse en cada fase y **analizar cada uno de los riesgos**. Un análisis de riesgos bien hecho es la clave para desarrollar un plan HACCP efectivo. Si el análisis de riesgos no se realiza correctamente, no se identificarán los peligros que deben ser controlados en el sistema HACCP y el plan no será efectivo aunque se cumpla minuciosamente.⁹ Es necesario observar la significación de los mismos mediante la evaluación de su gravedad y probabilidad de ocurrencia.

Luego, el equipo debe determinar qué **medidas preventivas** pueden aplicarse para eliminar los peligros o reducir sus consecuencias a niveles aceptables. A veces, puede ocurrir, que sea necesaria más de una medida preventiva para controlar un peligro específico y que con una determinada medida preventiva se pueda controlar más de un peligro.

En la aplicación de este principio, se hace necesario **identificar las materias primas, ingredientes y/o alimentos** que puedan contener algún tipo de contaminante (físico, químico y/o biológico), y por otro lado, **identificar las condiciones** que pudieran facilitar la supervivencia o multiplicación de gérmenes.

Finalmente, debe realizarse el **análisis del proceso en su conjunto**, desde la recepción de las materias primas, el proceso de elaboración, el almacenamiento, la distribución, hasta el momento en que el alimento es utilizado por el consumidor. De este modo, se logra determinar la posibilidad de supervivencia o multiplicación de los microorganismos y de contaminación con agentes físicos o químicos.

SEGUNDO PRINCIPIO

- Determinar las fases operacionales que puedan controlarse para eliminar peligros o reducir al mínimo la probabilidad de que se produzcan
- Identificar Puntos de Control Críticos (PPC) en el proceso

La determinación de un PCC en el sistema HACCP se ve facilitada por la aplicación de un árbol de decisiones. La aplicación del árbol de decisiones de PCC ayuda a determinar si una fase en particular es un PCC. El mencionado árbol es aplicable sólo a aquellas etapas que representan un peligro significativo de acuerdo a lo determinado en el principio 1.

Si se determina la existencia de un peligro en una fase y no existe ninguna medida preventiva que permita controlarlo, debe realizarse una modificación del producto o proceso que permita incluir la correspondiente **medida preventiva**.

TERCER PRINCIPIO

- Establecer los límites críticos de cada uno de los PCC que aseguren que están bajo control

Este principio requiere la especificación de los límites críticos para cada medida preventiva. En ciertos casos, puede establecerse más de un límite crítico para una determinada fase.

Los límites críticos son los niveles o tolerancias prescritas que no deben superarse para asegurar que el PCC es controlado efectivamente. Si cualquiera de los parámetros referentes a los puntos de control está fuera del límite crítico, el proceso se encuentra fuera de control.

Por otra parte, las medidas preventivas están asociadas a esos límites críticos que funcionan como frontera de seguridad.

Para definir el límite y estado para un producto o proceso, suelen utilizarse parámetros objetivos como son: tiempo y temperatura, nivel de humedad, pH, actividad acuosa, cloro disponible, especificaciones microbiológicas y otras. Asimismo, pueden considerarse parámetros organolépticos como aspecto, aroma, color, sabor y textura aunque no son los más recomendables.

CUARTO PRINCIPIO

- Establecer un sistema de vigilancia para asegurar el control de los PPC mediante ensayos u observaciones programadas

Establecer un sistema de vigilancia para asegurar el control de los PCC mediante ensayos u observaciones programados.

El monitoreo o vigilancia es la medición u observación programada de un PCC en relación con sus límites críticos.

Los procedimientos de vigilancia deben ser capaces de detectar una pérdida de control en el PCC.

Lo ideal es que la vigilancia proporcione esta información a tiempo para que se adopten medidas correctivas con el objeto de recuperar el control del proceso antes de que sea necesario rechazar el producto.

La información obtenida a través de la vigilancia o monitoreo debe ser evaluada por una persona responsable, debidamente entrenada y con el poder de decisión suficiente para aplicar medidas correctivas. El responsable de la vigilancia debe conocer la técnica de monitoreo de cada medida preventiva, entender la importancia del monitoreo, completar las planillas de registro y firmarlas.

En el caso que la vigilancia no sea continua, su frecuencia debe ser programada de modo de garantizar que el PCC esté bajo control y disminuir al mínimo el riesgo. En todos los casos, deben existir planes que contengan frecuencias y métodos de observación.

La mayoría de los procedimientos de vigilancia de los PCC, deben efectuarse con rapidez, porque se refieren a procesos continuos y no hay tiempo para realizar análisis prolongados. Frecuentemente se prefieren mediciones físicas y químicas dado que funcionan como indicadores del estado microbiológico del producto.

En este principio es recomendable que la persona que realice la vigilancia y el encargado del examen firme todos los registros y documentos relacionados con la vigilancia de los PCC. Asimismo, estos registros y documentos se utilizan para cumplir con principio 6 y 7 referidos a la verificación y el establecimiento de registros y documentos, respectivamente.

QUINTO PRINCIPIO

- Establecer las medidas correctivas que habrán de adoptarse cuando la vigilancia o el monitoreo indiquen que un determinado PPC no está bajo control o que existe una desviación de un límite crítico establecido

Establecer las medidas correctivas que habrán de adoptarse cuando la vigilancia o el monitoreo indiquen que un determinado PCC no está bajo control o que existe una desviación de un límite crítico establecido. Con el fin de corregir las desviaciones que pueden producirse debe formularse un plan de medidas correctivas específicas para cada PCC del programa HACCP.

Las medidas correctivas deben aplicarse cuando los resultados de la vigilancia indican una tendencia hacia la pérdida de control en un PCC y deben ser dirigidas a restablecer el control del proceso antes que la desviación dé lugar a una **pérdida de la inocuidad**.

Estas medidas se refieren a los procedimientos que deben realizarse sobre el proceso y al destino de los productos afectados por la desviación. Las mencionadas medidas deben estar claramente definidas previamente y la responsabilidad de aplicarlas debe recaer en un responsable que conozca el proceso y comprenda acabadamente el sistema HACCP.

Cuando indefectiblemente se produce una desviación de los límites críticos establecidos, los planes de medidas correctivas deben corresponderse con:

- tener definido con antelación cuál será el destino del producto rechazado
- corregir la causa del rechazo para tener nuevamente bajo control el PCC
- llevar el registro de medidas correctivas que se han tomado ante una desviación del PCC.

Este principio también debe ser documentado. El registro de las desviaciones en planillas u hojas de control en las que se identifiquen los PCC y las medidas correctivas es lo que permite tener la documentación adecuada cuando se presenta una situación similar. Asimismo es recomendable archivar, por el plazo que se considere adecuado, la documentación como parte de los registros dispuestos en el principio 7.

SEXTO PRINCIPIO

- Establecer procedimientos de verificación, incluidos ensayos y procedimientos complementarios para comprobar que el sistema HACCP está trabajando adecuadamente.

Se pueden utilizar métodos, procedimientos y ensayos de vigilancia y comprobación, incluidos el muestreo aleatorio y el análisis. La frecuencia de la verificación debe adecuarse a la dinámica del sistema de producción.

Como actividades de verificación se pueden mencionar:

- La verificación de los programas de prerrequisitos

Los procedimientos de verificación de HACCP para los programas de prerrequisitos son bastante simples; por ejemplo, desde el punto de vista del plan HACCP, la verificación de las premisas relacionadas con los programas de prerrequisitos pueden simplemente significar la realización de una revisión periódica (por ejemplo, anual) de los procedimientos escritos y los informes de auditoría de los sistemas de calidad, para asegurar que los programas están operando de manera que no se requiera un cambio en los actuales análisis de riesgos o en el plan HACCP.⁹

- La verificación de los PCCs

La verificación de los PCCs involucra la evaluación del cumplimiento, día a día, de las actividades indicadas en cada PCC para determinar si estos cumplen con lo que se sugiere y/o específica en el plan HACCP. Estas actividades de verificación son desarrolladas por el grupo encargado del HACCP y, por lo general, las realiza la jefatura del establecimiento u otro personal especialmente calificado.

- La verificación del plan HACCP

Además de la verificación durante la operación, asociada con las revisiones de los registros de los PCCs, tiene que existir una verificación periódica para asegurar que la implementación del plan HACCP cumple con el plan HACCP escrito.

SEPTIMO PRINCIPIO

- Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados a los principios HACCP y a su aplicación.

Para aplicar el programa HACCP es fundamental contar con un sistema de registro eficiente y preciso. Esto considera la elaboración de un manual que incluya la documentación sobre todos los procedimientos del programa.

Así, pueden llevarse registros de:

- Responsabilidades del equipo HACCP
- Modificaciones introducidas al Programa HACCP

- Descripción del producto a lo largo del procesamiento
- Uso del producto
- Diagrama de flujo con PCC indicados
- Peligros y medidas preventivas para cada PCC
- Límites críticos y desviaciones
- Acciones correctivas

De lo descrito hasta este punto se deduce que la clave para el buen funcionamiento de un sistema HACCP es el **personal**. La concientización de cada uno de los empleados en la línea de producción, así como de las personas responsables del mantenimiento, la provisión de insumos y el despacho de productos es un elemento indispensable.

Cada involucrado debe tener pleno conocimiento de la importancia que tiene su rol en la producción y en la prevención. También, es importante que en cada uno de los eslabones de la cadena agroalimentaria las personas estén comprometidas en el objetivo de producir un alimento inocuo, desde las primeras etapas.

3. Aplicación de HACCP en la Industria Cárnica

Como ya se mencionó en el Origen de HACCP en la Industria Cárnica, en el segundo semestre de 1996, el gobierno de EUA aprobó la ley conocida como Ley de Reducción de Patógenos y HACCP que obliga a la adopción del sistema HACCP para la industria cárnica y también se aplicará a todas las plantas extranjeras que exporten productos a EUA, lo cual es de especial interés para la industria de la carne mexicana, en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, dicha ley tiene cuatro elementos principales:

1. Requiere que cada establecimiento desarrolle e implemente procedimientos escritos de sanitización (conocidos como POES).
2. Requiere muestreos microbiológicos regulares en los establecimientos de sacrificio para verificar lo adecuado de los procesos de control para la prevención y remoción de contaminación fecal y bacterias asociadas.
3. Deben establecerse estándares para la reducción de patógenos, específicamente para *Salmonella* y *E. coli*, en los rastros y en los establecimientos productores de carne molida.
4. Requiere que todos los establecimientos que procesen carne o aves, desarrollen e implementen un sistema de controles preventivos, diseñado para asegurar la inocuidad de sus productos, es decir, HACCP.

En años recientes, en EUA han aparecido publicaciones que presentan modelos HACCP genéricos para sacrificio de bovinos, porcinos y aves, además de otras categorías de proceso. Dichos modelos son sólo la base teórica para la aplicación de los planes HACCP particulares en rastros específicos, es decir, el plan de un establecimiento no debe ser aplicado de manera idéntica en otro.

En la Republica Mexicana, la Secretaria de Salud ha publicado el *Manual de aplicación del análisis de riesgos, identificación y control del Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos* en NOM-128-SSA1-1994. Aplicación de un Sistema de Procesadora de Productos de la Pesca, entre otros, pero aún no es obligatorio en México.

La obligatoriedad que representa la normatividad (ya sea nacional o internacional) no es suficiente para que un sistema como HACCP sea exitoso en la industria de la carne, se requiere además de un cambio de actitud por parte de cada uno de los implicados, respecto a la gran trascendencia que tiene la inocuidad de la carne como producto o como materia prima.

Los países de la Unión Europea también han adaptado el enfoque HACCP en la gestión de los alimentos de origen animal (carnes y productos cárnicos, carnes de ave y productos avícolas) ¹. Las modernas políticas de inocuidad de alimentos entregan al establecimiento faenador o procesador, la *responsabilidad* sobre la calidad higiénico-sanitaria del producto que elabora, sea éste una canal, un corte o un producto con mayor elaboración como puede ser una hamburguesa o un producto listo para consumir como las cecinas. Lo anterior crea las condiciones para que el establecimiento elaborador se *comprometa* con las características de calidad de su o sus productos, incluyendo elementos de calidad nutricional, organoléptica y, fundamentalmente, de inocuidad.

En general, tanto la Unión Europea como la normativa norteamericana (EUA y Canadá), han definido en sus regulaciones (Directivas 64/433/CEE y 71/118/CEE, para la UE; CFR 9, Partes 381; 416; 417 y 500, para EUA), que los establecimientos faenadores deberán implementar un conjunto de procedimientos

operacionales de aseo de sus construcciones, equipos y utensilios; buenas prácticas higiénicas de faena; sistemas de sanitización de las superficies que tienen contacto directo e indirecto con el producto, y elaboración de planes HACCP para la faena y el proceso de los productos. La normativa norteamericana incluye el uso de soluciones de ácidos orgánicos, vapor o agua caliente, o soluciones de agua clorada, con las cuales se intervienen las canales para disminuir sus cargas microbiológicas.

Todos los procedimientos que elaboren las plantas deberán estar validados y debidamente documentados. Además, todas sus actividades, resultados y medidas correctivas, deberán estar descritas en un documento (Plan HACCP), y deberán contar con un sistema de registro de las actividades.

3.1 Sistemas de Inspección de Carnes Basados en el Riesgo

Las necesarias adaptaciones que están experimentando los sistemas de inspección de carnes apuntan, prioritariamente, a la protección de la salud pública. Existe un acuerdo generalizado respecto de la necesidad de prestar una especial atención a los peligros microbiológicos derivados de la contaminación de la carne por agentes patógenos entéricos, ya que se ha constatado un incremento del predominio de dicho peligro. De los casos reportados en Europa y Norteamérica, se deduce que este peligro supone una clara amenaza a la salud pública.

Por otra parte, el actual sistema organoléptico de inspección de carnes se ha visto desfasado y se le acusa de mantener una serie de técnicas de inspección no adecuadas a los peligros para las que fueron creadas originalmente; además no se basan en el riesgo. Las actuales políticas de inocuidad de carnes proponen 2 tipos de acciones:

- desarrollar una estrategia que asegure el incremento de la seguridad alimentaria a través de la reducción de los peligros microbiológicos;
- realizar una profunda reevaluación de los métodos clásicos de inspección de carnes para determinar si puede existir cambios o mejora en ellos.

En la carne, además de los peligros microbiológicos no visibles, también existen otros peligros invisibles de tipo químico, para los cuales, la Directiva de la Unión Europea 96/23/CEE (Norma de Residuos) y la Normatividad Mexicana, establece las medidas para su control. En muchos casos se ha desarrollado una evaluación de este peligro mediante el establecimiento del Límite Máximo de Residuos (LMR) en los medicamentos veterinarios y de la Ingesta Diaria Aceptable (IDA) para aditivos y otro tipo de contaminantes químicos. (Ver Módulo de BPM, Residuos Tóxicos).

3.2 Identificación del Peligro Microbiológico

La presencia de agentes patógenos en la carne y de las zoonosis asociadas a éstos está bien documentada, tanto por la literatura científica ya existente como por la publicación de estadísticas oficiales de brotes de enfermedades alimentarias.^{5,4} En relación con la contaminación fecal, existe amplia información que demuestra la naturaleza de este peligro en EUA y la Unión Europea, lamentablemente en México no existen estadísticas de esta índole.⁴

Con la información disponible para el establecimiento, producto de revisiones de literatura y de muestreos de su producción, se pueden definir las opciones de gestión para reducir el riesgo de contaminación de la carne por microorganismos entéricos. En síntesis éstas son:

- Definir las medidas *preventivas* que el establecimiento concretará para evitar o disminuir las probabilidades de que se produzca contaminación fecal de las canales; ello es posible con un programa de Buenas Prácticas de Manufactura.
- Exigir que el establecimiento utilice un plan HACCP, que le permita identificar fundamentadamente los peligros que pueden estar presentes durante el proceso de faena, corte o posterior elaboración. Que defina los puntos del proceso donde se puede controlar el o los peligros previamente identificados.

Las medidas indicadas anteriormente son de práctica corriente en algunos rastros; sin embargo, en la actualidad están en boga los enfoques *De la Granja a la Mesa*. Ello significa que los controles deben comenzar en la producción primaria.

Las medidas de control deben llegar hasta el momento en que los productos son preparados para el consumo final, tanto en el hogar como en el comedor o restaurante en que se consuman. En este nivel es fundamental manejar el concepto de *contaminación cruzada* y el de la *temperatura de cocción*. Normalmente, la cocción destruye los microorganismos presentes, pero si el operador responsable no toma las debidas medidas higiénicas preventivas, se puede producir una recontaminación del producto al momento de su consumo.

En México, actualmente existe únicamente la **Norma Oficial Mexicana NOM-128-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Que Establece la Aplicación de un Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos en la Planta Industrial Procesadora de Productos De la Pesca**, en donde, como dice su nombre se establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca del país con las siguientes ventajas:

- a) Permite identificar riesgos específicos y tomar medidas preventivas para su control, con el fin de garantizar la calidad sanitaria de los alimentos.
- b) Es un instrumento para evaluar los riesgos y establecer los sistemas de control que se orienten hacia medidas preventivas en lugar de basarse principalmente en el análisis del producto final que muchas veces conlleva a pérdidas o rechazos sensibles para la industria.
- c) Es capaz de adaptarse a los cambios en la tecnología, como el diseño del equipo o en los procedimientos de elaboración de los nuevos productos.
- d) Puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el productor primario hasta el consumidor.
- e) Ofrece una respuesta más oportuna a los posibles problemas que se presenten, además de retroalimentarse con los comentarios y quejas de los consumidores.
- f) Finalmente es el método utilizado y reconocido a nivel internacional para controlar la calidad sanitaria de los alimentos en el marco de tales sistemas.

Dado que actualmente existe solamente esta norma en México relacionada con HACCP, se explicará más a profundidad cuales son las políticas de Inocuidad y las organizaciones encargadas de su vigilancia en EUA.

3.3 CFR

La Reglamentación de ese país que se encuentra en el denominado 9 CFR ^{5,6}(libro 9 del Código del Registro Federal) [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_00/9cfrv1_00.html] define en cuatro secciones las actividades relacionadas con la inocuidad de los productos cárnicos:

1) Sección 381: Inspección de Productos Cárnicos

Esta sección todavía mantiene gran parte de las actividades tradicionales de inspección, como las inspecciones ante y post-mortem. Define un término que se utiliza frecuentemente en el léxico de inspección del FSIS: *producto adulterado*. Un producto se considera adulterado cuando contiene cualquier sustancia que lo altere, sea ésta de naturaleza química o de otro tipo, que lo contamine y lo haga peligroso para la salud del consumidor. También se aplica este concepto a los productos que en forma maliciosa han sido modificados para aumentar su peso o volumen, así como cuando por malas prácticas de elaboración han sido contaminados o cuando se entrega información falsa en el etiquetado.

Al mencionar contaminación de tipo químico, esta regulación expresamente cita productos como los pesticidas, colorantes y aditivos alimenticios. (Ver Módulo de BPM, Subtema Residuos Tóxicos).

Otros ejemplos de adulteración se refieren a productos que estén parcial o totalmente sucios, descompuestos -incluso podridos- o que presenten cualquier alteración que los haga insalubres o no aptos para el consumo público; o también, si el producto proviene de porcinos lastimados o ha sido envasado en condiciones que afecten la salubridad de la carne.

En el sistema de inspección del FSIS, en que gran parte de las actividades de la planta faenadora son verificadas por el equipo de calidad de la empresa, se distinguen dos tipos de situaciones que tienen que ver con faltas o deficiencias:

- el *incumplimiento*, que es el no cumplimiento de un precepto legal o reglamentario que se detecta como consecuencia de la actividad de inspección;
- la *desviación*, situación que se produce cuando no se cumplen los límites críticos definidos en el plan HACCP de la empresa para un punto crítico de control.

2) Sección 416: Medidas Higiénicas y de Aseo

Bajo esta sección se incluyen todas las actividades que de alguna forma tienen relación con aspectos ambientales como: el lugar donde se ubica la planta; las construcciones incluyendo muros, pisos, ventanas, puertas y los materiales que se utilicen en la construcción; la iluminación; la ventilación del edificio; todo el sistema de plomería; el sistema de alcantarillado; el agua y hielo que se puede emplear; agua que es reutilizada; ¹¹los lockers, vestuarios y servicios higiénicos del personal; la higiene del personal y de su ropa de trabajo; la salud de los empleados; el control de plagas y vectores, y los equipos y utensilios de trabajo.

De acuerdo a lo establecido en la sesión 416.6, cuando un inspector del FSIS encuentra que algún equipo, utensilio, sala de trabajo u otra estructura de la planta o el personal no se encuentran en condiciones higiénicas o de aseo, tiene la atribución de colocar una tarjeta con la leyenda “Rechazado – U. S.”. Esto significa que la parte observada con la tarjeta no puede operar mientras no se ha corregido la deficiencia que motivó su presencia. Solamente personal de inspección del FSIS puede retirar la tarjeta.

El FSIS ha definido un procedimiento de inspección para los temas contemplados en la sección 416, denominado *Estándares de Desempeño Higiénico* (Sanitation Performance Standard, SPS), el cual se define como el conjunto de resultados que debe alcanzar la planta desde el punto de vista de limpieza e higiene. Estos resultados son exigidos por la reglamentación, pero los métodos para alcanzarlos son definidos por el establecimiento. (Ver Módulo de BPM, subtemas POES).

Un importante requisito reglamentario está definido en la sección 416.11, y exige a los establecimientos desarrollar *Procedimientos Operacionales Estandarizados de Sanitización* (POES y en inglés, Sanitation Standard Operation Procedures (SSOP)). Éstos deben describir documentadamente todas las actividades de limpieza que el establecimiento efectúe diariamente antes (aseo pre-operacional) y durante las operaciones (aseo operacional) diarias de faena o procesamiento, para mantener las condiciones de higiene que eviten o prevengan la contaminación o adulteración del producto.

Los POES con siglas en inglés (Ver Módulo de BPM, subtema POES) deben estar definidos en un manual que debe contemplar su implementación, mantenimiento, las acciones correctivas cuando se producen desviaciones del proceso y los sistemas de registro de las actividades de limpieza. El manual POES debe estar firmado y actualizado por un funcionario que cuente con autoridad y respaldado por la gerencia de la planta.

El FSIS *verifica* que los procedimientos sean adecuados y efectivos (416.17) y cumplan lo definido en la reglamentación. El proceso de verificación incluye:

Revisión de los POES.

- Revisión de los registros diarios de implementación de los POES y las acciones correctivas que se hayan tomado o que se determine que deben tomarse.
- Observación directa de cómo se ejecutan los POES incluyendo las acciones correctivas.
- Observación directa para estimar o evaluar las condiciones higiénicas del establecimiento.
- El FSIS fiscaliza el cumplimiento de ambos grupos de requisitos reglamentarios (SPS y SSOP).

3) Sección 417: Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)

Esta sección cubre las exigencias que el sistema FSIS de inspección ha establecido en relación a que las plantas implementen planes HACCP. En este contexto, todos los establecimientos deberán efectuar análisis de riesgo para determinar la probabilidad de que determinados peligros biológicos, físicos o químicos puedan estar presentes durante el proceso de faenamiento, o posterior elaboración, e identificar las medidas preventivas para controlar dichos peligros. El análisis de peligros debe incluir todos los peligros para la inocuidad del alimento que puedan presentarse antes, durante y después que el producto haya sido elaborado. Se entiende por *peligro que tiene una probabilidad razonable de ocurrir*, aquel para el cual, un establecimiento cauto y responsable establece controles, debido a que existen antecedentes históricos de ocurrencia, o porque hay publicaciones que indican que en determinado tipo de producto hay mayor probabilidad de que éstos se produzcan si no hay algún tipo efectivo de control.

Esta regulación entrega una serie de definiciones, como la de *Puntos Críticos de Control (PCC)*, que se refiere al punto, paso o procedimiento en un proceso de elaboración de alimentos en el cual, mediante un proceso de control, se puede prevenir o eliminar un peligro de inocuidad, o bien reducirlo a un nivel aceptable para la salud del consumidor.

A pesar de que la metodología HACCP deja a las plantas la responsabilidad de definir los Puntos Críticos de Control, debido a que el FSIS ha definido una *política de tolerancia 0 para la presencia de contaminación fecal visible*, las plantas deben colocar lo que se define como un PCC regulatorio para verificar que se cumpla esta política.

El establecimiento debe preparar un diagrama de flujo de su proceso destacando cada paso operacional que pueda identificarse en el mismo, y debe describirse el producto resultante del proceso de elaboración e identificar el uso que se dará al producto y a qué estrato de consumidores está dirigido.

Cada establecimiento debe elaborar en forma escrita un *Plan HACCP* (417.2), para los siguientes tipos de producto:

- faena: todas las especies;
- productos crudos: molidos y no molidos;
- productos procesados térmicamente: comercialmente estériles;

- productos sin tratamiento térmico: estables en vitrina de venta;
- productos con tratamiento térmico: estables en vitrina de venta;
- productos totalmente cocidos: no estables en vitrina de venta;
- productos con tratamiento térmico pero no totalmente cocidos: no estables en vitrina de venta;
- productos con inhibidores secundarios: no estables en vitrina de venta.

El plan HACCP debe contar, al menos, con los siguientes elementos:

- lista de los peligros (biológicos, físicos y químicos) que se pueden identificar en cada paso del proceso de faena o elaboración;
- lista de los PCC para cada uno de los peligros de inocuidad previamente identificados;
- límites críticos definidos para cada PCC;
- descripciones y frecuencias de aplicación de los procedimientos que la planta haya definido para monitorear los PCC;
- todas las acciones correctivas que se hayan definido para enmendar las desviaciones de un límite crítico en un PCC;
- implementar un sistema de registro que permita documentar los resultados del monitoreo de los PCC;
- definir procedimientos de verificación y la frecuencia con que éstos se efectúan.

La sección 417.3, establece que *las acciones correctivas* deben estar definidas en forma tal que cumplan las siguientes condiciones:

- la causa que produjo la desviación ha sido identificada y eliminada;
- el PCC quedó nuevamente bajo control una vez que se ejecutó la acción correctiva;
- se tomaron medidas para evitar que se repita la desviación del límite crítico;
- ningún producto que presente algún riesgo para la salud pública como resultado de la desviación del límite crítico, se distribuye al comercio.

4. Modelo HACCP general para el sacrificio de Porcinos por USDA

El Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos (FSIS) publicó un reglamento final en julio de 1996 que exige la implementación del sistema HACCP, como el sistema de control del proceso en todas las plantas procesadoras de carnes y aves sujetas a inspección en EUA. Como parte de sus esfuerzos para ayudar a los establecimientos en la preparación de planes HACCP específicos a cada planta, el FSIS determinó que estaría disponible un modelo general para cada proceso definido en el reglamento para ser usado de manera voluntaria, por los establecimientos sujetos a la inspección.³

Cada modelo general puede ser utilizado como el punto inicial de partida para la elaboración de un plan o planes específicos a cada planta, que reflejen los ambientes y procesos ejecutados, en la actualidad, en la planta. El modelo general no está diseñado con la finalidad de ser usado “tal cual como está” por las plantas, es decir, no es un sustituto del plan HACCP específico de cada planta. Los modelos generales están diseñados para ser usados conjuntamente con la lista de categorías de procesos que se encuentra en los reglamentos del sistema HACCP, en la sección 417.2 (b)(1). Se sugiere consultar el link: <http://www.fsis.usda.gov/index.htm>

Este modelo general está diseñado para ser usado por establecimientos dedicados al sacrificio de animales. La finalidad de este modelo es que pueda ser usado por todos los establecimientos que se dedican al sacrificio de animales, en este caso, específicamente a cerdos. Cabe mencionar que este modelo general no es adecuado que se emplee en cualquier otra de las categorías de procesos ya que está enfocado solamente al sacrificio y no a la elaboración de productos cárnicos.

Este modelo será más beneficioso para un equipo HACCP de un rastro que cuente con personal capacitado, esto se menciona en la sección 417.7(b) dentro del Modelo General.

(b) La persona que ejecute las funciones enumeradas en el párrafo (a) de esta sección deberá haber completado exitosamente un curso de instrucción en la aplicación de los siete principios del sistema HACCP al procesamiento de productos cárnicos o avícolas, que incluya un segmento sobre la elaboración de un plan HACCP para un producto específico y sobre la revisión de registros.

De acuerdo al Modelo se sugiere que otros miembros del equipo de HACCP conozcan las guías disponibles sobre cómo elaborar un plan HACCP, estos materiales incluyen vídeos, manuales o programas de computadora, revistas, etc.

Nota: Este modelo general incluye un número de formularios que pueden ser utilizados para anotar varios tipos de información requerida. Los formularios en sí, son sólo muestras; el equipo HACCP de una compañía puede elaborar formularios que considere más útiles. Todos los formularios mencionados en

este documento están incluidos en el Apéndice B; éstos aparecen en el orden en que son discutidos en el texto.

Todos los modelos generales del FSIS están diseñados para ayudar a los establecimientos a aplicar los siete principios del HACCP a sus operaciones de procesamiento de productos cárnicos y avícolas Y para cumplir con los requisitos reglamentarios de la Parte 417 del reglamento federal correspondiente. Por lo tanto, las definiciones utilizadas en éste y todos los otros modelos generales del FSIS son aquellas encontradas en la sección 417.1

Este modelo general está diseñado para ser usado con la primera categoría de procesos: Sacrificio (mataderos). Este material está disponible en la página Web inicial del FSIS y en este Diplomado:

<http://www.fsis.usda.gov/index.htm>

5. Beneficios de la Implementación de HACCP

Los beneficios de la implementación de un sistema HACCP son consecuencia del aseguramiento de la inocuidad de los alimentos producidos.^{7,11} Un primer efecto se observa en la reducción de los costos por daños a los consumidores. En segundo término y desde el punto de vista comercial, se cuenta con una herramienta de marketing que puede utilizarse para mejorar el posicionamiento de la empresa en el mercado. Y en tercer lugar, se logra mejorar el funcionamiento de la empresa. Finalmente, tras la implementación de un sistema HACCP la empresa está en condiciones de brindar respuestas oportunas a los cambios en las necesidades de los consumidores. De esta manera, se logra acceder a un ciclo de mejora continua que ubica a la empresa en una posición de privilegio.

Ventajas que ofrecen la implementación de HACCP:

- Identifica y evalúa peligros y riesgos específicos
- Establece controles orientados a la prevención
- Analiza el todo: materias primas, subproductos, procesos, manejo, instalaciones, operarios
- Facilita la inspección sanitaria
- El establecimiento se autoinspecciona
- Mejor aprovechamiento de los recursos disponibles
- Fomenta el comercio
- Es compatible con sistemas de control de calidad
- Es norma de importación-exportación de diversos países

Quando se utilizan técnicas convencionales de inspección, la autoridad sólo determina las condiciones durante el tiempo de inspección, mientras que al adoptarse el sistema HACCP se pueden tomar en cuenta el presente y el pasado mediante el acceso a los registros de monitoreo de los puntos críticos de control.

Lo anterior se traduce en el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, una respuesta más oportuna a los problemas y en el fomento del comercio, tanto nacional como internacional, al aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos.

Por otra parte, HACCP es compatible con la aplicación de sistemas de gestión de la calidad, como el ISO 9000:2000, y es el método utilizado para controlar la inocuidad de los alimentos en el marco de tales sistemas, además de ser norma en diversos países como requisito de exportación-importación.

Si desea obtener más información sobre sanidad de los alimentos y los sistemas HACCP, consulte en Internet el siguiente sitio:

FAO: www.fao.org/es/ESN/food/foodquality_haccp_es.stm (Español, inglés y francés)

6. ISO 22000

El incremento en la demanda de Seguridad Alimentaria por parte de los consumidores, ha conducido a muchas compañías a desarrollar un Sistema de Gestión basado en el Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (HACCP, con siglas en inglés). En el año 2001, ISO inició el desarrollo de un estándar auditable, el cual afianza aún más el papel del HACCP en los Sistemas de Seguridad Alimentaria y finaliza con la publicación de la nueva Norma ISO 22000 La Norma ISO 22000 define los requisitos relativos a la Gestión de la Seguridad Alimentaria para las compañías con necesidad de alcanzar unos niveles de Seguridad que se sitúan por encima de las exigencias legislativas. Se trata de un estándar que armoniza las necesidades del mercado y de los consumidores. La norma agiliza y simplifica los procesos, sin necesidad de poner en funcionamiento sistemas de gestión adicionales.

ISO-22000 es una norma para desarrollar e implantar Sistemas de Gestión de Seguridad Alimentaria, cuya intención final es conseguir una armonización internacional en las muchas normas existentes y ser

una herramienta para lograr mejora continua de la seguridad alimentaria a lo largo de la cadena del suministro de los productos alimenticios, pudiendo ser usada por todas las organizaciones involucradas con la seguridad alimentaria en dicha cadena.

ISO 22000 establece un estándar de Seguridad Alimentaria armonizado y aceptado en todo el mundo. Mediante la integración de múltiples principios, metodologías y aplicaciones, ISO 22000 resulta de fácil comprensión, aplicación y reconocimiento. Esto hace que sea una herramienta más eficiente y efectiva, para la entrada en mercados internacionales, que las anteriores combinaciones de estándares nacionales.

ISO 22000 especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de la Seguridad Alimentaria, mediante la combinación de los elementos claves para garantizar la seguridad de los alimentos a lo largo de toda la cadena de producción hasta llegar al consumidor final:

- Proporciona comunicación interactiva a lo largo de toda la cadena de suministro a nivel internacional.
- Cumple con los principios del APPCC – Análisis de peligros, Identificación de Puntos de Control Crítico (PCC's), Establecimiento de Límites Críticos, Vigilancia de los PCC's, Establecimiento de Acciones Correctivas, Mantenimiento de Registros, Verificación del Sistema.
- Armoniza los diferentes estándares voluntarios y obligatorios.
- Está diseñada con la estructura de ISO 9001:2000.
- Es un Sistema de Gestión.
- Implica el Control de Proceso

Entre los objetivos que se persiguen con la nueva norma podemos destacar,

- reforzar la seguridad alimentaria
- fomentar la cooperación entre las industrias agroalimentarias, los gobiernos nacionales y organismos transnacionales
- asegurar la protección del consumidor y fortalecer su confianza
- establecer requisitos de referencia “elementos claves” para los sistemas de seguridad alimentaria
- mejorar el rendimiento de los costes a lo largo de la cadena de suministro alimentaria

ISO 22000 recoge los “elementos claves” que cubren por completo los requisitos de seguridad alimentaria, constituyendo la base de cualquier norma de seguridad alimentaria aprobada, estos requisitos que en ningún momento pretenden sustituir los requisitos legales y reglamentarios son:

- Requisitos para desarrollar un Sistema HACCP de acuerdo a los principios HACCP enunciados en el Codex Alimentarius
- Requisitos para Buenas Prácticas de Manufactura ó programa de prerrequisitos
- Requisitos para un Sistema de Gestión

Al igual que ocurre con otras Normas Internacionales todos los requisitos de la norma ISO 22000 son genéricos para así ser aplicables a todas las organizaciones que operan dentro de la cadena de suministro alimentario, para permitirles diseñar e implantar un sistema de gestión de seguridad alimentaria eficaz, independientemente del tipo, tamaño y producto.

Incluyendo tal y como especifica la norma en su “Ámbito de aplicación” a todas aquellas organizaciones directamente involucradas en uno o más pasos de la cadena alimenticia de suministro alimentario como productores de piensos, agricultores, ganaderos, productores de materias primas y aditivos para uso alimentario, fabricantes de productos alimentarios, cadenas de distribución, organizaciones que proporcionan servicios de limpieza, transporte, almacenamiento y distribución de productos alimentarios y otras organizaciones indirectamente involucrado con la cadena alimenticia como proveedores de equipamientos, agentes de limpieza, material de envase y embalaje y productores de cualquier otro material que entre en contacto con los alimentos.

6.1 Contenido de la Norma ISO 22000

En cuanto a contenidos la norma ISO 22000 tendrá 3 partes claramente diferenciadas.

INTRODUCCION

Donde identifica los elementos importantes, para asegurar la seguridad alimentaria a lo largo de la cadena alimenticia, hasta el punto final de consumo, a saber:

- comunicación interactiva;
- sistema de gestión;
- programas de pre-requisitos;
- principios HACCP.

Con el objetivo de armonizar los requisitos para la gestión de la seguridad alimentaria para cuestiones dentro de la cadena alimenticia a nivel global y de exigir a las organizaciones cumplir cualquier requisito de seguridad alimentaria aplicable relacionado con los requisitos legales y reglamentarios a través de su sistema de gestión de la seguridad alimentaria. Siendo diseñada para su uso por parte de organizaciones que buscan sistema de gestión de la seguridad alimentaria más enfocado, coherente e integrado que el que normalmente se requiere por ley.

REQUISITOS DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD ALIMENTARIA PARA CUALQUIER ORGANIZACIÓN EN LA CADENA ALIMENTARIA

Establecidos en 8 capítulos principales, alineados con los ya definidos en las normas ISO 9001 y ISO 14001. Estos son:

- El ámbito,
- las referencias,
- términos y definiciones,
- Sistema de gestión de seguridad alimentaria,
- la responsabilidad de la dirección,
- la gestión de recursos, la realización de productos seguros y
- la medida, análisis y actualización del sistema.

Hay también 3 anexos que permitirán a una organización, de acuerdo a lo establecido en la propia norma en su "Ámbito de aplicación"

- planificar, diseñar, implementar, operar, mantener y mantener actualizado un sistema de gestión de seguridad alimentaria que proporcione productos finales acordes a su uso intencionado que aseguren que los alimentos sean seguros para el usuario final cuando sean consumidos
- identificar y evaluar los requisitos del cliente y demostrar la conformidad con los requisitos acordados mutuamente relacionados con la seguridad alimentaria,
- demostrar la comunicación eficaz con los clientes y otras partes interesadas a lo largo de la cadena alimenticia
- demostrar la conformidad con los requisitos legales y reglamentarios aplicables en relación a la seguridad alimentaria,
- asegurar que cumple con su política de seguridad alimentaria declarada,
- demostrar dicho cumplimiento a otras partes interesadas, y
- buscar la certificación de su sistema de gestión de seguridad alimentaria por una organización externa.

ANEXOS

Anexo A (informativo) Correspondencia entre los requisitos de ISO 22000 y los requisitos de ISO 9001.2000

Anexo B (informativo) Correspondencia entre los requisitos de ISO 22000 y los Principios APPCC y las directrices para su aplicación ISO 9001.2000

Anexo C (informativo) Referencias del Codex suministrando ejemplos de medidas de control, incluyendo programas de prerrequisitos y una guía para su selección y uso.

7. Glosario

Acción Correctiva: Los procedimientos que se deben implementar cuando se produce una desviación.⁹

Alimento inocuo: ausente de alteración, cuando ésta sea nociva para la salud, o bien reduzca el valor nutritivo del producto, pero también cuando el grado de alteración haya modificado las propiedades físico-químicas por encima de lo autorizado.

Contaminación: introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para provocar daños, irreversibles o no, en el medio inicial.

Contaminación física: se basa en la posibilidad de que cuerpos extraños puedan ser incorporados en forma involuntaria en los diferentes procesos.

Contaminación química: se basa en la posibilidad de que contaminantes como detergentes, desinfectantes, pesticidas o fármacos como antibióticos, corticoides, entre otros, puedan ser incorporados en forma involuntaria en los diferentes procesos.

Contaminación biológica: los peligros biológicos ofrecen el máximo peligro inmediato para el consumidor, debido a su capacidad de producir toxiinfecciones alimentarias, se basan en la posibilidad de la existencia de organismos que puedan alterar la carne de cerdo o bien causar enfermedades al hombre, estos organismos son: *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, *Campylobacter sp*, *Staphylococcus aureus*, etc.

Control: (a) Manejo de las condiciones de un proceso para cumplir con los criterios establecidos. (b) La condición en la cual se realizan los procedimientos establecidos y se cumplen los criterios fijados.⁹

Criterio: El requisito sobre el cual se basa una opinión o decisión.⁹

Equipo HACCP: El grupo de personas responsables de desarrollar, implementar y cumplir con el sistema HACCP.⁹

Inocuo: que no este contaminado, alterado o adulterado, en este sentido que no represente un riesgo para el consumidor.

Peligro: agente biológico, químico o físico que potencialmente puede causar un efecto adverso a la salud.

Los peligros que pueden afectar la salud del consumidor por la ingesta de alimentos pueden ser biológicos (bacterias y/o sus toxinas, parásitos, virus, hongos y/o sus toxinas, etc.), químicos (restos de plaguicidas, lubricantes no sanitarios, etc.) y de tipo físico (pelo, hilos, residuos de acero, etc.). En el campo biológico, peligro significa el desarrollo, la supervivencia o contaminación con microorganismos no aceptables desde el punto de vista de la inocuidad (seguridad) de los alimentos y/o la producción o permanencia, igualmente inaceptable de productos del metabolismo microbiano (por ej., toxinas, histamina, enzimas) en el alimento.

Plan HACCP: El documento escrito, basado en los principios HACCP, que describe los procedimientos que se deben realizar.⁹

Sistema HACCP: El resultado de la implementación del Plan HACCP.⁹

Validación: Parte de la verificación en la que se recopila y evalúa la información científica y técnica para determinar si el plan HACCP (si está debidamente implementado) controla efectivamente los peligros.⁹

Verificación: Actividades distintas al monitoreo, que determinan la validez del plan HACCP y si el sistema está implementado de acuerdo a lo establecido en el plan.⁹

Ejercicios Interactivos

La utilización de una determinada tecnología y los recursos didácticos congruentes con los objetivos educativos que se persiguen y a las características de los estudiantes, la metodología y organización (forma de agrupamiento de los alumnos, estilo de trabajo...) serán responsables en gran medida de los resultados que se obtengan.

Con todo, y considerando que se hace es importante considerar:

Acceso a la información. Generalmente en formato multimedia e hipertextual, incluyendo gráficos dinámicos, simulaciones, entornos heurísticos de aprendizaje...

Fuente de recursos educativos. En los ejercicios interactivos resulta fácil la captura de los textos y los elementos multimedia, que pueden utilizarse para su resolución.

Interés. Motivación, La variedad y riqueza de los ejercicios son factores que resultan motivadores para los estudiantes

Prácticas de búsqueda y selección de información. La consulta proporciona experiencia en la búsqueda, valoración y selección de información.

Interacción. Continúa actividad intelectual. Los estudiantes están activos al responder y mantienen un alto grado de implicación en el trabajo.

Individualización. Los ejercicios obligan a que cada alumno busque y consulte en función de sus conocimientos previos y de sus intereses

Contacto con las nuevas tecnologías. Resolver ejercicios interactivos proporciona a los alumnos un contacto con las TIC que contribuye a facilitar la necesaria alfabetización tecnológica.

Constituyen un buen medio de investigación didáctica en el aula. Es un nuevo recurso educativo lleno de posibilidades

Tipos de ejercicios

En el diseño de ejercicios, se consideraron cinco tipos básicos:

- Los **rompecabezas** plantean la reconstrucción de una información que se presenta inicialmente desordenada. Esta información puede ser gráfica o textual, existiendo la posibilidad de combinar ambos aspectos.
- Las **asociaciones** pretenden que el usuario descubra las relaciones existentes entre dos conjuntos de información.
- Las **sopas de letras** y los **crucigramas** son variantes interactivas de los conocidos pasatiempos de palabras escondidas.

- Las **actividades de texto** plantean ejercicios basados siempre en palabras, frases, letras y párrafos de un texto que hay que completar, corregir u ordenar. Los textos pueden incluir también imágenes y ventanas con contenido multimedia.

Algunos de estos tipos presentan diversas modalidades, dando lugar a 17 posibilidades distintas:

TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Rompecabezas	Doble	Se muestran dos paneles. En uno aparece la información desordenada y el otro está vacío. Hay que reconstruir el objeto en el panel vacío arrastrando las piezas una por una.
Rompecabezas	Intercambio	En una única ventana se mezcla la información. En cada jugada se intercambia la posición de dos piezas hasta ordenar la totalidad del gráfico.
Rompecabezas	Agujero	En una única ventana se hace desaparecer una pieza y se mezclan las restantes. En cada jugada se puede desplazar una de las piezas que limitan con el agujero, hasta tenerlas todas en el orden original.
Rompecabezas	Memoria	Cada respuesta esta integrada por dos tarjetas que están escondidas dentro de la ventana del juego (pueden ser dos textos o texto y gráfico que se complementan). En cada jugada se destapan un par de piezas, que se vuelven a esconder si no son idénticas. El objetivo es localizar todas las parejas.

TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Normal	Se presentan dos conjuntos de información que tienen el mismo número de elementos. A cada elemento del conjunto gráfico corresponde sólo un elemento del conjunto texto.
Asociación	Compleja	También se presentan dos conjuntos de información, pero éstos pueden tener un número diferente de elementos y entre ellos se pueden dar diversos tipos de relación: Uno a uno, diversos a uno, elementos sin asignar...
Asociación	Identificación	Se presenta sólo un conjunto de información y hay que hacer clic en aquellos elementos que cumplan una determinada condición.
Asociación	Respuesta escrita	Se muestra un conjunto de información y, para cada uno de sus elementos, hay que escribir el texto correspondiente.

TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Sopa de letras	Normal	Hay que encontrar las palabras escondidas en una parrilla de letras. Las casillas neutras de la parrilla (aquellas que no pertenecen a ninguna palabra) se rellenan con caracteres seleccionados al azar en cada jugada.
Sopa de letras	Con contenido asociado	Lo mismo que en el caso anterior, pero ofreciendo la posibilidad de ir desvelando un elemento de un conjunto de información (texto o gráfico...) cada vez que se localiza una palabra nueva.
Crucigramas	Modalidad única	Hay que ir rellenoando el panel de palabras a partir de sus definiciones. Las definiciones pueden ser textuales, gráficas o sonoras. El programa muestra automáticamente las definiciones de las dos palabras que se cruzan en la posición donde se encuentre el cursor en cada momento.

TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Actividad de texto	Rellenar agujeros	En un texto se seleccionan determinadas palabras, letras y frases que se esconden. La resolución de cada uno de los elementos escondidos se plantea escribiendo en un espacio vacío, la palabra que previamente seleccionada de una lista ofrece la respuesta correcta.
Actividad de texto	Completar texto	En un texto se hacen desaparecer determinados elementos (letras, palabras, signos de puntuación, frases) y el usuario debe completarlo.
Actividad de texto	Identificar letras	El usuario debe señalar con un clic del ratón las letras, cifras, símbolos o signos de puntuación que cumplan una determinada condición.
Actividad de texto	Identificar palabras	Lo mismo que en el caso anterior, pero aquí cada clic sirve para señalar una palabra entera.
Actividad de texto	Ordenar palabras	En el momento de diseñar la actividad se seleccionan en el texto algunas palabras que se mezclarán entre sí. El usuario tiene que volver a ponerlas en orden.
Actividad de texto	Ordenar párrafos	Los párrafos marcados al diseñar la actividad se mezclarán entre sí y será preciso volverlos a poner en orden.

Evaluación de resultados

Cada ejercicio memoriza las acciones que el alumno realiza para resolver cada una de las actividades. El resultado se expresa mediante una variable numérica llamada **precisión**, que indica el porcentaje de aciertos en el total de acciones hechas. Una precisión del 100% indica que se ha resuelto la actividad en el número mínimo de acciones y sin ningún error. También existe un cronómetro que indica el tiempo utilizado en la resolución del ejercicio

Ejercicio Interactivo N°1		
Módulo 1. Introducción al Sistema TIF	1. Conceptos Básicos de Higiene Alimentaria	
Importancia de la alimentación adecuada para la salud y el desarrollo Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA's) Inspección Sanitaria		
CONCEPTOS BÁSICOS DE HIGIENE ALIMENTARIA		
Instrucciones. Relaciona correctamente la columna de la izquierda con el cuadro de la derecha, que le corresponda a cada término		
ALIMENTOS INOCUOS	GARANTIZAN QUE NO CAUSARÁN DAÑO AL CONSUMIDOR CUANDO EL MISMO SEA PREPARADO O INGERIDO, DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS HIGIÉNICOS SANITARIOS	
<i>ETA's Enfermedades Transmitidas por Alimentos</i>	SINDROMES ORIGINADOS POR LA INGESTIÓN DE ALIMENTOS O AGUA, QUE CONTIENE AGENTES ETIOLÓGICOS EN CANTIDADES TALES QUE AFECTAN LA SALUD DEL CONSUMIDOR A NIVEL INDIVIDUAL O GRUPOS DE POBLACIÓN	
<i>ETA's Enfermedades Transmitidas por Alimentos</i>	PUEDEN SER CAUSADAS POR PELIGROS MICROBIOLÓGICOS, FÍSICOS O QUÍMICOS, ASOCIADAS AL CONSUMO DE PELIGROS MICROBIOLÓGICOS	
ETA's POR MICROORGANISMOS	SALMONELOSIS, CAMPYLOBACTERIOSIS, ENFERMEDADES ENTEROHEMORRÁGICAS CAUSADAS POR E.coli 0157:H7 Y CÓLERA	
ETA's POR PELIGROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (POPs), METALES	
INSPECCIÓN SANITARIA	TIENE POR OBJETIVO PREVENIR AL CONSUMIDOR RIESGOS Y FRAUDES Y DEBE EFECTUARSE EN TODOS LOS NIVELES DE LA CADENA ALIMENTICIA	
	SU NATURALEZA GRADO DE RIESGO ES OBJETO DE UNA CANTIDAD CADA VEZ MAYOR DE INFORMACIÓN, SIN EMBARGO FALTAN DATOS ACERCA DE SU FRECUENCIA	
DISEÑO DEL EJERCICIO		
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Compleja	Se presentan dos conjuntos de información, con un número diferente de elementos, entre ellos se puede dar una relación uno a uno, sobrando uno de ellos

Ejercicio Interactivo N°2		
Módulo 1. Introducción al Sistema TIF	2.Sistema Tipo Inspección Federal	
SISTEMA TIPO INSPECCIÓN FEDERAL		
Instrucciones: Dentro del cuadro de la derecha, escribe una V si la cuestión es verdadera o una F si es falsa.		
1. TIF, es un sistema encaminado a <u>acreditar</u> los alimentos para ofrecer productos inocuos que ostentan la certificación TIF	F	
2. Las Normas Oficiales mexicanas a las cuales los establecimientos TIF se tienen que apegar son NOM-008-ZOO-1994 y NOM-009-ZOO-1994	V	
3 La NOM-034-ZOO-1995, establece el sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres	F	
4. La Certificación TIF aprueba <u>controlar</u> los riesgos que afectan a la salud pública	F	
5. Obtener una Certificación TIF trae consigo una serie de beneficios a la industria cárnica	V	
6. La certificación TIF admite la movilización <u>fuera</u> del país, ya que cuenta con la garantía de calidad sanitaria	F	
7. La certificación TIF posibilita el comercio internacional ya que los Establecimientos TIF son los únicos elegibles para exportar	V	
8. Con la certificación TIF se accede a mejorar en el área de procesos con el fin de evitar contaminación	V	
9. La certificación TIF permite la implementación de HACCP, que presenta ventajas como reducción en los conteos microbianos	V	
10. La certificación TIF establece un mayor control en áreas de proceso, cuidando la Salud Pública	V	
11. La certificación TIF garantiza la calidad del proceso y del producto a través de la <u>autorización</u> de Buenas Prácticas de Manufactura	F	
12. Con la certificación TIF se accede a capacitar al personal que realiza el sacrificio	V	
13. Con la certificación TIF <u>ya no se requiere</u> de la supervisión de un Médico Veterinario Oficial o Aprobado por la SAGARPA en el establecimiento	F	
14. El adquirir carne proveniente de un rastro TIF constituye comprar un producto de elevada calidad, elaborado con estrictas normas de inocuidad	V	
DISEÑO DEL EJERCICIO		
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Respuesta escrita	Se muestra una serie de enunciados y, para cada uno de ellos, hay que escribir la letra correspondiente.

Ejercicio Interactivo N°3		
Módulo 1. Introducción al Sistema TIF	3. Normatividad del Sistema Tipo Inspección Federal	
NORMATIVIDAD DEL SISTEMA TIPO INSPECCIÓN FEDERAL		
Instrucciones: Dentro del cuadro de la derecha, escribe una ✓ si la Normatividad del Sistema TIF existe o una ✗ si es falsa.		
Ley Federal de Sanidad Animal		✓
NOM-008-ZOO-1994		✓
NOM-009-ZOO-1994		✓
MODIFICACIÓN A LA NOM-008-ZOO-1994		✓
NOM-033-ZOO-1995		✓
MODIFICACIÓN A LA NOM-009-ZOO-1994		✗
NOM-043-ZOO-1995		✗
MODIFICACIÓN A LA NOM-033-ZOO-1995		✗
DISEÑO DEL EJERCICIO		
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Respuesta escrita	Se muestra una serie de enunciados y, para cada uno de ellos, hay que escribir la letra o símbolo correspondiente.

Ejercicio Interactivo N°4		
Módulo 1. Introducción al Sistema TIF	4. Responsabilidad del Médico Veterinario en el Establecimiento de Sacrificio	
Médicos Veterinarios en México Inspectores de USDA-FSIS Supervisores de Médico Veterinario		
RESPONSABILIDAD DEL MÉDICO VETERINARIO		
Instrucciones: Coloca el cuadro que completa correctamente las cuestiones.		
I. Responsabilidades del Médico Veterinario en el Establecimiento de Sacrificio		
El [] el profesional asalariado por la SAGARPA y es de la inspección sanitaria, lo cual incluye la inspección a todo lo largo del proceso, así como [] higiénico sanitarias del establecimiento TIF		
A diferencia de los Médicos Veterinarios Oficiales [] se dividen en dos:		
[]	es el MVZ que expide certificados zoosanitarios	
[]	es el MVZ responsable de la inspección sanitaria, lo cual incluye la inspección a lo largo de todo el proceso y condiciones higiénico-sanitarias del establecimiento	
II. Actividades del Médico Veterinario		
-Inspección de las Instalaciones Físicas de [] las operaciones del Establecimiento		
-Inspección []		
-Vigilar el manejo y destino de productos []		
-Decomisar aquel producto de []		
-Dar seguimiento al cumplimiento de los programas especiales		
-Re inspeccionar productos y subproductos []		
-Revisión de resultados de análisis [] microbiológico de agua y hielo []		
-Toma de muestras		
-Constatar la correcta implementación y revisión de los registros generados de los POES:		
-Observar que el Establecimiento TIF mantenga vigentes los [] de los empleados y solicitar copia		
Médico Veterinario Oficial	el responsable	su movilización y condiciones
los Aprobados	Signatario	Coadyuvante
manera previa y durante	Ante y Post mortem	retenidos y rechazados
encontrarse en mal estado	cárnicos y no cárnicos	Físicoquímico del agua y
para análisis de laboratorio	pre operativos y operativos	Certificados de salud
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Actividad de texto	Completar texto	En un texto se hacen desaparecer determinados elementos (palabras) y el alumno debe completarlo a partir de una lista.

Ejercicio Interactivo N°1	
Módulo 9. Breve Introducción a HCCP e ISO 2200	1. Introducción a los Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos
<p>El concepto HACCP Origen del HACCP ¿Por qué implementar HACCP? ¿Qué debe hacerse antes de desarrollar un Plan HACCP? Desarrollo del Plan HACCP</p>	
Introducción a los Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos	
<p>Instrucciones. Relaciona correctamente la columna de la izquierda con el cuadro de la derecha, que le corresponda a cada término</p>	
HACCP <i>Hazard Analysis</i> <i>Critical Control</i> <i>Points</i>	<p>ES UN SISTEMA DE MANEJO ENFOCADO HACIA LA PREVENCIÓN DE PROBLEMAS PARA ASÍ ASEGURAR LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS <u>INOCUOS</u> PARA EL CONSUMO HUMANO. ESTE SISTEMA SE BASA EN LA APLICACIÓN, CON SENTIDO COMÚN, DE PRINCIPIOS TÉCNICOS Y CIENTÍFICOS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS</p>
Por qué implementar HACCP	<p>ES UN SISTEMA APLICABLE INDEPENDIENTEMENTE A CUALQUIERA DE LAS ETAPAS DE LA CADENA PRODUCTIVA, DESDE EL PRODUCTOR PRIMARIO HASTA EL CONSUMIDOR FINAL. EL SISTEMA ES FLEXIBLE Y ADAPTABLE, NO SÓLO A LAS CARACTERÍSTICAS TAN VARIABLES DE CADA UNA DE ESTAS ETAPAS, SINO TAMBIÉN A LOS CAMBIOS EN PROCEDIMIENTOS DE ELABORACIÓN O EN EQUIPOS E INNOVACIONES TECNOLÓGICAS, ES POR ESTO QUE UN PLAN HACCP ES ÚNICO E IRREPETIBLE, SIEMPRE SERÁ DIFERENTE ENTRE CADA PLANTA, ESTABLECIMIENTO, RASTRO, ETC.</p>
Qué debe hacerse antes de desarrollar un Plan HACCP	<p>PARA LA ADECUADA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN HACCP, SON INDISPENSABLES DOS PROGRAMAS DE PRERREQUISITOS: -BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA -PROCEDIMIENTOS ESTÁNDAR DE HIGIENE OPERACIONAL, TAMBIÉN LLAMADOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTÁNDAR DE SANITIZACIÓN (POES)</p>

Desarrollo del Plan HACCP

PARA LA COMPRESIÓN Y ADECUADA APLICACIÓN DEL SISTEMA ES INDISPENSABLE CONOCER EL SIGNIFICADO DE LOS TÉRMINOS QUE EN ÉL SE UTILIZAN

PELIGRO: ES UNA PROPIEDAD BIOLÓGICA, QUÍMICA O FÍSICA QUE PUEDEN CAUSAR UN RIESGO INACEPTABLE A LA SALUD DEL CONSUMIDOR (FDA, 1997)

PUNTO CRÍTICO DE CONTROL (PCC): LA ETAPA EN LA CUAL SE PUEDE REALIZAR UN CONTROL Y QUE ES FUNDAMENTAL PARA PREVENIR, ELIMINAR O REDUCIR A UN NIVEL ACEPTABLE UN PELIGRO, QUE PUEDE AFECTAR LA SEGURIDAD DEL PRODUCTO

RIESGO: LA PROBABILIDAD DE QUE SE PRESENTE UN EFECTO ADVERSO A LA SALUD Y LA SEVERIDAD DEL EFECTO, COMO CONSECUENCIA DE UNO O VARIOS PELIGROS EN UN ALIMENTO.

PROCEDIMIENTOS QUE SE APLICAN EN LAS PLANTAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS PARA MANTENER LAS BPM EN LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN Y DEBEN SER MONITOREADOS, REGISTRADOS Y VERIFICADOS. ESTRICTAMENTE HABLANDO, FORMAR PARTE DE LAS BPM; SIN EMBARGO, POR SU PRIMORDIAL IMPORTANCIA SE CONSIDERAN COMO PROGRAMAS SEPARADOS.

DISEÑO DEL EJERCICIO

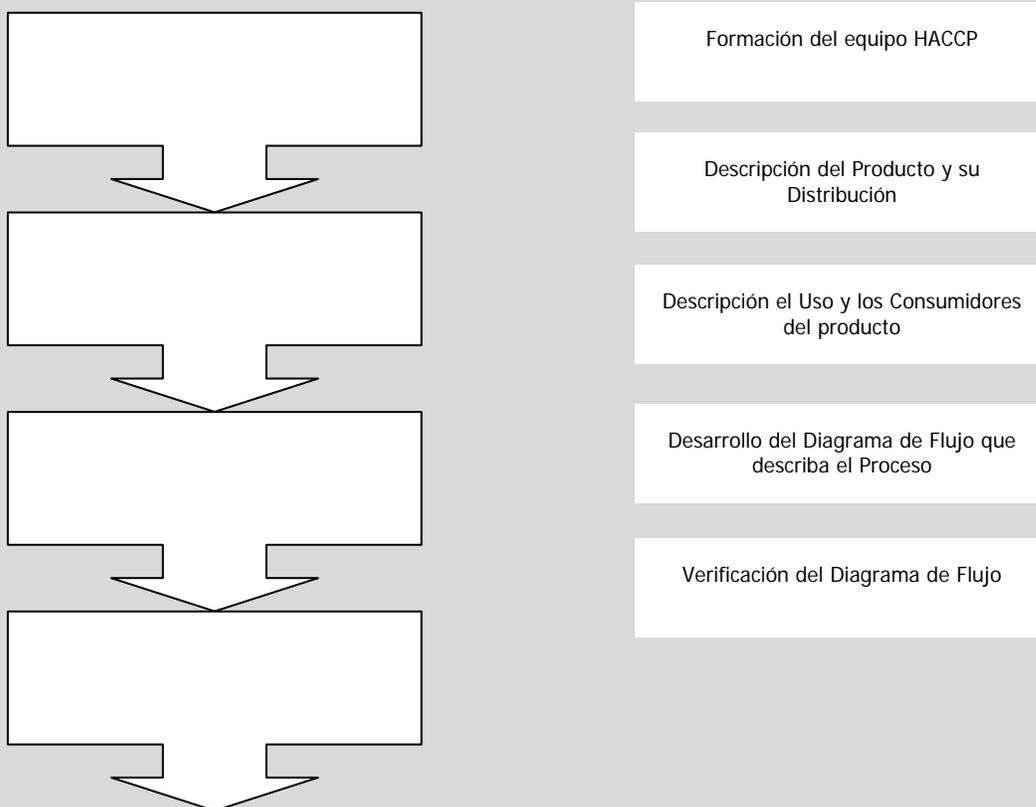
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Compleja	Se presentan dos conjuntos de información, con un número diferente de elementos, entre ellos se puede dar una relación uno a uno, sobrando uno de ellos

Ejercicio Interactivo N°2

Módulo 9. Breve Introducción a HCCP e ISO 2200 | 2.Pasos a seguir en la Aplicación del Plan HACCP

PASOS A SEGUIR EN LA APLICACIÓN DEL PLAN HACCP

Instrucciones. Coloca cada uno de los cuadros de la derecha en la Imagen de la izquierda conforme al sitio que dentro el proceso le corresponde



DISEÑO DEL EJERCICIO		
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Normal	Se muestra una serie de enunciados misma que debe colocarse en el lugar de la izquierda que le correspondiente.

Ejercicio Interactivo N°3

Módulo 9. Breve Introducción a HCCP e ISO 2200 | 3.Pasos a seguir en la Aplicación del Plan HACCP

PASOS A SEGUIR EN LA APLICACIÓN DEL PLAN HACCP

Instrucciones: Dentro del cuadro de la derecha, escribe una si corresponde a un PRINCIPIO DE HACCP si es incorrecto.

Identificación de Peligros y Medidas Preventivas	<input checked="" type="checkbox"/>
Determinación de Puntos Críticos de Control (PCC)	<input checked="" type="checkbox"/>
Establecimiento de Límites Críticos para cada PCC	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistema de Vigilancia para cada PCC	<input checked="" type="checkbox"/>
Establecimiento de Medidas Correctivas	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistema de Registro y Documentación	<input checked="" type="checkbox"/>
Procedimiento de Verificación	<input checked="" type="checkbox"/>
Descripción el Uso y los Consumidores del producto	<input type="checkbox"/>
Desarrollo del Diagrama de Flujo que describa el Proceso	<input type="checkbox"/>
Verificación del Diagrama de Flujo	<input type="checkbox"/>

DISEÑO DEL EJERCICIO		
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Respuesta escrita	Se muestra una serie de enunciados y, para cada uno de ellos, hay que escribir la letra o símbolo correspondiente.

Ejercicio Interactivo N°4

Módulo 9. Breve Introducción a HCCP e ISO 2200

4. Beneficios de la implementación de HACCP

INTRODUCCIÓN A HACCP

Instrucciones: Coloca el cuadro que completa correctamente las cuestiones.

III. Beneficios de la implementación de HACCP

Los beneficios de la implementación de un sistema HACCP son consecuencia del

[] de los alimentos producidos.

Un primer efecto se observa en la reducción de []

En segundo término y desde el punto de vista comercial, se cuenta con una

[] que puede utilizarse para mejorar el posicionamiento de la empresa en el mercado.

Y en tercer lugar, se logra [] .

Finalmente, tras la implementación de un sistema HACCP la empresa está en condiciones de [] a los cambios en las necesidades de los consumidores. De esta manera, se logra acceder [] que ubica a la empresa en una posición de privilegio.

aseguramiento de la inocuidad	costos por daños a los consumidores
herramienta de marketing	eficientar el funcionamiento de la empresa
brindar respuestas oportunas	a un ciclo de mejora continua

TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Actividad de texto	Completar texto	En un texto se hacen desaparecer determinados elementos (palabras) y el alumno debe completarlo a partir de una lista.

Ejercicio Interactivo N°5		
Módulo 9. Breve Introducción a HCCP e ISO 2200	5. Ventajas que ofrecen la implementación de HACCP	
Ventajas que ofrecen la implementación de HACCP		
Instrucciones. Relaciona correctamente la columna de la izquierda con el cuadro de la derecha, que le corresponda a cada término		
Identifica	y evalúa peligros y riesgos específicos	
Establece	controles orientados a la prevención	
Analiza	el todo: materias primas, subproductos, procesos, manejo, instalaciones, operarios	
Facilita	la inspección sanitaria	
Autoinspección	del establecimiento	
Mejora	El aprovechamiento de los recursos disponibles	
Fomenta	el comercio	
Compatible	con sistemas de control de calidad	
Norma	importación-exportación de diversos países	
	el funcionamiento de SAGARPA	
DISEÑO DEL EJERCICIO		
TIPO	MODALIDAD	DESCRIPCIÓN
Asociación	Compleja	Se presentan dos conjuntos de información, con un número diferente de elementos, entre ellos se puede dar una relación uno a uno, sobrando uno de ellos

7. Discusión

La producción de cerdos en México representa un sector importante en el conglomerado pecuario, con un segmento comercial bastante desarrollado. La carne de cerdo es la tercera en cuanto a consumo según estadísticas de la FAO.¹⁹ El sacrificio en rastros municipales, si bien no reúne las características sanitarias deseables, continúa siendo la principal forma de abasto de productos porcinos en regiones alejadas de los mayores centros urbanos. En el periodo 1990-2002, el sacrificio de porcinos en rastros municipales creció 1.3% anualmente, pasando de 4.4 a 5.1 millones de cabezas. Para el 2002, los estados con mayor participación en el sacrificio municipal fueron Jalisco y el Estado de México con el 17 y 18%, aunque este tipo de sacrificio se realizó en mayor o menor medida en todos los estados del país¹⁹. Aún cuando el sacrificio artesanal y municipal sigue siendo una práctica común, la mayor conciencia del productor sobre la inocuidad y el consecuente deseo de alimentos más sanos han hecho que las empresas Tipo Inspección Federal (TIF) se desarrollen. Además el sacrificio de los animales en este tipo de empresas es un requisito que tienen que cumplir los productos cárnicos para poder ser exportados, por lo que, el desarrollo de estas empresas se ha acelerado en los últimos años. Las importaciones de carne de cerdo han oscilado en la última década entre el 16 y 23% del consumo nacional. A esto debe sumarse la importación de embutidos (de 2 a 3 mil Toneladas Métricas por año) y de grasas (grasa, manteca y tocino, por hasta 60 mil Toneladas Métricas por año) para la elaboración de embutidos. Japón ha sido el principal destino, aunque se han iniciado envíos a los EUA desde el Estado de Sonora.¹⁹

Si bien existen factores favorables al desarrollo de establecimientos TIF, también ha habido factores adversos que no se han podido solucionar, por lo que, algunas de ellas trabajan a un nivel muy por debajo de su capacidad instalada, realizan solamente una parte del proceso productivo, o bien no trabajan por completo, por lo que, en el ámbito nacional la infraestructura de procesamiento TIF se encuentran subutilizada y algunos estados participan irregularmente en este proceso, tal es el caso de algunos rastros ubicados en Aguascalientes, Chihuahua, Guanajuato, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Al comparar el sacrificio promedio de los años 1997 a 2000 con la capacidad instalada de sacrificio, se tiene que los establecimientos

TIF sólo utilizan el 58% de su capacidad instalada. El desarrollo de empresas TIF no es privativo de la industria del sacrificio, ya que esta tendencia también se observa en otras etapas de procesamiento de las canales porcinas.²⁶

Cada vez es mayor el número de establecimientos TIF que cuentan con salas de corte (obrador) con la certificación TIF, disponiéndose actualmente con más de 20 rastros con esta infraestructura, cuya capacidad conjunta de corte es superior a las 1,000 canales por turno de 8 horas²⁰. Actualmente se desarrolla una intensa labor para la conversión de obradores y salas de corte al sistema TIF o la construcción de éstas, situación que se ve ligada con el inicio de la certificación TIF de empacadoras de carnes frías y embutidos.²¹

El consumidor mexicano promedio no entiende el significado de las siglas TIF y lo que esto representa en términos de calidad del producto que adquiere. Es por ello que se desarrolla la Propuesta del Diplomado de sacrificio de porcinos en línea, para poder capacitar a los procesadores de alimentos, MVZ recién egresados que ya laboran en rastros o deseen hacerlo, profesionistas relacionados con la inocuidad de los alimentos, rastros municipales, obradores y así favorecer la correcta obtención de la carne de cerdo difundiendo los beneficios de consumir, producir, comprar, elaborar, etc. carne o productos de porcinos con un adecuado sacrificio y tratamiento de la carne.

La idea de que el Diplomado se imparta en línea es el hecho de que la educación a distancia permite la enseñanza sin importar la distancia ni el tiempo y que hoy en día a través de la Telemática, Internet, etc., podemos entonces considerar que la enseñanza en sí es similar a la presencial y por lo tanto, queda limitada a una mera actitud, creatividad y disposición participativa de las partes, pudiendo entonces, impartirse en todas las enseñanzas teóricas.

Considerando lo anterior, se realizó el análisis de cada asignatura para determinar aquellas que por su objetivo, contenido temático, consideramos por experiencia que en combinación con el uso de las TIC's (ver Apéndice), son factibles de impartirse a distancia en línea y a las personas interesadas en el sistema TIF y la inocuidad de los alimentos.

Resumiendo, podemos observar que de los nueve módulos:

- La mayoría de los temas por su estructura, es factible impartirla a través de la estrategia de educación a distancia.
- Se contempla dentro de algunos temas, la adición de fotos, videos y ejercicios interactivos con el fin de enriquecer el conocimiento en cuestión.

Por último, es importante resaltar que un curso a distancia, es de conformidad con el perfil del sujeto que se quiere formar pero, se debe cuidar que sea más reflexivo y analítico, no solo enciclopedista; evitando hacer el trabajo solo, es decir debe permitir poder aplicar los conocimientos al sacrificio de porcinos.

Debido a que existe una separación física entre docente y alumno, se facilita el desarrollo del proceso de aprendizaje para los individuos que no pueden estar sujetos a condiciones rígidas de calendario, espacio y tiempo. Produciéndose así acciones formativas de un modo flexible propiciando un aprendizaje independiente y colaborativo. De este modo se plantea que la educación en línea, ofrece una excelente oportunidad para responder a las necesidades de actualización del personal que labora en un rastro de porcinos, MVZ recién egresados, profesionistas relacionados con la inocuidad de los alimentos, personal del rastro que desee capacitación, etc. Con base en los principios de una educación permanente: aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser, se plantea la formación continua de los recursos humanos de la inocuidad en México y productos de calidad, como un elemento indispensable para el desarrollo de la institución y por ende la sociedad.

Así, mismo se requiere que se analice el contenido de las materias impartidas tanto en la Facultad de Química como Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México relativas a productos cárnicos, inocuidad de alimentos y sistema Tipo Inspección Federal ya que es de vital importancia que recién egresados aprendan sobre estos temas por su importancia dentro del país y la inocuidad de los alimentos, así como la posibilidad de ofrecer empleos en esta industria para este tipo de profesionistas.

8. Conclusiones

- La Propuesta del Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos constituye una opción de capacitación sobre los requisitos operativos necesarios para garantizar el abastecimiento con alimentos cármicos inocuos.
- La Propuesta del Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos cuenta con información que favorece el aseguramiento de la inocuidad alimentaria y permite identificar deficiencias en los programas que requieren corrección
- Hacer uso de las nuevas tecnologías de la Información y Comunicación (TIC´s) asegura a quien lo promueve, ser más competitivo y exitoso en un entorno de competencia mundial.
- Proporcionar indicadores y herramientas básicas para desarrollar actividades que garantizan la inocuidad en productos porcinos es una condición de la Propuesta del Diplomado en Línea de Sacrificio Porcino.
- Adoptar tecnologías de punta con el propósito de actualizar y capacitar a su personal, ofrece beneficios en cantidad y calidad requerida al integrar la experiencia de especialistas en cada uno de los ámbitos de competencia.
- A diferencia de las actualizaciones y capacitaciones presenciales o audiovisuales una opción interactiva, requieren de la participación continua del alumno al responder preguntas, hacer ejercicios, identificar fotografías y partes de equipos y contestar ejercicios, mismos que se generan aleatoriamente cada vez que el alumno se examina.
- Posibilidades como la Propuesta del Diplomado en Línea de Sacrificio de Porcinos tiene como ventajas: Forzar al alumno a prestar atención a todos los temas presentados, al tiempo que por ser individualizado permite al alumno avanzar de acuerdo a su capacidad y disponibilidad de tiempo y horario. Está disponible a cualquier hora y en el lugar que se necesite, acoplándose a los tiempos y cargas de trabajo de cada alumno. Se puede utilizar las veces que sean necesarias, permitiendo capacitar a un gran número de personas. No requiere de la disponibilidad de un instructor o el de formar un grupo de alumnos, ya que se puede capacitar a una sola persona o un gran número de personas.

9. Apéndice

Enseñanza constructivista: teoría utilizada con mayor éxito en la educación a distancia en línea, la cual establece que cada aprendiz debe edificar su conocimiento.¹⁰

Toneladas métricas: Equivalen a 1000 kilogramos

TIC: Tecnologías de Información y Comunicación

TIF: Tipo Inspección Federal

Zoonosis: enfermedad o infección que se da en los animales y que es transmisible al hombre en condiciones naturales

10. Bibliografía General

1. Ramírez, A. 2006. Bioseguridad en Rastros. Diplomado en Inspección de Carnes y Control Sanitario de Rastros. 1ª ed. Universidad de Guadalajara, México.
2. Latham, M. C. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo, Anexo 3. Contenido de nutrientes en alimentos seleccionados. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29, Roma, Italia.
3. División de Prevención y Control de Enfermedades. 1996. Guía para el establecimiento de Sistemas de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (VETA) y la investigación de brotes de toxiinfecciones alimentarias. Programa de Salud Pública Veterinaria, p.2, 3
4. Dirección General de Epidemiología. 2006. Anuarios de morbilidad 1984-2005. Secretaría de Salud, México, D.F. <www.dgepi.gob.mx>
5. Aguilar, A. y Eslava, M. Propuesta de un modelo de educación en línea para el centro de estudios superiores navales. (Tesis conjunta de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Pedagogía.
6. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Página Principal]. Consulta: [21/01/2008]. <http://www.unesco.org/education/portal/e_learning/index.shtm>
7. Padula, J. E. 2003. Una introducción a la Educación a Distancia. México, FCE.
8. Ocetif.org [Página Principal]. Certificación de Establecimientos. Consulta: [12/07/2007]. <<http://72.232.248.2/~ocetiforg/establecimientos.html>>
9. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) [Página Principal en Internet]. México: Sistema Tipo Inspección Federal, Consulta [18/05/2007] <<http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx>>
10. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos

- cárnicos. México, 1994.
11. Arellano, S. TIF un Sistema de Reducción de Riesgos. Memorias de XXV Aniversario de la Asociación Nacional de Establecimientos TIF (ANETIF); 2007 agosto; Guadalajara, Jalisco.
 12. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-Z00-1994, Proceso Sanitario de la Carne. México, 1994.
 13. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-003-Z00-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. México, 1995.
 14. Arellano, S. Oferta Tipo Inspección Federal. Memorias de V Encuentro Nacional de Porcicultura; 2006 septiembre 22. Ixtapa, Guerrero.
 15. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/> [Página principal en Internet]. Estimación del Consumo Nacional Aparente 1990-2005. <<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/CNApor.htm>>
 16. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Estadística de Sacrificio de Ganado en Rastros Municipales por Entidad Federativa 1997-2002. Consulta [14/01/2008] <<http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espagnol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2003/Diciembre/comunica.doc>>
 17. Sarralde, C., Padilla, A., Hernández, M., Govezensky, T., Sciutto, E., Guitierrez, G., Tapia-Conyer, R., Salvatierra, B., Sepúlveda, J. 1992. Seroepidemiología de la Cisticercosis En México. Salud Pública México; Vol. 34(2):197-210.
 18. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia, Dirección de Educación Continua. Lineamientos para Diplomados de Educación Continua de la UNAM.
 19. Livestock Sector Report México. 2003. Condiciones estructurales, evolución (1990-2000) y perspectivas (2010-2020-2030). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
 20. Sagarraga, M., Salas, M., Aguayo, V., Estrella, Heriberto, Ruiz, A., González M., Juárez, A. 2003. Impacto del TLCAN en la cadena de valor porcina.

- Chapingo, México.
21. Lastra M., Arias, I. SAGARPA-CEA. La Producción de Carnes en México y sus Perspectivas 1990-2000.
 22. Parrilla, M. et al. 1993. Brotes de toxoinfecciones alimentarias de origen microbiano y parasitario. *Salud Pública de México*. 35(5): 456-463.
 23. Secretaría de Salud. 1999. Vigilancia activa de Enfermedades Transmitidas por Alimentos y su impacto social y económico. XI Reunión Interamericana de Salud Animal a Nivel Ministerial OPS.
 24. Cervantes, F. 5° Taller Mesoamericano sobre Tecnología educativa y Educación a Distancia.
 25. Khan, B. 1997. Web Based Instruction. (WBI): What is it and Why is it? .En B. Khan (Edit.) *Web Based Instruction*. New Jersey, Englewood Cliffs, pp. 5 -18.
 26. SAGARPA. Lastra, I., Peralta, Ma. A. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. Consulta [13/03/08]
<<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/estudio/carne.pdf>>
 27. FAO. II Congreso Global Food and Feed. Sustentabilidad: un desafío para el nuevo siglo.
Consulta [13/03/08] <<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/global.htm>>
 28. SAGARPA. FICHA TECNICA No. 7. Análisis y perspectivas del mercado internacional de ganado porcino. 2002. Consulta [18/03/08]
<<http://www.infoserca.gob.mx/fichas/ficha07-Porcino.pdf>>
 29. Gallardo, N. 2004. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2005. SAGARPA, Coordinación General de Ganadería.
<<http://www.cnog.com.mx/Noticias/218.pdf>>
 30. CartaANETIF. Publicación Oficial de la asociación Nacional de Establecimientos Tipo Inspección Federal, A.C. Año 5, número 20 Marzo-Abril 2006.

Debido a que cada Módulo de la Propuesta del Diplomado de Sacrificio de Porcino cuenta con su propia Bibliografía, se presenta a continuación la bibliografía de cada Módulo.

Módulo 1.

1. Ramírez, A. Conceptos Básicos de Higiene Alimentaria. Diplomado en Inspección de Carnes y Control Sanitario de Rastros. 1ª ed. Universidad de Guadalajara, México, 2004.
2. Fomecarne.org [Página Principal en Internet]. México: Fondo para la Promoción de la Carne Mexicana, A.C.; ¿Qué es sistema TIF?, Consulta [18/05/2007], <<http://www.fomecarne.org/que-es-tif.htm>>
3. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) [Página Principal en Internet]. México: Sistema Tipo Inspección Federal, Consulta [18/05/2007]
http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/inocuidad_agroalimentaria/sistema_tipo_inspeccion_federal/sistema_tipo_inspeccion_federal.htm
4. Secretaría de Gobernación [Página Principal en Internet]. México: La Administración de Rastros Municipales, Consulta [18/05/2007]
<http://64.233.167.104/search?q=cache:B8a2s-ZV7vsJ:www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_La_administracion_de_rastros_municipales+Rastro+TIF&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=mx>
5. SENASICA www.senasica.sagarpa.gob.mx [Página Principal]. México: Apoyos Directos para el Sacrificio de Ganado Bovino y Porcino en Rastros Tipo Inspección Federal (TIF) y para Porcinos en Rastros Registrados en Proceso de Certificación como TIF. Consulta [18/05/2007],
[http://64.233.167.104/search?q=cache:w2SviBF3RtMJ:www.funcionpublica.gob.mx/scagp/dgorcs/reglas/2004/r08_sagarpa04/extractos/ex_apoyosdirectosacrificiodeganado_03.htm+Rastro+TIF&hl=es&ct=clnk&cd=2&gl=mx]
6. SAGARPA. SENASICA. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria. Departamento de Verificación y Certificación. Manual de Inspección del MVZ. México
7. SAGARPA. SENASICA. Dirección General de Salud Animal. Ley Federal de Sanidad Animal. México, 2007.
8. SAGARPA. Subsecretaría de Ganadería. Reglamento para la Industrialización Sanitaria de la carne. México

9. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos. México, 1994.
10. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso Sanitario de la Carne. México, 1994.
11. SAGARPA. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes. México, 1999.
12. SAGARPA, Norma Oficial Mexicana, NOM-033-ZOO-1995 Sacrificio Humanitario de los animales domésticos y silvestres. México, 1996.
13. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. Subdirección de Certificación de Establecimientos TIF. Manual de Inspección para Supervisores de Establecimientos TIF. México
14. Ramírez, A. Bioseguridad en Rastros. Diplomado en Inspección de Carnes y Control Sanitario de Rastros. 1ª ed. Universidad de Guadalajara, México, 2006.
15. PILGRIM'S PRIDE México. [Página Principal en Internet] México: Sello TIF, Plantas TIF. Consulta [23/03/2007]
<<http://www.pilgrimspride.com.mx/sello.html>>
16. Organización Mundial de la Salud. Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos, Francia. Consulta [11/01/2008]
<http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9789243594637_spa.pdf>
17. División de Prevención y Control de Enfermedades.1996. "Guía para el establecimiento de Sistemas de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (VETA) y la investigación de brotes de toxiinfecciones alimentarias". Programa de Salud Pública Veterinaria, p.2,3
18. Organización Mundial de la Salud (OMS). Estrategia global de la OMS para la inocuidad de los alimentos.

19. World Health Organization (WHO). 2006. Food safety and foodborne illness. <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs237/en/index.html>>
20. Center for Disease Control and Prevention (CDC).2006. Foodborne Illness. <http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/diseaseinfo/foodborneinfections_g.htm>
21. Parrilla,M.et al. 1993. Brotes de toxiinfecciones alimentarias de origen microbiano y parasitario. Salud Pública de México. 35(5): 456-463.
22. Secretaría de Salud. 1999. Vigilancia activa de Enfermedades Transmitidas por Alimentos y su impacto social y económico. XI Reunión Interamericana de Salud Animal a Nivel Ministerial OPS.
23. Sistema Regional de Información para la Vigilancia de las ETA. <www.panalimentos.org/sirveta/e/index.htm>
24. Dirección General de Epidemiología.2006.Anuarios de morbilidad 1984-2005. Secretaría de Salud, México, D.F.<www.dgepi.gob.mx>
25. Gutiérrez Cogio et al. 2000. “Serotipos de Salmonella identificados en los servicios de salud de México”. Salud Pública de México 2(6) nov-dic: 490-495.
26. Organización Mundial de la Salud (OMS). “Inocuidad de los alimentos y salud” 2001. Consulta [11/01/2008] <http://www.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB109/seb10913.pdf>
27. World Health Organization, Food safety : public health significance of foodborne illness, Manila : WHO Regional Office for the Western Pacific, 2003 <<http://whqlibdoc.who.int/wpro/2003/929061028X.pdf>>
28. Ramírez de León, J., Uresti, R., Vázquez, M. Memorias del Congreso Internacional De Seguridad Alimentaria; 2004 octubre 13-15; Reynosa, (Tamaulipas) México: Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México) Consulta [14 enero 2008]. <http://mcta.uat.edu.mx/coisa2006/principal_archivos/Coisa2004.pdf>
29. FAO-OMS. Información Estadística Sobre Enfermedades Transmitidas Por Los Alimentos En Europa Peligros Microbiológicos Y Químicos Conferencia Paneuropea Sobre Calidad E Inocuidad De Los Alimentos; 2002 febrero 25-

- 28; Budapest, Hungría. [Consulta 14 enero 2008].
<<http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/004/X6865S.HTM>>
30. USPORK. org [Página Principal en Internet]. Inspección de la carne.
Consulta [10/01/2008]
<www.uspork.org/IssueReviews/Spanish/Mtlsp_SP.pdf>
31. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos. Inocuidad Alimentaria y Seguridad Alimentaria: Lo que Deben Saber los Consumidores. Consulta [14/01/2008]
<http://www.fsis.usda.gov/oa/topics/FoodSec_cons_SP.pdf>
32. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/> [Página principal en Internet].
Estimación del Consumo Nacional Aparente 1990-2005.n
<<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/CNApor.htm>>
33. FSIS. www.fsis.usda.gov [Página Principal]. Key Facts: Humane Slaughter.
Consulta [14/01/2008].
<http://www.fsis.usda.gov/Fact_Sheets/Key_Facts_Humane_Slaughter/index.asp>
34. Code of Federal Regulations: Animal and Animal Products, 9, PART 350—
SPECIAL SERVICES RELATING TO MEAT AND OTHER PRODUCTS.
Consulta [14/01/2008]
<<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=ad633fc338a4d39632c0c141d64583de&rgn=div5&view=text&node=9:2.0.2.1.29&idno=9>>
35. Poblete C. Boletín Veterinario Oficial, Salud Animal e Inocuidad de los Alimentos, División de Protección Pecuaria, Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura (SAG). Unidad Normativa, Dirección Nacional Servicio Agrícola y Ganadero. La Inocuidad Alimenticia en los Productos Cárnicos con Particular Referencia a los Productos Avícolas. Consulta [14/01/2008]
<http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/bvo/febrero_2005/articulos_informes/lainocuidad_alimenticia.pdf>
36. SENASICA www.senasica.sagarpa.gob.mx [Página Principal]. México: Directorio de Plantas Tipo Inspección Federal (TIF) en operación. [Consulta

14/01/2008],

<http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/portal/inocuidad_agroalimentaria/sistema_tipo_inspeccion_federal/index.html>

37. Ocetif, A.C. Importancia del OCETIF en la Certificación de Alimentos (Presentación Power Point), 2007, (Guadalajara), Jalisco México
38. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Estadística de Sacrificio de Ganado en Rastros Municipales por Entidad Federativa 1997-2002 Consulta [14/01/2008]
<<http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2003/Diciembre/comunica.doc>>

Módulo 2.

1. Eusse, J., et. al.2002. La Carne de Cerdo. Guía Práctica para su comercialización. Medellín, Colombia.
2. Wal, P.G. Van der., Nijeboer, H., Merkus, G.S.M. 1987. The measurement of light scattering properties at 45 min post mortem for prediction of pork quality. Evaluation and Control of Meat Quality. Tarrant, P.V., Eikelenboom, G., Monin, G. Ed. Martinus Nijhoff Publishers for the Commission of the European Community: 201-209.
3. Gregory, N.G. 1987. Evaluation and control of meat quality in pigs. Ed: P.V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin, Mart. Nijhoff, Dordrecht, pp 265-272. (Traducción).
4. Warriss, P.D., Brown, S.N., Edwards, J.E., Knowles, T.G. 1995. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. Proc. EU Seminar: New information on welfare and meat quality of pigs related to handling, transport and lairage conditions, pp. 163-170. Mariensee, Alemania. (Traducción)
5. Guise, H.J. 1987. Moving pigs from farm to factory. Pig International, 8-12. (Traducción).
6. Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M., Guardia, M^a.D., Coll, C., Siggins, K., Harvey, K., Diestre, A. 2000. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. Meat Science 55, 97-106

7. Tarrant, P.V. 1989. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs. A review. *Irish Journal of Food Science and Technology* 13, 79-107.
8. Monin, G., Seller, P., Ollivier, L., Goutefongea, R., Girard, P. 1981. Carcass characteristics and meat quality of halothane negative and halothane positive Pietrain pigs. *Meat Science* 5 (6): 413-423. (Traducción).
9. Troeger, K. 1996. Transportation of slaughter animals. Treatment during transport and its consequences for product quality. *Fleischwirtschaft, International* 1, 2-4.
10. Calvar, C., Pellois, H. 1987. La qualite de la viande de porc. Influence des conditions de transport, d'abattage et des types genetiques. Publication EDE, Juillet: 1-22 (Traducción).
11. SENASICA. Inspección Fitozoosanitaria en la Movilización Nacional de productos agropecuarios
12. Faucitano, L. 1998. Preslaughter stressors effects on pork: A review. *Journal of Muscle Foods* 9, 293-303.
13. Perremans, S., Randall, J.M., Rombouts, G., Decuypere, E. y Geers, R. 1998. Influence of vertical vibration on heart rate of pigs. *Journal of Animal Science* 76:416-420.
14. Costa, L., Lo Fiego, D.P., De Grossi, A., Russo, V. 1996. Effect of loading method, stocking density and temperature on carcass and meat quality in heavy pigs. In Proc. EU-Seminar New Information on Welfare and Meat Quality of Pigs as Related to Handling, Transport and Lairage Conditions pp. 83-89 Mariensee, Alemania. (Traducción).
15. Le Jossec, P. 1992. Chaque nuit on improvise. *Pork Magazine*. 6, 48-52 (Traducción).
16. Wajda, S., Bak, T. 1994. Slaughter value of pigs hauled to slaughterhouses from the distances of 50 and 100 Km. *Int. Conf. "The influence of genetic and non genetic traits on carcass and meat quality"*. Siedlce, 7-8 Nov.
17. Troeger, K., Woltersdorf, W. 1989. Medición del estrés de los cerdos durante el sacrificio. *Fleischwirtschaft Español* 2, 3-8.

18. Schöberlein, L., Lengerken, G. Von. 1991. Meat quality of pigs of different origin of the old and new states of the Federal Republic of Germany. Proc. 37th Int. Cong. of Meat Sci. & Tech. Kulmbach, Germany. Vol I: 184-187.
19. Fortin, A. 1989. Preslaughter management of pigs and its influence on the quality (PSE/DFD) on pork. Proc. 35. ICoMST, Vol. III, 981-986.
20. Warriss, P.D. 1998. The welfare of slaughter pigs during transport. *Animal Welfare* 7, 365-381.
21. Warriss, P.D. 1998. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: a review. *Veterinary Record* 142, 449-454.
22. English, P.R., Fowler, V.R., Baxter, S., Smith, B. 1998. The growing and finishing pig: Improving efficiency. Farming press books: Ipswich, UK.
23. Von Mickwitz, G. 1982. Transport of animals intended for breeding. Production and slaughter. Current topics. *Vet. Med. Animal Science*. 18. Mt. N, The Hague.
24. Van Logtestijn, J.G., Romme, A.M.T.C., Eikelenboom, G. 1982. Losses caused by transport of slaughter pigs in Netherlands. In: Moss, R. (Ed) Transport of animals intended for breeding, production and slaughter. *Current Topics Vet. Med. Animal Science*. 18, 105-114.
25. Fischer, K. 1996. Transport of slaughter animals. Effects, weaknesses measures. *Fleischwirtschaft* 76 (5): 521-526.
26. Perremans, S., Randall, J.M., Rombouts, G., Decuyper, E. y Geers, R. 2001. Effect of whole-body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocorticotrophic hormone levels in piglets. *Journal of Animal Science* 79:1990-1995.
27. Técnicas y Control de la Inspección Ante-Mortem y Post-Mortem. Curso Teórico-Práctico para la Capacitación de Médicos Veterinarios Responsables de Establecimientos Tipo Inspección Federal como Coadyuvantes de la SAGARPA. México, D.F. Marzo 2006.
28. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995 "Trato humanitario en la movilización de animales"
29. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana-008-ZOO-1994 "Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el

sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.

30. Garrido, M.D., Pedauy , J., Marques, F., Quiñonero, J, Laencina, J. (1992). Influencia del tiempo de reposo en la calidad de la carne. Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos. Feria Internacional Ganadera Quinto Centenario. Zafra, Badajoz - España.
31. Augustini, C., Fischer, K. (1981). Treatment of slaughter pigs and meat quality a field experiment. *Fleischwirtschaft* 61, 775-785.
32. Sackmann, G. (1988). Einflu  der Ausruhezeit sowie der umgebungs- und technologischen faktore auf klinische und fleischhygienische parameter bei schlachtschweinen. *Vet. Med. Diss. FU Berlin*.
33. Eikelenboom, G., Bolink, A.H., Sybesma, W. (1991). *Meat Science*. 29, 25.
34. Pr ndl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H.J. (1994). *Tecnología e Higiene de la Carne*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
35. H lscher, T., Herthum, S., Kalm, E. (1989). Influence of CO₂ stunning and bleeding out in a horizontal position on the quality of pig meat. *Fleischwirtschaft* 69 (5): 904-908.
36. Veall, F. Capitulo 7: Sacrificio de Ganado. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma,   FAO 1993.
37. Veall, F. Capitulo 8: Preparación de las canales de cerdo. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma,   FAO 1993.
38. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres
39. Barton-Gade, P.A. 1993. Effect of stunning on pork quality and welfare - Danish experience. Manuscript n  1145 E, The Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark, pp 1-12

40. Álvarez, D. 2002. Influencia de las condiciones ante-mortem y la tecnología del sacrificio sobre la calidad de la carne porcina. Universidad de Murcia, España.
41. Guía de Mejoras Técnicas Disponibles en España del Sector Cárnico. Ministerio de Medio Ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
42. Woltersdorf, W., mintzlaff, H.J. 1996. Escaldado de cerdos por condensación: Un método practicable. 1. Efecto del escaldado y recuento bacteriano en la superficie de las canales. *Fleischwirtschaft*. Español 76 (2): pp. 11-16.
43. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana. NOM-024-Z00-1995 "Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos".
44. Frazier, W.C. y Westhoff, D.C. 1993. Microbiología de los alimentos. 4ª edición. Ed. Acribia, Zaragoza. España.
45. Jasper, W., Placzek, R. 1980. Conservación de la carne por el frío. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
46. Fernández, P., Jiménez, F. 1992. Tratamiento y conservación de la carne por el frío. Manual Práctico de la Carne. Ed. Martín & Macias. Madrid, España.
47. Carballo, J. 1990. Tratamientos frigoríficos de canales de cerdo en función de su calidad. *Alimentaria, equipos y tecnología*. pp. 87-90.
48. Ordoñez, J.A., Cambero, M.I., Fernández, L., García, M.L., García, G., Hoz, L. de la, Dolores, M. 1998. Tecnología de los Alimentos. Vol II, Alimentos de origen animal. Ed. Síntesis S.A. Madrid, España.
49. Klettner, P.G. (1995) Cooling, freezing and thawing processes for meat. *Die Fleischwirtschaft*: 7-8.
50. Vada, M. 1977. Effect of cooling rate upon processing characteristics of pork meat of different glycolysis type during post mortem ageing. *Meat Science* 1, pp. 245-252.
51. Lawrie, R.A. 1998. Ciencia de la carne. 3ª Edición. Ed. Acribia S.A., Zaragoza, España.
52. Bem, Z., Hechelmann, H. 1995. Chilling and refrigerated storage of meat. Microbiological processes. *Fleischwirtschaft International* 2, pp. 25-33.

53. Daumas, G. 1991. Clasificación de las canales porcinas en la CEE. Jornadas Científicas SEPOR'91. Lorca, España.
54. Muñoz, A. y Diestre, A. 1992. Calidad de la carne del ganado porcino. Simposio Internacional de Porcinocultura, SEPOR'92. Lorca, 15-18 Sept.
55. Cachán, M.D. 1992. Estudio de la calidad de la canal y de la carne de los cerdos producidos en Castilla y Leon. Tesis Doctoral, Universidad León, España.
56. Habers, A.H.M. Aspects of Meat Inspection In an Integrated Quality Control System for slaughter pigs.
57. Campos, C.A. 2004. Proceso de Obtención de la Carne, Prevención de riesgos sanitarios mediante el sistema HACCP. Universidad de Guadalajara, México
58. Ramírez, A. 2004. Inspección Sanitaria de Animales de Abasto Universidad de Guadalajara.
59. Müller, S. & Ardoíno, M. 2005. Procesamiento de carnes y embutidos elaboración, Estandarización, Control de calidad. Un Manual práctico de experiencias, Organización de los Estados Americanos (OEA) y la Agencia Alemana para el Desarrollo (GTZ).
60. Honkavaara, M. 1994. Effect of transport on porcine stress. Proceedings of the 40th International Congress on Meat Science and Technology, 2(10):257-260. Calgary, Canadá.
61. Hui, Y.H.; Guerrero, I.; Rosmini, M., 2006. Ciencia y Tecnología de Carnes, Capítulo 18. Editorial LIMUSA Noriega Editores, México.
62. Grandin, T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. Journal of Animal Science 75:249-257.
63. Crookshank, H.R., Elissalde, M.H., White, R.G., Clanton, D.C. y Smalley, H.E. 1979. Effect of transportation and handling of calves upon blood serum composition. Journal of Animal Science 48(3):430-435.
64. Friend, T.H. 2001. A review of recent research on the transportation of horses. Journal of Animal Science 79(E.Suppl.):E32-E40.
65. Swason, J.C. y Morrow-Tesch, J. 2001. Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. Journal of Animal Science 79 (E.Suppl.):E102-E109.

66. Frans, J.M., Smulders, F.J. y Van Laack, R.L. 1994. Pre-slaughter animal handling and fresh meat processing: an update. Proceedings of the 40th International Congress on Meat Science and Technology 2:213-219, Calgary, Canadá
67. Stull, C.L. 1999. Responses of horses to trailer design, duration and floor area during commercial transportation to slaughter. *Journal of Animal Science* 77:2925-2933.
68. Speer, N.C., Slack, G. y Troyer, E. 2001. Economic factors associated with livestock transportation. *Journal of Animal Science* 79 (E.Suppl.):E166-E170.
69. Schaefer, A.L., Jones, S.D.M., y Stanley, R.W. 1997. The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *Journal of Animal Science* 75(1):258-265.
70. United States Department of Agriculture (USDA), Food Safety and Inspection Service (FSIS). Human Handling of Disabled Livestock.
<http://www.fsis.usda.gov/PDF/7b_LSIT_AnteMortem.pdf>
71. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
72. SAGARPA. 1953. Ley y Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne. Inspección Federal.
73. FAO. Meat Processing Toolkit. Consulta [07/03/08]
<<http://www.fao.org/inpho/content/fpt/MEAT/stunP.htm>>
74. Velazco, J.2000. Problemas de Calidad en el sacrificio de Porcinos. Carnetec; pp 24-25
75. Hoenderken, R. 1978. Electrical stunning of slaughter pigs. Thesis. State University of Utrecht, The Netherlands.
76. Grandin, T. Métodos de Aturdimiento en Cerdos. Consulta [10/03/08].
< <http://www.midiathecavipec.com/porcicultura/porci240606.htm>>
77. Warriss, P.D.; Brown, S.N. and Adams, S.J.M. 1994. Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science* 38: 329-340
78. Warrington, P.D. 1974. Electrical stunning: A review of literature. *Veterinary*

- Bulletin 44: pp. 617-633.
79. Croft, P.S. 1952. Problems with electrical stunning. *Veterinary Record* 64:255-258. Consulta [10/03/08] <<http://www.grandin.com/references/swine.html>>
 80. Van der Wal, P.G. 1978. Chemical and physiological aspects of pig stunning in relation to meat quality. *A Review Meat Science* 2: pp. 19-30
 81. Gregory, N.G. 1994. Preslaughter handling, stunning and slaughter. *Meat Science* 36: pp. 45-56.
 82. Troeger K, Woltersdorf W. Medición del estrés de los cerdos durante el sacrificio. *Fleischwirtsch [español]*. 1989;2:3-5.
 83. Temple Grandin, P. Directrices para el Manejo, Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado. 2001. Capítulo 8: Mantenimiento de buenas normas de bienestar animal. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific.
 84. Anil, A.M. and McKinstry, J.L. (1994). The effectiveness of high frequency electrical stunning in pigs. *Meat Science*, 31:481-491.
 85. Mowafy, M. and Cassens, R. 1975. Comparative Study on Different Scalding Methods and Their Effect on the Quality of Pig Skin. *Journal of Animal Science*. 41:1291-1297.
 86. AINIA. Instituto Tecnológico Agroalimentario. 1996. Mejores Técnicas disponibles en la Industria Cárnica. Consulta [10/03/08]. <<http://www.eper-es.es/data/docs/Fondo%20documental/guiaainiacarnica.pdf>>
 87. Bolton, D., Pearce, R., Sheridan, J., McDowell, D. and Blair, I. 2003. Decontamination of pork carcasses during scalding and the prevention of *Salmonella* cross-contamination. Consulta [10/03/08] < <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2672.2003.01938.x?cookieSet=1>>
 88. Alarcón, A., Gamboa, J., Alonso, F., Grado, J., Janacua, H. 2006. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Técnica Pecuaria México*;44(1):53-66
 89. Pipek, P. , Housˇka, M., Hoke, K. , Jelení´kova´,J., Ky´hos, K., S ˇ ikulova´, M. 2002. Decontamination of pork carcasses by steam and lactic acid. Consulta [11/03/08] <<http://www.aseanfood.info/Articles/11015680.pdf>>

90. Knipe, L. 2005. Carcass Wash information. Animal Sciences Department, The Ohio State University. Consulta [11/03/08]
<<http://www.aamp.com/foodsafety/documents/Carcassreassessment.pdf>>
91. Using Acetic Acid Rinse as a CCP for Slaughter. Kerth, C. and Braden, C. Auburn University Department of Animal Sciences Consulta [11/03/08].<<http://www.ag.auburn.edu/poul/virtuallibrary/kerthaceticacid.html>>
92. Forrest, J., Kuei, C., Orcutt, M., Schinckel, A., Stouffer, J. and Judge, M.1989. A Review of Potential New Methods of On-Line Pork Carcass Evaluation. Journal of Animal Science; 67: pp 2164-2170. Consulta [11/03/08]
<<http://jas.fass.org/cgi/reprint/67/8/2164.pdf>>
93. NMX-FF-081-SCFI-2003. Productos Pecuarios-Carne de Porcino en Canal-Calidad de la Carne-Clasificación.
94. SAGARPA, BANCOMEXT, Secretaría de Economía (SE). PC-002-2004. Pliego de Condiciones para el Uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en carne de cerdo.
95. Solís, C. 2005. Manual de Procesamiento de Aves. Trabajo final escrito de la Práctica profesional supervisada en el extranjero en la modalidad de producción avícola. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
96. SSA. NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
97. USDA. Livestock Slaughter Inspector Training. Postmortem Inspection. Consulta [12/03/08] <http://www.fsis.usda.gov/PDF/LSIT_PostMortem.pdf>
98. USDA. Livestock Slaughter Inspector Training. Ante-mortem Inspection. Consulta [12/03/08] < http://www.fsis.usda.gov/PDF/7b_LSIT_AnteMortem.pdf>
99. COFEPRIS. Presentación Power Point. Inspección post-mortem. En rastros y mataderos de animales para abasto. Consulta [12/03/08] <
http://www.cofepris.gob.mx/pyp/alim/Documentacion/l_post_mortem.pdf>
100. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

- (FAO). 2004 Depósito de documentos de la FAO; Perspectivas Alimentarias. Roma, Italia. Consulta [13/03/08]
<<http://www.fao.org/docrep/007/j3877s/j3877s08.htm>>
101. SAGARPA. Lastra, I., Peralta, Ma. A. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. Consulta [13/03/08]
<<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/estudio/carne.pdf>>
102. FAO. 1997. Análisis de Sistemas de Producción Animal. Tomo 1: Las Bases Conceptuales. Análisis de Sistemas de Producción Animal. Tomo 2: Las Herramientas Básicas'J. Wadsworth. Estudio FAO Producción Animal 140/1 y 140/2. Roma, Italia.
103. Seré, C. and Steinfeld, H. en colaboración con Jan Groenewold. 1996. World Livestock Production Systems- Current status, issues & trends. FAO Animal Production and Health paper 127. FAO, Roma,
104. Dalmau, A, Rodríguez, P. y Velarde, A. 2004. Valoración del bienestar animal del cerdo. Parámetros evaluados en el matadero. IRTA-Monells, Finca Camps i Armet, 17121 Monells, Girona, España. Consulta [13/03/08]
<http://www.recercat.net/bitstream/2072/4707/1/Sistema+de+monitoritzaci%C3%B3+EUROCARNE_Final_.pdf>
105. Cíntora, I. 2008. Instalaciones para un criadero de cerdos dedicado a la explotación semi-intensiva. Engormix.com. Consulta [13/03/08]
<http://www.engormix.com/instalaciones_un_criadero_cerdos_s_articulos_151_POR.htm>
106. Long, J. 2006. Producción global de cerdo. Consulta [13/03/08]
<<http://www.porcicultura.com/comentarios/?ver=comentario&jimlong=060422>>
107. FAO. II Congreso Global Food and Feed. Sustentabilidad: un desafío para el nuevo siglo. Consulta [13/03/08]
<<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/global.htm>>
108. SAGARPA. FICHA TECNICA No. 7. Análisis y perspectivas del mercado internacional de ganado porcino. 2002. Consulta [18/03/08]
<<http://www.infoaserca.gob.mx/fichas/ficha07-Porcino.pdf>>
109. Codex Alimentarius. Código de Prácticas de Higiene para la Carne.

110. OIE. Documento informativo elaborado por el Grupo de Trabajo de la OIE sobre la Seguridad Sanitaria de los Alimentos Derivados de la Producción Animal. Control de peligros que amenazan la salud de las personas y de los animales mediante la inspección ante mortem y post mortem de la carne. Consulta [18/03/08]
<http://www.oie.int/esp/secu_sanitaire/Control%20de%20peligros%20que%20amenazan%20la%20salud%20de%20las%20personas%20%E2%80%A6.pdf>
111. Federal Meat Inspection Act (FMIA); 21 U.S. Code (USC), Chapter 12, Section 603.
112. Geverink, N. A., Kappers, A., van de Burgwal, J. A., Lambooij, Blokhuis, E., H. J. and Wiegant, V. M. 1998. Effects of regular moving and handling on the behavioral and physiological responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for subsequent meat quality. *Journal of Animal Science*, Vol 76. Consulta [18/03/08] < <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/76/8/2080>>
113. Berghaus, A. and K. Troeger. 1998. Electrical stunning of pigs: Minimum current flow time required to induce epilepsy at various frequencies. *Proc. International Congress of Meat Science and Technology (Barcelona, Spain)* 44:1070-1071.
114. Von Wenzlawowicz, M., A. Briese, K. von Holleben, and G. von Mickwitz (1996). Restraint of pigs for electrical stunning. New equipment ("Pigliff") for humane handling. *Fleischwirtschaft* 76(11):1108-1115, English summary p. 1150.
115. Blackmore, D.K. and Newhook, J.C. 1981. Insensibility during slaughter of pigs in comparison to other domestic stock. *New Zealand Veterinary Journal* 29:219-222
116. Raj, A.M. and Gregory, N.G. (1995). Welfare implications of gas stunning of pigs. Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon, *Animal Welfare*, 4:273-280.
117. United States Department of Agriculture (USDA), Food Safety and Inspection Service (FSIS). Center for Learning. 2002. Employee Development Guide, Employee and Trainer Guideline.

118. Morgan-Jones, S.D.1995. Quality and Grading of Carcasses of Meat Animals. CRC Press, pp. 234
119. Choi, Y.M., Y.K. Yun, Y.C. Ryu, H.G. Shin, J.H. Choe, Y.J. Nam, and B.C. Kim. 2007. Effects of dehairing methods and sex on pork quality and tissue levels of boar taint compounds. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 20(10), 1618-1623.

Módulo 3.

1. SAGARPA. SENASICA. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria. Departamento de Verificación y Certificación. Manual de Inspección del MVZ. México
2. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
3. SAGARPA. Modificación de la Norma Oficial Mexicana-008-ZOO-1994. Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos.
4. Codex Alimentarius Comision. Informe de la 28^a Reunión del Comité del Codex sobre Higiene de los Alimentos. Washington D.C., 2006; 27 noviembre - 1° de diciembre.
5. Eusko J. 1996. Implantación del sistema HACCP en la industria cárnica. Gobierno Vasco, España.
6. Moraes, S. 2001 Buenas Prácticas de Manufactura (GMP) y Análisis de peligros y puntos críticos de control. Organización Panamericana de la Salud, INPPAZ y centro Latinoamericano y del Caribe de información de Ciencias de la Salud, Buenos Aires, Argentina.
7. SCFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2000. Embutidos. Editorial Limusa. México.
8. Quiroga, G.T.; García, J.L. 1994. Manual para la instalación del pequeño matadero de la FAO, Roma, Italia.
9. MBPMPOES, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2005. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y

- Procedimiento operacional de Sanitización Estándar para la Industria.
Empacadora no TIF de carnes frías y embutidos.
10. López P.J. 2004. Apuntes de la unidad II, Inspección de Productos de Origen Animal, Calidad y HACCP, Sección de Medicina Preventiva, FES Cuautitlán, UNAM,.
 11. MBPSRM, Secretaría de Salud. 1994. Manual de Buenas Practicas de Sanidad en rastros Municipales,México, D.F.
 12. SSA. Secretaría de Salud. NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.
 13. Ramos, I. SENASICA. Programa Sanitario. Curso Teórico-Práctico para la Capacitación de Médicos Veterinarios Responsables de Establecimientos Tipo Inspección Federal como Coadyuvantes de la SAGARPA.
 14. Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H.J. 1994. Tecnología e Higiene de la Carne. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
 15. Ramírez, A. y Real, M. 2006. Bioseguridad en Rastros, Universidad de Guadalajara. Capítulo 2, Higiene, Desinfección y Bioseguridad en Rastros.
 16. Resumen del Programa de Calidad de los Servicios Educativos Rurales. Serie de Telesesiones. Educación, Capacitación y Desarrollo Rural 2003. Las Buenas Prácticas y la inocuidad alimentaria. Transmitida el 11 de septiembre.
 17. Code of Federal Regulations. Title 21, Part 110.
 18. Comisión del Codex Alimentarius. 2005. Código de prácticas de higiene para la carne (CAC/RCP 58); Comisión del Codex Alimentarius, Roma.
 19. Gómez, G., Murillo, M. et al. 2007 SSA. Prácticas de Higiene y Sanidad en la Preparación de Alimentos
 20. Luna, J., Fuentes, J., Gómez, F.; 1999. SSA Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad.
 21. Imholte, T. y Imholte-Tauscher, T. 1996. Engineering for Food Safety and Sanitation. A Guide to the Sanitary Design of Fodd Plants and Food Plant Equipment. Second Edition, Technical Institute of Food Safety.
 22. Castellanos, L., Villamil, L., Romero, J. 2004. Incorporación del Sistema de

- Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la Legislación Alimentaria
Rev. Salud pública. 6 (3): 289-301. Consulta [15/01/2008].
<<http://www.revmed.unal.edu.co/revistas/v6n3/v6n3e1.htm>>
23. Principios de la higiene personal. Consulta [15/01/2008]
<<http://tareasonline.com.ve/contenido.asp?ArticleId=39488>>
24. Müller, S. y Ardoíno, M. Procesamiento de carnes y embutidos, Elaboración, Estandarización. Control de Calidad de un Manual Práctico.
25. Benítez, N. 2006. Programa de Capacitación en Buenas Prácticas de Higiene Personal para el área de producción de una pequeña empresa de Helados. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán.
26. Comunidades Europeas (CE) 2002. Reglamento (CE) No 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo del 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. *Diario of. Comunidades eur.*, L 31, 1.2.2002, 1-24.
27. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación) / OMS (Organización Mundial de la Salud). Garantía de la Inocuidad y Calidad de los Alimentos: Directrices para el fortalecimiento de los sistemas Nacionales de Control de los Alimentos.
28. Stevenson, E. 1999. HACCP, Un enfoque Sistemático hacia la seguridad de los alimentos, Manual para el Desarrollo e Implementación de un Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.
29. Solís, C. Procedimientos Operativos Estandarizados de Sanitización (POES). Memorias XXV Aniversario ANETIF, Guadalajara, Jalisco.
30. OCETIF [Página Principal]. Lista de Requisitos para evaluar el Pliego de Condiciones para el uso de la marca oficial México calidad Suprema en carne de cerdo (PC-002-2004) y en carne de bovino (PC-003-2004). Para el segmento de la cadena productiva de establecimiento TIF. Consulta: [23/09/2007]
<72.232.248.2/~ocetiforg/Areas/Marcas/Requisitos/LR_Planta_TIF.pdf>

31. SAGARPA. SENASICA. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y Procedimiento operacional de sanitización estándar para la Industria. Empacadora no TIF de carnes frías y embutidos.
32. Dirección Nacional de Alimentación – SAGPyA [Página Principal]. Manejo Integrado de Plagas en el Sector Agroalimentario (Boletín de Difusión), Programa Calidad de los Alimentos Argentinos.
33. Granovsky, T. 2001. Manejo de Plagas (MIP) y la Industria Alimenticia: Seminario HACCP y Control Integrado de Plagas. Aventis Crop Sciences, EUA. Consulta [25/10/2007]
<<http://www.ppm.com.ar/report/default.asp?idart=27>>
34. Comisión Intersecretarial para el control del Proceso y uso de plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). Catálogo de Plaguicidas. <<http://www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/index.htm>>
35. Goldstein M. M. 1993. Roach Traps and Monitors. *Pest Control*; 29: 253-259.
36. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (OMS). Normas Internacionales para medidas Fitosanitarias, Plagas no Cuarentenarias Reglamentadas: Concepto Y Aplicación. Publicación N° 16; 2003, Roma. Consulta [15/01/2008].
<<http://www.fao.org/docrep/007/y4223s/y4223s05.htm>>
37. NORMA Oficial Mexicana NOM-160-SSA1-1995, Bienes y servicios. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada.
38. Corrigan, M. R. 2001. *Rodent Control: a Practical Guide For Pest Management Professionals*. EUA.
39. Vercauteren K., Hygnstrom S., Timm, R., Corrigan R., et al. Development of a Model to assess rodent control in swine facilities. 2000; USDA National Wildlife Research Center Symposia Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations. University of Nebraska, Lincoln.
40. Brooks, J.E.; Rowe, F.P. 1987. Commensal rodent control. Vector control series. World Health Organisation, Geneva, VBC/87.949. 102 p.
41. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Organización Mundial de la Salud. Requisitos generales (higiene de los

alimentos). Suplemento al Volumen 1B. Sección VI - Instalaciones: mantenimiento y saneamiento. Roma, 1998.

Módulo 4.

1. Anexo II. 2005. Verificación del Control del Proceso Aplicado a la Higiene de la carne mediante pruebas microbiológicas. Código de Prácticas de Higiene para la Carne. CAC/RCP 58/2005
2. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, Productos y Servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
3. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-004-ZOO-1994, Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos.
4. Jay, J. M. 1994. Microbiología moderna de los alimentos. Ed. Acribia.
5. Shiral, K. 2004. Microbiología de la carne y sus productos. Presentación Power Point. Consulta [06/03/08].
<docencia.izt.uam.mx/smk/233208/material_adicional/Microbiologiacarne.ppt ->
6. Ingram, M., Simonsen, B. 2002. Ecología Microbiana De Los Alimentos. Volumen II. Productos alimenticios por International Commission on Microbiological Specifications for Foods.
7. Gill, C.O. and K.G. Newton. 1977. The development. of aerobic spoilage flora on meat stored at chill temperatures. J. Appl. Bact. 43:189-195.
8. Buchanan R.E., N.E. Gibbons. 1974 Manual of determinative bacteriology. 8th. ed. Baltimore. Ed. Bergey's; The Williams and Wilkins.
9. Prendergast, D.M., Rowe T. 2007. Survival of *Listeria innocua* on hot and cold beef carcass surfaces. Journal of Applied Microbiology. Volume 103, Number 6. pp 2721-2729.
10. Narayan KG, Takács J. 1966. Incidence of Clostridia in emergency-slaughtered cattle. Acta Vet Acad Sci Hung.; 16(3):345-349.
11. Ayres, J.C. 1955. Microbiological implications in the handling, slaughtering, and dressing of meat animals, Advances in Food Research.
12. Gill, C. O., Newton, K.G. 1980. Development of bacterial spoilage at adipose tissue surfaces of fresh meat, Appl. Environmental Microbiology; 39, pp. 1076.

13. Mendoza, M. 1991. Manual de Prácticas de Laboratorio de Productos Cárnicos. Facultad de Química. UNAM
14. Doyle, M.P y cols. 2001. Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y fronteras. Ed. Acribia, España
15. Ingram, M., y B. Simonsen. 1980. Meats and meat products, p. 333-409. In J.H. Silliker, R.P. Elliot, A.C. Baird-Parker, F.L. Bryan, J.H.B. Christian, D.S. Clark, J.C. Olsen, Jr. y T.A. Roberts (ed). Microbial Ecology of Foods, vol. 2. Food Commodities. Academic Press, New York.
16. Bailey, C. 1972. Factors affecting rate of cooling and evaporation. In C. L. Cutting (Ed.), Meat chilling—why and how? M.R.I. Symposium.
17. Ingram, M., Roberts, T.A. 1976. The microbiology of the red meat carcass and the slaughterhouse.
18. Pérez, D., Marroquín, R. y cols. 2002. Investigación de la microbiología del agua de la FES Zaragoza. Laboratorio de Inmunología y Microbiología L313 Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, Campus II.
19. Mouwen, J., Prieto, M. 1998. Aplicación del sistema ARICP-HACCP a la Industria Cárnica. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Vol. 2, número 001. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Reynosa, México pp.42-46
20. USDA, FSIS, Hojas Informativas Acerca de la Inocuidad de los Alimentos, Salmonella Preguntas y Respuestas.
21. Chávez de la Peña, Ma. E., Higuera-Iglesias, A., Huertas-Jiménez, et al. 2001. Brote por Salmonella enteritidis en trabajadores de un hospital. Salud pública Méx. [online]., vol. 43, no. 3
22. Buchwald D. S., Blaster, D.. 1984. A review of human Salmonellosis:II Duration of excretion following infection with non-typhi Salmonella. Rev Infect Dis;6:pp. 345-356
23. Molina J., Ponce-de Leon S., Guerrero M., Carvalho A., Romero C., Báez R. et al. 1997. Salmonella gastroenteritis outbreak among workers from a tertiary care hospital in Mexico City. Rev. Invest Clin; 49: pp. 349-353.
24. Coma, J. Grupo Vall Companys. XVII Curso de Especialización FEDNA. Control de Samonella en Carne de Porcino: Efecto de la alimentación Animal.

25. Bello-Pérez, L., Ortiz-Dillanes, D., et al. 1990. Salmonella En Carnes Crudas: Un Estudio En Localidades Del Estado De Guerrero. Salud Pública México; Vol. 32(1); pp. 74-79
26. Berends, B. 1998. A risk assessment approach to the modernization of meat safety assurance.
Tesis Doctoral, Universidad de Utrecht, Holanda.
27. Hald, T. y Wegener, H.C. 1999. Proc. 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork. Washington, USA. pp 200-205.
28. Darwich, L., Mateu, E., Martín, M. Torre, E. y Casal, J. 1999. Anaporc 195: pp. 5-16.
29. Kaesbohrer, A. 1999. Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork. Washington, USA. pp: 358-361
30. Comisión Europea. 2000. Opinion of the scientific committee in food-borne diseases. Consulta [05/02/08] <<http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/>>
31. Hurd, H., McKean, J., Rostagno, M., Griffith, R. y Wesley, I. 2001. Proc. 32nd American Association of Swine Practitioners. pp: 25-26.
32. Isaacson R.E., Firkins, L., Zuckermann, F.A., Weigel R.M. y Dipietro J.A. 1997. En. Proc. 2nd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Copenhagen, Denmark. pp: 235-237.
33. Swanenburg, M., Urlings, H., Keuzenkamp, D. y Snijders, J. 2001. Journal of Food Protection 64 (1): 12-16.
34. Nielsen, S. 1997. Prev. Vet. Med. 29: pp. 247-261.
35. Knochel S, Jeppesen C. 1990. Distribution and characteristics of Aeromonas in food and drinking water in Denmark. Int. J. Food Microbiology; Vol. 10, pp. 317.
36. Institute of Food Technologists. 1997. News release on E. coli O157:H7.
37. Benenson, A. 1992. El control de las enfermedades transmisibles en el hombre. Washington: Organización Panamericana de la Salud (OPS).
38. CDC. 1996 Division of Bacterial and Mycotic Diseases. Preventing Foodborne Illness: Escherichia coli O157:H7.
39. Food and Drug Administration (FDA). 1992. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins.

40. Medical Library Catalog. University in St. Louis, School of Medicine. 1997. Weekly Epidemiological Record. 79(21):203-4.
41. Health Protection Scotland. (SCIEH). 1997. SCIEH Weekly Report; No.97/22.
42. Program for Monitoring Emerging Diseases (ProMed). 1997. Lista de discusión
43. Medical Library Catalog. University in St. Louis, School of Medicine. 1996. Weekly Epidemiological Record.
44. Organización Mundial de la Salud. 1997. Weekly Epidemiological Record.
45. Doyle M. 1994. E. coli O157:H7-A meatborne pathogen of serious consequences. Pags. 115-7. Proc. 46th. Annual Rec. Meat Conference. AMSA & Nat. Live Stock and Meat Board. Chicago, IL.
46. Palumbo S., Call J., Schultz F. and Williams A. 1995. Minimum and maximum temperatures for growth and verotoxin production by hemorrhagic strains of Escherichia coli. Journal of Food Protection Vol. 58: pp. 352-356.
47. Benjamin M.; Datta A. 1995. Acid tolerance of enterohemorrhagic Escherichia coli. Applied Environmental Microbiology; Vol. 61; pp 1669-16672.
48. Arthur T., Bosilevac, J., X Nou, S., Shackelford, T., Wheeler, M., Kent, D., Jaroni, B. y Koohmaraie, D. 2004. Escherichia coli prevalence and enumeration of aerobic bacteria, Enterobacteriaceae, and Escherichia coli O157 at various steps in commercial beef processing plants. Journal of Food Protection. 67: 658-65.
49. Cover L., Aber C. 1989. Yersinia enterocolitica. New England Journal of Medicine. Vol. 321:16-9.
50. Highsmith K. 1977. Yersinia enterocolitica: a review of the bacterium and recommended laboratory methodology. Health Laboratory Science; 14:253-60.
51. Harmon M., Swaminathan B., Forrest J. 1984. Isolation of Yersinia enterocolitica and related species from porcine samples obtained from an abattoir. Journal Applied Bacteriology;56:421-7
52. Elizalde, P., Díaz, E. y cols. 2001. Identificación y tipificación de biotipos y serotipos de Yersinia enterocolitica. Revista de Saúde Pública vol.35 no.4 São Paulo
53. Asplund K. 1990. The prevalence of Yersinia enterocolitica 0:3, in Finnish pigs and pork. Acta Vet Scand; 31:39-43.

54. Zink, D. 1982. *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia enterocolitica*-like species: their pathogenicity and significance in foods. *Journal Food Safety*;4:223-41
55. Lee, L. 1990. *Yersinia enterocolitica* 0:3 infections in infants and children, associated with the household preparation of chitterlings. *New England Journal of Medicine*;322:984-7.
56. Farthing M. and Keusch G. 1988. Enteric infection mechanism manifestations and management. EEUU: Raven Press.
57. Garza-Velasco, R., Solórzano-Escobara, L. y Valdés-Almaguer, I. Principales factores de virulencia de *Yersinia enterocolitica* y *Streptococcus pyogenes*. Departamento de Biología, Facultad de Química, UNAM. Laboratorio de Microbiología, edificio "A", primer piso.
58. Bottone E. 1997. *Yersinia enterocolitica*: the charisma continues, *Clinical Microbiology Rev*; 10:257-276.
59. Blaser M., Taylor D., Feldman R. 1983. Epidemiology of *Campylobacter jejuni* infections. *Epidemiology Review*; 5: 157-75.
60. Fernandez. H. 1992. Thermotolerant *Campylobacter* species associated with human diarrhea in Latin America. *J Braz Ass Adv Sci*; 44: 39-42.
61. Reina, J. 1993. Análisis de los mecanismos de patogenicidad y virulencia descritos en las campilobacterias termotolerantes. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*; 11: pp. 497-501.
62. Walter, R., Caldwell, M., Lee, E., Guerry P., Trust T., Ruiz-Palacios G. 1986. Pathophysiology of *Campylobacter* enteritis. *Clinical Microbiology Reviews*; 50: pp. 81-94.
63. Konkel ME, Joens LA. Adhesion to and invasion of HEp-2 cells by *Campylobacter* spp. *Infect Immun* 1989; 57: 2984-90.
64. Newell, D., McBride, H., Dolby, J. 1985. Investigations on the role of flagella in the colonization of infant mice with *Campylobacter jejuni* and attachment of *Campylobacter jejuni* to human epithelial cell lines. *Volm*. 95: 217-27
65. Ruiz-Palacios G., Cervantes L., Newburg D., López-Vidal Y., Calva J. 1992. In vitro models for studying *Campylobacter* infections. In: Nachamkin I, Blaser MJ, Tompkins LS (eds). *Campylobacter jejuni*: current status and future trends.

- Washington DC: American Society for Microbiology; pp. 176-83.
66. Diker K., Hascelik G., Diker S. 1992. Colonization of infant mice with flagellar variants of *Campylobacter jejuni*. *Acta Microbiologica Hungarica*. Vol. 39: pp. 133-136.
 67. Morooka T., Umeda A., Amako K. 1985. Motility as an intestinal colonization factor for *Campylobacter jejuni*. *Journal of General Microbiology*; 131: 1973-80.
 68. Sanchez, S., Ropmecin, P., Guachalla, L., et al. 2006. Caracterización genotípica de aislados de *Escherichia coli* (AEEC) de pacientes pediátricos con procesos diarreicos infecciosos en la ciudad de La Paz: Implicancias para el diagnóstico y epidemiología de las enfermedades diarreicas agudas. *Revista Chile Pediatría*; vol.77, no.4, p.412-427.
 69. Code Federal Register (CFR), Sección II, CFR 9 Parte 304 et. al. Volumen 61, 144, 25 de julio de 1996, Reglas y Regulaciones. Estados Unidos. CFR 9, Capítulo III, Pathogen Reduction/HACCP, FSIS/USDA, Estados Unidos.
 70. Committee on the Review of the Use of Scientific Criteria and Performance Standards for Safe Food and Nutrition Board. 2003. Board on Agriculture and Natural Resources: Scientific Criteria to Ensure Safe Food. The National Academies Press, Washington D.C.
 71. Ramírez, A. 2005. Contaminación Biológica y Química de la carne, Universidad de Guadalajara, Diplomado en Inspección de Carnes y Control Sanitario de Rastros.
 72. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2001. Decisión de la Comisión, de 8 de junio de 2001, por la que se establecen normas para los controles regulares de la higiene realizados por los explotadores de establecimientos, de conformidad con la Directiva 64/433/CEE, relativa a problemas sanitarios en materia de intercambios de carne fresca, y con la Directiva 71/118/CEE.
 73. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero De Chile. Manual de procedimientos para el muestreo microbiológico oficial en carnes faenadas en mataderos de exportación. Programa de Reducción de patógenos. (PRP/MP1).
 74. García, H.H.; R. Gilman; M. Tovar; E. Flores; R. Jo; V. Tsang; F. Díaz; P. Torres; E. Miranda; The Cysticercosis Working Group in Peru (CWG). 1995. Factors

- associated with *Taenia solium* cysticercosis: analysis of nine hundred forty six Peruvian neurologic patients. *Am. J. Med. Hyg.* 52: 145-148.
75. Aluja, A. Escobar, A. Flisser Y A. Willms. 1987. Cisticercosis. Una recopilación actualizada de los conocimientos básicos para el manejo y control de la cisticercosis causada por *Taenia solium*.
 76. Flisser, A. 1994. Taeniasis and Cisticercosis due to *Taenia solium*. *Progress in Clinical Parasitology*, Volume 4, pp. 77-114.
 77. Madrazo, I. 1997. Cisticercosis humana. Ed. Manual Moderno.
 78. González, I. 1998. Comparación del reconocimiento de dos anticuerpos monoclonales producidos contra parásitos adultos de *T. solium*, hacia diferentes miocinas (tesis de licenciatura), Universidad La Salle.
 79. Martínez, V. et al. 2001. *Veterinaria México*. Notas de investigación. Búsqueda de *Trichinella spiralis* en carne de cerdo que se expende en carnicerías del Distrito Federal.
 80. SEMARNAP-INE. 1999. Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas. Serie Plaguicidas No. 1. México.
 81. SEMARNAP-INE. 1999. ¿Por qué, para qué y cómo se evalúan los riesgos para la salud y el ambiente de los plaguicidas?. Serie Plaguicidas No. 2
 82. González, H., Espinosa, A., et al. 2004. Estabilidad de Sulfametazina en carne y productos cárnicos de cerdo tratados térmicamente. *Veterinaria México*, año/vol 35, número 2, Universidad Nacional Autónoma de México, México pp.91-100
 83. FAO. 2000. Infections and intoxications of farm livestock associated with feed and forage. Consulta [06/03/08]. <www.fao.org/es/ESN/animal/animapdf/annex4.pdf>
 84. U.S. Environmental Protection Agency. 2000. Technical Studies. Consulta [04/02/08] <www.epa.gov/lead/leadpdf.htm>
 85. Okolo, M. 1986. Bacterial drug resistance in meat animals. A review. *International Journal Zoonosis*. 13: pp. 143-152.
 86. Ortega, P. 1988. Empleo de antibióticos en alimentos para animales y sus consecuencias sobre la Salud Pública. *Revista de Investigación Clínica* 40: pp. 463-472.

87. Livingston, R. 1985. Antibiotic residues in animals derived food, Journal Association of Official Analytical Chemists; 68: 966-967.
88. Nouws, J. 1981. Tolerances and detection of antimicrobial residues in slaughtered animals, Archiv für Lebensmittelhygiene 32: 103-110.
89. Brailowsky, S. Biblioteca Digital. La ciencia para todos. Las sustancias de los sueños: Neuropsicofarmacología.
90. Korkeala, H., SorvettuLA, O., Petäys, M., Hirn, J. 1983. Comparison of different agar diffusions methods for the detection of residues in the kidney of pig treated with antimicrobial drugs, Meat Science 9: 291-304.
91. Booth, N. y Mcdonald, L. 1987. Farmacología y terapéutica veterinaria. Acribia, Zaragoza, España
92. Fernández-Coll, F. 1985. Microbiological quality of some Puerto Rico fase food. I Processor level; frozen or fried. J. Agri. Univ. P.R. 69[1]: pp. 81-89.
93. Buttiaux, R. and Mossel D.A. 1961. The significance of various organisms of faecal origin in foods and drinking water. Journal of Applied Bacteriology. Vol. 64, pp. 353-364.
94. Escherich, T. 1885. Die Darmbakterien des Neugeborenen und Sauglings. Fortschr. Med. 3:515-522, pp. 547-54.
95. Gilbert, R. de Louvois, J., Donovan, T. Little, C., Nye, K., Ribeiro, C., et al. 2000. Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. Commun Dis Public Health. 3:163-7.
96. De Caloni, I. and Fernández-Coll, F. 1983. Elaboration, sensory and microbiological evaluation of mofongo. J. Agri. Univ. P.R. 67 (2):pp.95-99.
97. Stevenson, E. 1999. HACCP, Un enfoque Sistemático hacia la seguridad de los alimentos, Manual para el Desarrollo e Implementación de un Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.
98. Cliver, D. 1998. Transmisión de Virus a través de los Alimentos. Food Technology. 42:241-248. Department of Population Health and Reproduction School of Veterinary Medicine, University of California, Davis.
99. Anónimo. 1997. Foodborne intestinal parasitic protozooses [resumen]. Bol Chil Parasitol, 52(3-4):45-46.

100. Hui, Y., Guerrero, I., Rosmini M., Ciencia y Tecnología de Carnes. 2006. Limusa, México.
101. Walter, W., Mc Bee, R. 1962 Microbiología General CECSA, México D. F.
102. Walter W., Mc Bee, R. H., Temple K. L. 1973 Introducción a la Microbiología, Ed. Continental México D. F.
103. Cabo, J. 1972. Bacteriología y potabilidad del agua.
104. Tatcher, C. 1972 Análisis Microbiológico de Alimentos Acribia, Zaragoza, España.
105. Walter G. 1999. Principios Básicos De Refrigeración y Microbiología, Porque Necesitamos Frío Industrial Convención del IIAR Dallas, Texas
106. Comisión del Codex Alimentarius. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Organización Mundial de la Salud. 2001. Informe sobre el Trabajo Realizado por el Instituto Internacional del Frío (IIF/IIR) en la Revisión del Código de Prácticas para la Elaboración y Manipulación de los Alimentos Congelados Rápidamente. Apéndice III: Anteproyecto De Código De Prácticas Revisado Para La Elaboración y Manipulación De Los Alimentos Congelados Rápidamente. Consulta [06/03/08]. <
<http://www.fao.org/docrep/meeting/005/Y0681S/y0681s00.HTM>>
107. Kornblit, A., Mendes, A. 2004. La transmisión en epidemiología. Capt 3: Nociones de epidemiología. pp. 65 a 70.
108. Prandl, O.; Fischer, A.; Schmidhofer, T., et. al. Tecnología e Higiene de la Carne. Acribia, Zaragoza, España. 1994.
109. Hamida A., Berg J., Matin A. 1983. Effect of antecedent growth conditions on sensitivity of *Escherichia coli* to phenylphenol .FEMS Microbiology Letters 19 (2-3), pp. 183–186.
110. Villee, C. 1999. Biología. México. Ed. Interamericana. pp. 200-201.
111. Guerra, E., Vaz, A., Toleda, L. de et al. 1991. Parasitic infection in first consultation pregnant women from São Paulo City Suburb-Subdistrict. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, vol. 33, No. 4 pp. 303-308.
112. Brusca, R. and G. J. Brusca. 1990. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts. 922 p.

113. Riemann, H. y Bryan, F.L., Ed. Foodborne infections and intoxications. 2. ed. New York Academic Press, 1979.
114. Cliver, D. O., Deng, M. Y. y Day, S. P. Detection of hepatitis A virus in environmental samples by antigen-capture PCR. 1994. Food Research Institute (Department of Food Microbiology and Toxicology), University of Wisconsin-Madison.
115. Bean, N et al. 1996. Surveillance for foodborne-disease outbreaks-United States, 1988-1992. *Morb. And Mortal. Weewkly Report* 45:1-73
116. Robertson, H., Averhoff, F., Cromeans, T., Han, X., Khoprasert, B., Omana, N-, Rosenberg, J., et. al. 2002. Genetic relatedness of hepatitis A virus isolates during a community-wide outbreak, *Journal of Medical Virology*, Volume 62, pp. 144-150.
117. Center for Disease Control and Prevention (CDC). Viral Hepatitis A and C. Consulta [03/02/08]
<http://www.cdc.gov/ncidod/diseases/hepatitis/c/plan/HCV_infection.htm>
118. Public Health Service (USPHS) and Infectious Diseases Society of America (IDSA).1999. USPHS/IDSA guidelines for the prevention of opportunistic infections in persons infected with human immunodeficiency virus. U.S. Healthy Lifestyles Program of the Commissioned Corps of the United States Public Health Service.
119. Greenberg H., Valdesuso J., Kalica A., Wyatt R., McAuliffe V., Kapikian A. and Chanock R. 1981. Proteins of Norwalk virus. *J. Virol.* 37: 994-999.
120. Gerba, C. and Kayed, D. 2003. Caliciviruses: A Major Cause of Foodborne Illness. *Journal of Food Science* 68 (4) , pp. 1136–1137
121. Hutson, A., Airaud, F., LePendou, J., Estes, M., Atmar, R. 2005. Norwalk virus infection associates with secretor status genotyped from sera. *Journal of Medical Virology*, Volume 77 P. 116-120.
122. Gallimore, C., Cheesbrough, J., Lamden, K., Bingham, C., Gray, J. 2005. Multiple norovirus genotypes characterised from an oyster-associated outbreak of gastroenteritis. *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 103;No. 3; pp. 323-330

123. Webster, J., Hoffman, J., Berdoy, M. 2003. Parasite infection, host resistance and mate choice: battle of the genders in a simultaneous hermaphrodite. Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences [Proc. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci.]. Vol. 270, no. 1523, pp. 1481-1485.
124. Jaykus, L. Epidemiology and Detection as Options for Control of Viral and Parasitic Foodborne Disease. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA. Consulta [04/02/08]
<<http://ubuntu2.cica.es/mirrors/ftp.cdc.gov/eid/vol3no4/adobe/vol3no4.pdf#page=108>>
125. Bonde, M. and Sørensen J.T. Herd health management in organic pig production using a quality assurance system based on Hazard Analysis and Critical Control Points. 2004. Department of Animal Health and Welfare, Danish Institute of Agricultural Sciences. Consulta [02/03/08]
<<http://library.wur.nl/ojs/index.php/njas/article/viewFile/349/68>>
126. WHO. Brote de enterovirus en Taiwan, China. Consulta [06/03/08].
<http://www.who.ch/emc/outbreaks_news/>
127. Hong S., Woo H., Chai J. 1996. A human case of *Plagiorchis muris* (Tanabe, 1922: Digenea) infection in the Republic of Korea: freshwater fish as a possible source of infection. International Journal for Parasitology. Vol. 82(4):647-649.
128. Maclean J., Arthur J., Ward B., Gyorkos T., Curtis M., Kokoskin E. 1996. Common-source outbreak of acute infection due to the North American liver fluke *Metorchis conjunctus*. pp. 154-158.
129. Waikagul, J. 1998. *Opisthorchis viverrini* metacercaria in Thai freshwater fish. Southeast Asian Journal Trop Med Public Health, 29(2): pp. 324-326.
130. Hotez P., Zheng F., Long-qi X., Ming-Gang C., Shu-Hua X., Shu-Xian L., et al. 1997. Emerging and reemerging helminthiases and the public health of China. Emerging Infectious Diseases Journal, 3(3):303-310.
131. Lawrie, R., 1998. Ciencia de la carne, Ed. Acribia.
132. Madigan, T., Martinko, J. y Parker, J. 2004. Brock, Biología de los Microorganismos. Décima Edición. Ed. Pearson, Prentice Hall. Madrid, España.

133. LeChevallier.1999. Mycobacterium avinom complex. Dans: Waterborne pathogens. American Water Works Association, manual M48, pp: 99-102.
134. Rice, Daniel H., Eric D. Ebel. Dale D. Hancock, Thomas E. Besser, Donald E Herriott, Linda V. Carpenter (1997) : Escherichia coli O157 in Cull Dairy Cows on Farm and at Slaughter. Journal. of Food Protection, Vol 60, No 11, Pages 1386 – 1387
135. Borrell J, Gimeno G. 2003. Micotoxinas en los alimentos: medidas de prevención y detoxificación. Alimentación; vol. 71; pp. 567-569.
136. Plestina, R. 1996. Nephrotoxicity of ochratoxin A. Food Addit Contam; 13 Suppl: 49-50. Review.
137. O'Keefe, M., Kennedy, O., Farrell, F., Nolan, M.L., Dooley, M., Byrne, P., Nugent, A., Cantwell, H., Horne, E., Nelson, V. y Granth, D. 2001. Food Residue Database, Teagasc, Dublín.
138. López Paéz, J. 2002. Plaguicidas, Colegio Oficial de Biólogos de Madrid. Consulta [06/03/08] <<http://es.geocities.com/pirineosjuan/plaguicidas.html>>
139. Bello-Ramírez, A.M., carreón-Garabito, B.Y. y Nava-Ocampo, A.A. 2000. A theoretical approach to the mechanism of biological oxidation of organophosphorus pesticidas. Toxicology 149:63-68.
140. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Consulta [06/03/08] < <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVC10020000020002009000500070>>
141. Roper, Ch. 2002. Settings standards for dioxins. Food Technonology 56(8):156.
142. Feil, V.J., Huwe, J.K., Zaylskie, R.G. y Davison, K.L. 2000. Chlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in beef animals from a feeding study. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48:6163-6173.
143. Dieber, F. y Koefer, J. 2000. Dioxin and PCB content of Styrian pork and chicken fat. Deutsche-Lebensmittel-Rundschau 96(7):247-250.
144. FAO. 2002. Comité del Codex sobre Aditivos y Contaminantes de los Alimentos. Consulta [06/03/08]. ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/ProcManuals/PM_Corrigendum_15.pdf

145. WHO (World Health Organization). 1992. Cadmium. Environmental Aspects. Environmental Health Criteria Series N° 135. Geneva.
146. Hernández, D., García, M., Díaz, A., Riol, M., Pérez, M. 2004. Concentraciones de Metales pesados (plomo y cadmio) en conservas de almeja, berberecho y navaja comercializadas en España. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol. 4, No. 3; pp. 197-205
147. Underwood, E. J. and N. F. Suttle. 1999. *The Trace Mineral Nutrition of Livestock*. 3rd ed. Commonwealth Agric. Bureau International, New York.
148. Seco A., Gabaldón C., Marzal P., Aucejo A. 1999. Effect of pH, cation concentration and sorbent concentration on cadmium and copper removal by a granular activated carbon. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 74, 911-918.
149. Spinks, C., Wyatt, G., Everest, S., Jackman, R., Morgan, M. 2002. Atypical antibody specificity: advancing the development of a generic assay for sulphonamides using heterologous ELISA. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 82; 4428 - 434

Módulo 5.

1. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y Servicios. Especificaciones Sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de Animales para Abasto, Almacenamiento, Transporte y Expendio. Especificaciones Sanitarias De Productos.
2. SAGARPA. MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne.
3. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI-1994, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.
4. SAGARPA. MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoonosológicas para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.
5. 2007. *Memorias XXV Aniversario ANETIF*. Guadalajara, Jalisco

6. Reglamento de la Industrialización Sanitaria de la Carne. 1950, Art. 221
7. Hui, Y.H.; Guerrero, I.; Rosmini, M. 2006. Ciencia y Tecnología de Carnes, Capítulo 18. Editorial LIMUSA Noriega Editores, México.
8. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Irradiación De Alimentos. Dosis Permitidas En Alimentos, Materias Primas Y Aditivos Alimentarios.
9. Bagoroza K.; Bowers, J. y Okot-Kotber, M. 2001 The effect of irradiation and modifies atmosphere packaging on the quality of intact chill stored turkey breast. *Journal of Food Science* 66 (2): 367-372.
10. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Prácticas De Higiene Y Sanidad Para El Proceso De Alimentos, Bebidas No Alcohólicas Y Alcohólicas.
11. Gutiérrez, Y., Myrna Laura. 2006. Empaques en Alimentos, *Revista Salud Pública y Nutrición* Edición No. 11-2006 II Congreso de Ciencias Farmacéuticas de la Conferencia Hispanoamericana de Facultades de Farmacia y el VIII Congreso Regional de Químicos Fármaco Biólogos
12. Etienne, D. Aspectos sanitarios de los materiales y envases para alimentos. Legislación en el área de materiales y empaques para alimentos, Venezuela. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Dirección General de Salud Ambiental y Contraloría Sanitaria. Dirección de Higiene de los Alimentos.
13. Comisión del Codex Alimentarius. 2005. Código de prácticas de higiene para la carne (CAC/RCP 58); Comisión del Codex Alimentarius, Roma.
14. Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentación. 2004. Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector cárnico.
15. Demuner, M., Guzmán, I. 2004. Envases, empaques y embalajes alimentarios. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*.
16. Serrano, C. ABC de los empaques activos, Una mirada al presente y al futuro. Consulta [07/11/07]
17. Mazuera, G. Síntesis de la conferencia. Polímeros de Barrera en Empaque
18. López, A. 2007. Envasado al Vacío y con Atmósfera Modificada. Consulta [23/11/07]. <E-Marketplace del Packaging>

19. Barrionuevo, D. H. 2005. Interacciones de materiales plásticos en contacto con alimentos. Facultad de Agroindustrias – Universidad Nacional del Nordeste. Consulta [08/01/08]. <<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-071.pdf>>
20. Galak, M. 2003. Interacciones de los envases en contacto con alimentos, compatibilidad, migración y su incidencia en la calidad. Revista en línea Empaque, Edición México. Consulta [08/01/08] <www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-071.pdf>
21. Legislación Alimentaria en la Unión Europea. Consulta [08/01/08] <<http://www.economia.gob.mx/pics/p/p2276/1-1-565-Leg-AlimentariaUE-2005.pdf>>
22. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 2004. Organización Mundial de la Salud (OMS). Informe de la Décima Reunión del Comité del CODEX sobre Higiene de la Carne; febrero 16-20; Auckland, Nueva Zelandia.
23. Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H. 1994. Tecnología e Higiene de la Carne. España, ACRIBIA,
24. United States Department of Agriculture (USDA), Food Safety and Inspection Service (FSIS). Modelo HACCP general para especies separadas mecánicamente o aves deshuesadas mecánicamente, 1999. Consulta [17/01/08]. <http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/nis/outreach/models/HACCP-6_SP.pdf>
25. Unterman F. 1989. Hygiene in meat production and processing. Fleischwirtschaft; 69: 1026-1029
26. SENASICA. Procedimiento de Supervisión de Establecimientos TIF dedicados al sacrificio, corte y deshuese de Porcinos. Consulta [05/02/08]. <http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/inocuidad_agroalimentaria/sistema_tipo_inspeccion_federal/ProcedTIFsacrificioCorteDeshuesePorcinos_250706.pdf>
27. Moreno, B. Higiene e inspección de carne Volumen I. Consulta 19/01/08] <<http://books.google.com/books?id=aOuMC7Dm59kC&pg=PA484&lpg=PA484>>

- &dq=que+es+despiece+de+carne&source=web&ots=RFtZ2yi1L9&sig=7qCCGA35vwDty-NZaZULU58zWyw#PPA483,M1>
28. Cagri, A. Ustonol , Z. y Roser, E.T. 2001. Antimicrobial, mechanical, and moisture barrier properties of low pH whey protein based edible films containing p-aminobenzoic or sorbic acids. *Journal of Food Science* 66(6): 865-870.
 29. Cagri, A. Ustonol , Z. y Roser, E.T. 2002. Inhibition of three pathogens on bologna and summer sausages using antimicrobial edible films. *Journal of Food Science* 66(6): 2317-2324.
 30. Cagri, A. Ustonol , Z., Osburn, W. y Roser, E.T. 2003. Inhibition of *Listeria monocytogenes* on hot dogs using antimicrobial whey protein based edible casing. *Journal of Food Science* 68(1): 291-299.
 31. Matches, J. y Liston. J.Low 1968. Temperature Growth of Salmonella. *Journal of Food Science* ; 33:6, 641–645
 32. Nottingham, P., Rushbrook, J. y Jury , K. 1975. The effect of plating technique and incubation temperature on bacterial count. *International Journal of Food Science & Technology*; Volume 30, 273-279.
 33. SAGARPA, BANCOMEXT, Secretaría de Economía (SE). PC-002-2004. Pliego de Condiciones para el Uso de la Marca Oficial México Calidad Suprema en carne de cerdo.
 34. NMX-FF-081-SCFI-2003. Productos Pecuarios-Carne de Porcino en Canal-Calidad de la Carne-Clasificación.
 35. Hotchkiss, J. H. 1994. Packaging of muscle foods. En: *Muscle Foods: Meat, Poultry and Seafood Technology*. D.M. Kinsman, A.W. Kotula y B.C. Breindenstein (Eds.) Chapman and Hall. Nueva York.
 36. Lundquist, B.R. 1994. El envasado de la carne y los productos cárnicos. En: *Ciencia y Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos*. J.F. Price y B.S. Schweigert (Eds.) Editorial Acribia. Zaragoza, España.
 37. Tândler, K. 1992. Productos frescos y preenvasados. En: *Tecnología de los Embutidos Escaldados*. F. Wirth (Ed.) Editorial Acribia. Zaragoza, España.
 38. Guerrero, I. y Lara, P. 1995. Efectos químicos y microbiológicos de la aplicación de atmósferas modificadas en la conservación de carne fresca. *Ciencia* 46:350-

369.

39. Forrest, J.C., Aberle, E.D. Hedrick, H.B., Judge, M.D. y Merkel, R.A. 1979. Fundamentos de la Ciencia de la Carne. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
40. Bertelsen, G., Jakobsen, M., Juncher, D. , Moller, J. , Kroeger-Ohlsen, M., Weber, C. y Skibsted, L.H. 2000. Oxidation, shelf-life and stability of meat and meat products. Proceeding of the 46th International Congress in Meat Science and Technology. Buenos Aires, Argentina.
41. Pearson, A.M., Gray, J.I., Wolzak, A.M. y Horenstein, N.A. 1983. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. Food Technology 37(7):121-129
42. Bell, R.G. 2001. Meat packaging: protection, preservation and presentation. En: Meat Science and Applications. Y.H. Hui, W.K. Nip, R.W. Rodgers y G.A. Youngs (Eds.). Marcel Dekker. Nueva York.
43. Berwal , J.S. y Novakofski, J.E. 1999. Meat packaging. Meat science and muscle biology. Interactive lessons. University of Illinois, Urbana-Champaign.
44. Murphy, R.Y., Duncan, L.K., Marcy, J.A., Berrang,M.E. y Driscoll, K.H. 2002. Effect of packaging-film thickness of Salmonella and Listeria inocua in fully cooked chicken breast meat. Journal of Food Science 67(9):3435-3440
45. Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J.A. y Roncáles, P. 2003. Antioxidant activity of borage, rosemary, orégano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. Journal of Food Science 68(1):339-344
46. Ming, X., G.H. Weber, G.H., Ayres, J.W. y Sandine,W.E. 1997. Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit Listeria monocytogenes on meats. Journal of Food Science 62(2):413-415
47. Tu, L. y Mustapha, A. 2002. Reduction of Brochotrix thermosphacta and Salmonella serotype typhimurium on vacuum-packaged fresh beef treated with nisin and nisin combined with EDTA. Journal of Food Science 67(1):302-306.
48. Suppakul, P., Miltz, J. Sonneveld, K. y Bigger, S.W. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. Journal of Food Science 68(2):408-420

49. Bouncore, G.C., Del Nobile, M.A., Panizza, A., Boue, S., Battaglia, B. y Nicolais, L. 2003. Modeling the lysozyme release kinetics from antimicrobial films intended for food packaging applications. *Journal of Food Science* 68(4):1365-1370
50. Del Nobile. M.A., Bouncore, G.G., Actieri, C., Battaglia, G. y Nicolais, L. 2003. Modeling the water barrier properties of nylon film intended for food packaging applications. *Journal of Food Science* 68(4):1334-1340
51. Han, J.H. 2000. Antimicrobial food packaging. *Food Technology* 54(3):56-65
52. Holley, R.A. 1997. Impact of slicing hygiene upon shelf life and distribution of spoilage bacteria in vacuum packed cured meats. *Food Microbiology* 14(3):201-211
53. Kim, S.J. y Ustonol, Z. 2001. Termal properties, heat sealability and attributes of whey protein isolate/lipid emulsion edible films. *Journal of Food Science* 66(7):985-990
54. Teerakan, A., Hirt,D.E., acton, J.C., Rieck, J.R. y Dawson, P.L. 2002. Nisin diffusion in protein films: effects of film type and temperature. *Journal of Food Science* 67(8):3019-3025.
55. Ko, S., Janes, M.E., Hettiarachchy, N.S. y Johnston;M.G. 2001. Physical and chemical properties of edible films containing nisin and their action against *Listeria monocytogens*. *Journal of Food Science* 66(7):1006-1011
56. Mustapha, A., Ariyapitipun, T. y Clarke, A.D. 2002. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 on vacuum-packed raw beef treated with polyactic acid, lactic acid and nisin. *Journal of Food Science* 67(1):262-267.

Módulo 6.

1. SAGARPA, SENASICA, DGIA. Manual de Inspección del MVZ. Departamento de Verificación.
2. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
3. SAGARPA. MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-008- ZOO-1994 "Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la

- industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.
4. Codex Alimentarius Comision. Informe de la 28^a REUNION DEL COMITE DEL CODEX SOBRE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS. Washington D.C., del 27 de noviembre al 1° de diciembre
 5. SAGARPA. Norma oficial mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de Bacterias Coliformes. Técnica Del Número Más Probable.
 6. SAGARPA. NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
 7. NORMA Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
 8. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano-limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su Potabilizacion.
 9. Comisión del Codex Alimentarius. 2005. Código de prácticas de higiene para la carne (CAC/RCP 58); Comisión del Codex Alimentarius, Roma.
 10. Huss, H.1997. Establecimientos para la elaboración de productos pesqueros. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma,FAO
 11. Instituto Nacional de Alimentos, Prevención de la Contaminación Cruzada: Buenas Prácticas de los Manipuladores, Separación Física entre Prácticas de los Manipuladores, Separación Física entre Alimentos Crudos y Cocidos y Diseño de Planta Alimentos Crudos y Cocidos y Diseño de Planta
 12. Presentación PowerPoint. Faena de Cerdos. Consulta [07/01/2008]
<<http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/carne/Unidad%203/FAENA%20de%20cerdos.pdf>>
 13. Pascual, Ma. R. 2005. Enfermedades de Origen Alimentario: Su prevención. Ed. Díaz de Santos.
 14. Cutter, C. 2006. El Control de *Listeria monocytogenes* en Establecimientos de

- Venta al Consumidor o al Detalle College of Agricultural Sciences Agricultural Research and Cooperative Extension, Servicio de Inspección e Inocuidad Alimentaria del USDA y la Asociación de Oficiales de Alimentos y Medicinas.
15. Ramírez, A., Real, M. 2006. Bioseguridad en Rastros, Universidad de Guadalajara. Capítulo 2, Higiene, Desinfección y Bioseguridad en Rastros.
 16. Godínez G., Reyes J.A., Zúñiga A., Sánchez I., Castro, J., Román A.D., Santos E.M.
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; Centro de Investigaciones Químicas; Pachuca, Hidalgo, México. Condiciones Microbiológicas en Cuatro Rastros Municipales del Estado de Hidalgo
 17. Escutia, I. Secretaria de Salud (SSA) Manual de Buenas Prácticas de Sanidad en Rastros Municipales
 18. López, M.C. 2006. Proyecto de Manual de Procedimientos de Operaciones Estandarizadas de Saneamiento en un Rastro Municipal de Aves en León, Guanajuato
 19. Forsythe S.J. y Hayes P.R. 2002. Higiene de los Alimentos, Microbiología y HACCP. 2ª ed, Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España.
 20. Wildbrett G. 2000. Limpieza y Desinfección en la Industria Alimentaria. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
 21. Strauch D. y Böhm R. Editores. 2004. Limpieza y desinfección de alojamiento e industrias animales. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
 22. Vargas G.R. 2000. Terminos de uso común en epidemiología veterinaria, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Plaza y Valdés.
 23. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Lineamientos para el reconocimiento de las Buenas Prácticas de Producción y la Certificación de las Buenas Prácticas de Manufactura de la miel.
 24. Stevenson, E. 1999. HACCP, Un enfoque Sistemático hacia la seguridad de los alimentos, Manual para el Desarrollo e Implementación de un Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.

25. Código de Regulaciones Federales (CFR) Parte 110, Subparte A-G

Módulo 7.

1. Eusse, J., et. al. 1998. La Carne de Cerdo. Guía Práctica para su comercialización. Medellín, Colombia.
2. Wal, P.G. Van der., Nijeboer, H., Merkus, G.S.M. 1987. The measurement of light scattering properties at 45 min post mortem for prediction of pork quality. Evaluation and Control of Meat Quality. Tarrant, P.V., Eikelenboom, G., Monin, G. (eds). Martinus Nijhoff Publishers for the Commission of the European Communitte; pág 201-209.
3. Gregory, N.G. 1987. Evaluation and control of meat quality in pigs. Ed: P.V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin, Mart. Nijhoff, Dordrecht; pág 265-272. (Traducción).
4. Warriss, P.D., Brown, S.N., Edwards, J.E., Knowles, T.G. 1995. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. Proc. EU Seminar: New information on welfare and meat quality of pigs related to handling, transport and lairage conditions; pág 163-170. Mariensee, Alemania. (Traducción)
5. Guise, H.J. 1987. Moving pigs from farm to factory. Pig International; pág 8-12. (Traducción).
6. Tarrant, P.V. 1989. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs. A review. Irish Journal of Food Science and Technology; 13, pág 79-107.
7. Schöberlein, L., Lengerken, G. Von. 1991. Meat quality of pigs of different origin of the old and new states of the Federal Republic of Germany. Proc. 37th Int. Cong. of Meat Science & Technology. Kulmbach, Germany; Vol I: pág 184-187.
8. Fortin, A. 1989. Preslaughter management of pigs and its influence on the quality (PSE/DFD) on pork. Proc. 35. ICoMST; Vol. III, pág 981-986.
9. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales.
10. Garrido, M.D., Pedauyé, J., Marques, F., Quiñonero, J., Laencina, J. 1992. Influencia del tiempo de reposo en la calidad de la carne. Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los

- productos ganaderos. Feria Internacional Ganadera Quinto Centenario. España
11. Augustini, C., Fischer, K. 1981. Treatment of slaughter pigs and meat quality a field experiment. *Fleischwirtschaft Traducción en Español*: 61, pág 775-785.
 12. Eikelenboom, G.D., Bolink, A.H., Sybesma, W. *Meat Science*, 1991; 29:25. Inheritance of the malignant hyperthermia syndrome in Dutch landrace swine. 2nd International Symposium on Malignant Hyperthermia. A. Aldrete y B.A. Brito (Eds.) Grune and Stratton. Nueva Cork.
 13. Woltersdorf, W., Mintzlaff, H.J. 1996. Escaldado de cerdos por condensación: Un método practicable. 1. Efecto del escaldado y recuento bacteriano en la superficie de las canales. *Fleischwirtschaft Español*; 76 (2): 11-16.
 14. Frazier, W.C., Westhoff, D.C. 1993. *Microbiología de los alimentos.*, 4^a edición. Ed. Acribia, Zaragoza. España.
 15. Jasper, W., Placzek, R. 1980. *Conservación de la carne por el frío*, Ed. Acribia. Zaragoza, España.
 16. Carballo, J. 1990. Tratamientos frigoríficos de canales de cerdo en función de su calidad. *Alimentaria, equipos y tecnología* Pág. 87-90.
 17. Klettner, P.G. 1995. Cooling, freezing and thawing processes for meat. *Die Fleischerei*: 7-8.
 18. Vada, M. 1977. Effect of cooling rate upon processing characteristics of pork meat of different glycolysis type during post mortem ageing. *Meat Science*; 1, 245-252.
 19. Lawrie, R.A. 1998. *Ciencia de la carne*; 3^a Ed.. Ed. ACRIBIA S.A., Zaragoza, España.
 20. Bem, Z., Hechelmann, H. 1995. Chilling and refrigerated storage of meat. Microbiological processes. *Fleischwirtschaft International*; 2, 25-33.
 21. Habers, A. 1991. Aspects of Meat Inspection In an Integrated Quality Control System for slaughter pigs.
 22. Ramírez, A. 2004. *Calidad y Clasificación Comercial de la Carne*; Universidad de Guadalajara
 23. Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la

- práctica.; Ed. Acribia, Zaragoza.
24. Pearson, A.M. and T.R. Dutson. 1999. Quality attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products, Advances in Meat Research Series; Vol.9 Aspen Publication.
 25. Ramírez, A. 2004. Conceptos Básicos de Higiene Alimentaria. Universidad de Guadalajara.
 26. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1991. Techniques and hygiene practices in slaughtering and meat handling; Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing. Rome. [Fecha de consulta: 28/02/08] <<http://www.fao.org/DOCREP/004/T02>>
 27. Gamboa, J., Alarcón, A., Grado, A., Rodríguez, F. 2005. Efecto del tiempo entre insensibilizado y desangrado y del tiempo de escaldado sobre las características fisicoquímicas de la carne de cerdo.
 28. Hui, Y.H., Guerrero, I. y Rosmini, M. 2006. Ciencia y tecnología de Carnes. Editorial Limusa, México
 29. Renerre, M. 1990. Review: Factors involved in discoloration of beef meat. International Journal of Food Science and Technology 25:613-630.
 30. Faustman, C. Chan, W.M.K., Lynch, M.P. y Joo, S.T. 1996. Strategies for increasing oxidative stability of fresh meat color. Proceedings of 49 th Annual Reciprocal Meat Conference. Provo, Utah.
 31. Pérez-Álvarez, J.A., Sayas-Barberá, M.E., Perlo, F., Cervera, R., Iriarte, M.L., Ballester, A., Cercos, L.E., Franqueza, F., Gago-Gago, M.A., Págan-Moreno, M.J. y Aranda-Catalá, V. 1993. Estudio del color durante la elaboración de paté de hígado de cerdo. *Cárnicas 2000 IV*: 429-444.
 32. Velasco, J. 2001. La luz y sus efectos en el color de la carne. *Carnetec* 8:26-81.
 33. Apple, J.K. Diekeman, M.E., Minton, J.E., McMurphy, R.M., Fedde, M.R., Leite, D.E. y Unruh, J.A. 1995. Effects of restrain and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and incidence of dark-cutting Longissimus muscle of sheep. *Journal of Animal Science*, 73(8):2295-2307.
 34. Ertbjerj, P. Henckel, P., Karlsson, A., Larsen, L.M. y Moller, A.J. 1999. Combined

- effect of ephinephrine and excersice on calpain/calpastatin and cathepsin B and L activity in porcine Longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 77:2428-2436.
35. Lensink, B.J., Fernández, X., Gozzi, G., Florand, L. y Veisser I. 2001. The influence of farmer's behaviour on calves reaction to transport and quality of veal meat. *Journal of Animal Science*; 79: 642-652.
 36. Matthews, J.O., Southern, L.L., Bidner, T.D. y Persica, M.A. 2001. Effect of betaine pen space and slaughter handling method on growth performance, carcass traits and pork quality of finishing barrons. *Journal of Animal Science*; 79:967-974.
 37. Grandin, T. 2001. Livestock-handling quality assurance. *Journal of Science*; 79 (E. Suppl.):E239-E248.
 38. Rushen, J. 1996. Using aversion learning techniques to asses the mental state, suffering and welfare of farm animals. *Journal of Animal Science*; 74(8):1990-1995.
 39. Veissier, I. Boissy, A., de Passillé, A.M., Rushen, J., van Reenenm C.G., Roussel, S., Andanson ; S. y Pradel, P. 2001. Calves responses to repeated social regrouping and relocation. *Journal of Animal Science*; 79:2580-2593.
 40. Frans, J.M., Smulders, F.J. y van Laack, R.L. 1994. Pre-slaughter animal handling and fresh meat processing: an update. *Proceedings of the 40th International Congress on Meat Science and Technology*; 2:213-219, Calgary, Canadá.
 41. Woltersdorf, W. y Troeger, K. 1988. Técnica de faena para reducir el porcentaje de PSE en cerdos. *Fleischwirtschaft en Español*; 2:9-15.
 42. Pradilla, A. y Gracia, B. 1995. Interacciones entre alimentación, salud y ambiente. *Colombia Medical*; 26: 93-102.
 43. Manríquez, J. 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos, Su aplicación en peces y en la conservación del Medio Ambiente. *Control de Calidad de Insumos y Dietas acuicolas*, FAO, Italia.
 44. Toldrá, F. y Etherington D.J. 1988. Examination of cathepsins B.D. H and L activities in dry-cured hams. *Meat Science* 23, 1-7.

45. Brust-Mascher I., La Conte, Lew, Baker, J.E., Thomas, D.D. 1999. Myosin light-chain domain rotates upon muscle activation but not ATP hydrolysis. *Biochemistry*; 38:12607-12613.
46. Thompson, M. y Hopkins, D.L. 2002. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat. *Australian Journal of Agricultural Research*; 53(2) 149 – 166.
47. Penny, I.F. 1984. Enzimología de la maduración. In: Lawrie, R. (Ed.). *Avances de la Ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia; 148-181.
48. Uytterhaegen L., Claeys E. and Demeyer D. *Journal of Animal Science*, 1992; Vol 72 (5): 1209-1223.
49. Whipple G., Koochmaraie M., Dikeman M. E., Crouse J. D., Hunt M. C. and Klemm R. D. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*; Vol 68, (9): 2716-2728.
50. Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo C., Albertí P. and Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*; Volume 45:201-207.
51. Jaarsveld, F.P.V.; Naudé, R.J., Oelofsen, W. 1997. The effects of Ca ions, EGTA and storage time on myofibrillar protein degradation, levels of Ca⁺², dependent proteases and cathepsins, B,H,L and D of ostrich skeletal muscle. *Meat Science*; volume 45; 517-529.
52. Fennema, O.R. 1993. *Química de los alimentos*. Zaragoza; Acribia; 1095p.
53. Fogle, D.R., Plimpton, R.F., Okerman, H.W., Jorenback, L. y Pearson, T. 1982. Tenderization of beef; Effect of enzyme level and cooking method. *Journal of Food Science*; 47:1113-1120.
54. SAGARPA. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. *Proceso Sanitario de la Carne*.
55. Bonelli, A. M. y Schifferli R, C. 2001. Síndrome Estrés Porcino. *Arch. med. vet.*, vol.33, no.2, p.125-135.
56. Haley, C., J. Brown, H. Mcqueen, S. Couperwhite, A. Archibald. 1991. The pig

- gene mapping project (PiGMap). *Pig News and Information*; 14: 13-16.
57. Calvo, J. H., R. Osta, E. García-Muro, P. Zaragoza. 1997. Síndrome de estrés porcino: aplicación y ventajas de la PCR para su diagnóstico. *Med. Vet.*14. 2: 110-113.
58. De Vries, A. G., A. Sosnicki, G. S. Plastow. 2000. Aplicación de nuevas tecnologías para la selección de carne de cerdo de calidad. *ANAPORC*. 202: 19-24.
59. Shen, H., R. Lahucky, L. Kovac, P. J. O' Brien. 1992. Comparison of Hal gene status with P NMR-determined muscle metabolites and with Ca sequestration activity of anoxia - challenged muscle from pigs homozygous and heterozygous for porcine stress syndrome. *Pig News and Information*. 13: 105-109
60. Dekkers, J. C. M. 1999. Optimizing strategies for selection on major genes. *Plant & Animal Genome VII held at St. Diego, CA*. 1-16.
61. Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, S. De Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O' Brien, D. H. Maclennan. 1991. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hiperthermia. *Science*. 253: 448-451.
62. Brascamp, E. W., C. S. Haley, M. A. M. Groenen, L. L. G. Janss. 1995. PiGMap: gene mapping and its contribution to meat production and meat quality parameters. *Pig News and Information*.16: 41-46.
63. Webb, A.J. 1996. Future challenges in pig genetics. *Pig News and Information*. 17: 11-16.
64. Blood, D. C., J. A. Henderson, O. M. Radostits. 1988 *Medicina Veterinaria Interamericana*. México, D.F. 1352-1356.
65. O' Brien, P. J. 1995. The causative mutation for porcine stress syndrome. *Food Animal*. 257-269.
66. Manteca., X. 1998. Bienestar animal. XIX Symposium ANAPORC. EXPOAVIGA. 265-272.
67. Otto Eich, K. 1991. Enfermedades del cerdo en explotación intensiva. *EDIMD*. 57-58.
68. De Vries, A. G., L. Faucitano, A. Sosnicki, G. S. Plastow. 1999. New developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meal. Ed. F. Toldrá

- y D.J.Troy. Fundación Vaquero, España. 73-89.
69. Farmer, L.J. Poultry meat flavour. 1999 En: Poultry Meat Science. R.I. Richardson y G.C. Mead (Eds.) CAB Internacional. Wallingford, Inglaterra.
 70. Mottram, D.S. 1998. The chemistry of meat flavour. En: Flavor of Meat and Meat Products and Seafood. F. Shahidi (Ed.) Blackie Academic and Professional. Nueva York.
 71. Nam, K.C., Ahn, D.U., Du, M. Y Jo, C. 2001. Lipid oxidation, color, volatiles and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. *Journal of Food Science* 66(8):1225-1229.
 72. Cambero, M.I., Seuss, I. y Honikel, K.O. 1992. Flavor compounds of beef broth as affected by cooking temperatura. *Journal of Food Science* 57:1285-1290
 73. Bouton, P.E. y Harris, P.V. 1973. A comparison of some objective methods to asses meat tenderness. *Journal of Food Science* 37:218-221.
 74. Damodaran, S. 1994. Structure-function relationship of food proteins. En: Protein Functionality in Food Systems, N. Hettiarachchy y G.R. Ziegler (Eds.) Marcel Dekker, Nueva York.
 75. Lanari, M.C., Brewster, M., Yang, A. y Tume, R.K. 2002. Pasture and grain finishing affect the color stability of beef. *Journal of Food Science* 67:2467-2473.
 76. Krammer, A. 1994. Use of color measurements un quality control of food. *Food Technology* 48(10):62-71.
 77. Whitaker, J.R. 1972. Principles of Enzymology for the Food Sciences, Marcerl Dekker. Nuev York
 78. Badui, K., Ithon, M. y Kondo, Y. 1981. Significance of metmyoglobin reducing enzyme system in myocytes, Proceeding of 41th International Congress of Meat Science and Technology. San Antonio, Texas.
 79. Boyle, R.C., Tappel, A.L., Tappel, A.A., Chen, H. y Andersen, H.J. Quantitation of heme proteins from sprectra of mixtures. 1994. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* 42:100-104.
 80. Ledward, D.A. 1984. Haemoproteins in meat and meat products. En: Developments in Food Proteins. D.A. Ledward, Ed. Applied Science. Londres, Inglaterra.

81. Drabkin, D.L. 1950. The distribution of the chromoproteins, hemoglobin, myoglobin and cytochrome c, in the tissues of different species and the relationship of the total content of each chromoprotein to body mass, *Journal of Biological Chemistry* 182:317-333.
82. Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J. y Sayas-Barberá, E. 2000. Fundamentos físicos, químicos, ultraestructurales tecnológicos en el color de la carne. En: *Nuevas Tendencias en la Tecnología e Higiene de la Industria Cárnica*. M. Rosmini, J.A. Pérez-Álvarez y J. Fernández-López /eds.). Universidad Miguel Hernández, España
83. Warris, P.D. y Rhodes, D.N. 1977. Haemoglobin concentrations in beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28:931-934.
84. Swatland, H.J. 1995. Reversible pH effect on pork paleness in a model system. *Journal of Food Science* 60(5):988-991.
85. Ledward, D.A. 1999. Colour of raw and cooked meat. En: *The Chemistry of muscle based foods*. D.A. Ledward, D.E., Johnston y M.K. Knight (Eds.). The Royal Society of Chemistry. Cambridge, Inglaterra.
86. Kanner, J. 1994. Oxidative processes in meat products. Quality implications; *Meat Science* 36:1 69-189.
87. Knipe, L. 1993. Basic science of meat processing. Cured meat short course; Meat Laboratory, Iowa State University, Ames, Iowa.
88. Park, J.W. y Morrissey, M.T. 1994. The need for developing the surimi standard. En: *Quality Control and Quality Assurance Seafood*, G. Sylvia, A. Shriver y M.T. Morrissey/ Eds.) Corvallis, Oregon.
89. Moss, B.W. 1992. Lean meat, animal welfare and meat quality. En: *The Chemistry of Muscle Based Foods*; D.A. Ledward, D.E., Johnston y M.K. Knight Eds. The Royal Society of Chemistry. Cambridge, Inglaterra.
90. Faustman, C., Johnson, J.L. Cassens, R.G. y Doyle, M.P. 1990. Color reversion in beef: influence of psychotropic bacteria, *Fleischwirtschaft* 70:676.
91. Mac-Clements, D.J., Chantrapornchai, W. y Claydesdale, F. 1998. Prediction of food emulsion color using light scattering theory; *Journal of Food Science* 63(6):935-939.

92. Fox, J.B. 1966. The chemistry of meat pigments; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 14:207.
93. Fox, J.B. 1967. Cured color development during frankfurter processing; *Food Technology*, 21:386.
94. Fox, J.B. y Ackerman, S.A. 1968. Formation of nitric oxide myoglobin: Mechanisms of the reaction with various reductants; *Journal of Food Science*, 33:364.
95. Fox, J.B. 1994. Los pigmentos de la carne. En: *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. J.F. Price y B.S. Schweigert, B.S. Eds.; Editorial Acribia, Zaragoza, España.
96. Houben, J.H., Eikelenboom, G. y Hoving-Bolink, A.H. 1998. Effect of the dietary supplementation with vitamin E on colour stability and lipid oxidation in packaged, minced pork; *Meat Science* 48 (3/4):265-273.
97. Diestre, A. 1992. Principales problemas de la calidad de la carne en el porcino. *Alimentación Equipos y tecnología*, 98:73-78.
98. MacDougall, D.B. 1982. Changes in the color and opacity of meat; *Food Chemistry* 9(1/2):75-88.
99. Cassens, R.G., Demeyer, D., Eikelenboom, G., Honikel, K.O., Johansson, G., Nielsen, T., Renner, M., Richardson, Y. y Sakata, R. 1995. Recommendation of reference methods for the assessment of meat color.; *Proceedings of 41th International Congress of Meat Science and Technology*, San Antonio, Texas.
100. Esteve, E. 1994. Alimentación animal y calidad de la carne, *Eurocarne* 31:71-77.
101. Warris, P.D. y Rhodes, D.N. 1977. Hemoglobin concentrations in beef, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28:931-934.
102. Gobantes, I. y Oliver, M.A. 2000. Problemática de la estabilidad del color en carne de vacuno; la adición de vitamina E y en el envasado bajo atmósfera protectora. *Eurocarne* 85:57-62.
103. Zerby, H.N., Belk, K.E., Sofos, J.N., McDowell, L.R., Williams, S.N. y Smith, G.C. 1999. Display life of fresh NET containing different levels of vitamin E and initial microbial contamination. *Journal of Muscle Foods* 10:345-355.
104. Smith, D.M. y Culberson, J.D. 2000. Proteins: functional properties. En: *Food*

- Chemistry: Principles and Applications, J.Scott-Smith (ed.) Science Technology System, West Sacramento, California.
105. Creighton, T.E. 1993. Proteins: structures and molecular properties; W.H. Freeman & Co., Nueva York.
 106. Chinachoti, P. 2002. Water activity. En: Food Texture, Measurement and Perception, A.J. Rosenthal Ed. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland.
 107. Stanley, D.W. y Tung, M.A. 1976. Microestructure and its relation to texture. En: Rheology and Texture in Food Quality; J.M. DeMan, P.W. Voisey, V.F. Rasper, D.W. Stanley Eds. The Avi Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.
 108. Wirth, F. 1992 Tecnología de los Embutidos Escaldados; F. Wirth Ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
 109. Barbut, S. 1994. Protein gel ultrastructure and functionally. En: Protein Functionality in Food Systems; N. Hettiarachchy y G.R. Ziegler Eds. Marcel Dekker, Nueva York.
 110. Foegeding, E.A. 1988. Gelation in meat batters. Reciprocal Meat Conference Proceedings; American Meat Science Association 41:44-47.
 111. De Man, J.M. Mechanical properties of foods. 1963. En: Rheology and Texture in Food Quality. J.M. De Man, P.W. Voisey, V.F. Rasper, D.W. Stanley Eds. The Avi Publishing Co., Westport, Connecticut.
 112. Dransfield, E. 1994. Tenderness of meat, poultry and fish; Advances in Meat Research 9:289-315.
 113. Kauffman, R.G. 2001. Meat composition. En: Meat Science and Applications. Y.H. Hui, R. Shorthose, O. Young, M. Koohmaraie y P. Rogers (Eds.); Marcel Dekker. Nueva York.
 114. Hiner, R. L., Thornton, J.W. y Alsmeyer, R.H. Palatability and quantity of pork as influenced by breed and fatness. 1965; Journal of Food Science 30:550-555.
 115. Asghar, A. y Yeates, N.T.M. 1979. Muscle characteristics and meat quality of lambs, grown on different nutrition planes; IV. Effect on meat quality. Agricultural and Biological Chemistry 43:455-461.
 116. Morgan, J. 1972. Effect of plane of nutrition in early life of subsequent live-weight gain, carcass and muscle characteristics and eating quality of meat cattle.

- Journal of Agricultural Science 78:417-423.
117. Maca, J.V., Maca, J.D. y Acuff, G.R. 1997. Microbiological, sensory and chemical characteristics of vacuum-packaged cooked beef top rounds treated with sodium lactate and sodium propionate; *Journal of Food Science* 62(3):586-590,596.
 118. Alanís, E., Lara, P. y Guerrero, I. 1999. Proteolytic activity of four strains of *Pseudomonas* sp. On crude extracts of contractile proteins. *Food Chemistry* 67:45-51.
 119. García Barrientos, R., Pérez Chabela, L., Guerrero Legarreta, I. y Ponce Alquicira, E. Maduración de la carne ¿Solución en ganado cebuino? 2003. *Tecnología de Alimentos (México)* 38(2):18-23.
 120. Neilands, J.B. y Stumpf, P.K. 1967. *Principios de la Enzimología*. Editorial Aguilar, Madrid, España.
 121. Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrich, H.D., Judge, M.D. y Merkel, R.A. 1974. *Fundamentos de Ciencia de la Carne*. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
 122. Von Borell, E.H. 2001 The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science* 79 (E. Suppl.):E260-E267.
 123. García-Belenguer, S. y Mormede, P. 1993. Nuevo concepto del estrés en ganadería: psicobiología y neurobiología de la adaptación. *Investigación Agropecuaria en Producción y Sanidad Animal* 8(2):87-110.
 124. Gregory, N.G. 1994. Preslaughter handling. *Stunning and slaughter*. *Meat Science* 43:535
 125. Gregory, N.G. 1996. Welfare and hygiene during preslaughter handling, *Meat Science* 36:45.
 126. Ludvigsen, J. 1964. Muscular degeneration in hogs. *Proceeding of the 15th International Veterinary Congress*. Estocolmo, Suecia.
 127. Southwood, O.I., Simpson, S.P. y Webb, A.J. 1988. Reaction to halothane anesthesia among heterozigotes at the halothane locus in British Landrace pigs. *Genetics Selection Evolution* 20(4):357.
 128. Garipey, C. Riendeau, L. y Pettigrew, D. 1997. Assessment of ham quality. Disponible en: <http://mark.asci.ncsu.edu/nsif/96proc/garipey.htm>.08/06/97.

129. Cornforth, D. 1994. Color basis and importance. En: Quality Attributes in Meat Poultry and Fish Products. Advances in Meat Research. A. M. Pearson y T.R. Dutson (Eds.). Blackie Academic and Professional. Londres, Inglaterra.
130. Cervantes, L.J., Cuaron, I.A., Velásquez, M.A. y Marín A 1992. Económico método para evaluar las canales de cerdo. Síntesis porcina.
131. Velásquez, M.P.A Y Cuarón, J. 1995. Estimación de los Cortes Primarios en Canales Porcinas según la Norma Mexicana (NMX-FF-82-1993-SFI) y con un dispositivo electrónico. Veterinaria México, 26, Supl 12 p.401
132. Hall, G.M. 1996. Basic Concepts. En: Methods of Testing Protein Functionality. G.M. Hall Ed. Blackie Academic and Professional, Nueva York.
133. Bandman, E. 1994. Química de los tejidos animales. En: Ciencia de la carne y de los Productos Cárnicos. J.F. Price y B.S. Schweigert (Eds.) Editorial Acribia, Zaragoza, España.
134. McCormick, R.J. 1994. Structure and properties of tissues. En: Muscle Foods: Meat, Poultry and Seafood technology. D.M. Kinsman, A.W. Kotula y B.C. Breidenstein. Chapman and Hall, Nueva York.
135. Yuri, K., Wakayama, J. y Yamada, T. 1998. Isometric contractile properties of single myofibrils of rabbit skeletal muscle. Journal of Biochemistry 124 (3):565-571.
136. Murray, R.K. 1997. Músculo. En: Bioquímica de Harper. R.K. Murria, D.K. Granner, P.A. Mayes, V.W. Rodwell (Eds.). El Manual Moderno, México, D.F.
137. Velazco, J. 2001. Prevención de PSE en carne de cerdo. CarneTec, pp. 28-34
138. Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H.J. (1994). Tecnología e Higiene de la Carne. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Módulo 8.

1. Signorini, M, Civil, S., Bonilla, P. 2006. Evaluación de Riesgos de los Rastros y Mataderos Municipales, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, Dirección General de Promoción de la Salud.
2. Productos para Aves y Animales, S.A. de C.V. 2007. Manejo de Despojos. Memorias XXV Aniversario ANETIF, Guadalajara, Jalisco.
3. Guaymas Protein Company. Proceso de elaboración de harina de pescado.

- Consulta [05/03/08] <<http://www.alibaba.com/company/10882010.html>>
4. Meeker, D.L. (ed). Essential rendering. All about the animal byproducts industry.
 5. SAGARPA. NOM-008-ZOO-1994. Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos.
 6. SAGARPA. NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
 7. SAGARPA. NOM-012-ZOO-1993. Especificaciones zoosanitarias para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por estos.
 8. SAGARPA. NOM-060-ZOO-1999. Especificaciones zoosanitarias para la transformación de despojos animales y su empleo en la alimentación animal.
 9. SSA. NOM-194-SSA1-2004. Productos y Servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
 10. Abraham-Gutierrez, J., Gil-Muñoz, A., Sandoval-Castro, E., et. al. 2004. Influencia de la harina de sangre y fertilizantes en características físicas y rendimiento de jícama.
 11. Beltrán-Ordaz F.J. 1996. Aplicación del análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en rastros y tiendas de autoservicios. Secretaría de Salud, México; pp. 67
 12. Escutía-Sánchez I. 1994. Guía para la verificación de un rastro. Secretaría de Salud, México; pp. 73
 13. Escutía-Sánchez I. 1996. Manual de buenas prácticas de sanidad en rastros municipales. Secretaría de Salud, México; pp 52.
 14. SAGARPA. NOM-033-ZOO-1995. Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres.
 15. SEMARNAT. NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales.
 16. SEMARNAT. NOM-002-ECOL-1996. Que establece los límites máximos

permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

17. SEMARNAT. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México
18. COWI (Consulting Engineers and Planners AS, 2005. Denmark for UNEP and Danish Environmental Protection Agency: Cleaner Production Assessment in Meat Processing.
19. Lomelí, R.M. y Tamayo, O.R. Deterioro ambiental. Sección: Contaminación por materia orgánica y microorganismos. Consulta [22/02/08]
<http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/17agua.html>
20. Price, J. y Schweigert, B. 1994. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Editorial Acribia
21. Ockerman, H.W. Hansen C.L 1994. Industrialización de subproductos de origen animal. Editorial Acribia
22. Ingeniería de aguas residuales. 1995. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf and Hedí-McGraw Hill
23. Prändl O., Fisher, A. 1994. Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia
24. Nemerow, N., Dagsputa, A. 1998. Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Madrid. Ed: Diaz de Santos.
25. Soaonez Calvo, M. 1997. Ecología Industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Madrid. Ediciones Mundiprensa.
26. Caruso, M., Maero, E., Ruiz de Arechavaleta, M. 2002. Industrias Cárnicas, residuos, su tratamiento y prevención de la contaminación.
27. Waste Reduction Resource Center (WRRC) Meat Processing: Environmental Impacts. Consulta [24/02/08]
<<http://wrrc.p2pays.org/p2rx/subsection.cfm?hub=449&subsec=15&nav=15&C>>

Módulo 9.

1. SAGARPA. SENASICA. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria. Departamento de Verificación y Certificación. Manual de Inspección del MVZ MVZ. México (DF)
2. Comisión del Codex Alimentarius. 2005. Código de prácticas de higiene para la

- carne (CAC/RCP 58); Comisión del Codex Alimentarius, Roma.
3. United States Department of Agriculture (USDA). 1999. Food Safety and Inspection Service. Modelo HACCP general para el sacrificio de puercos. EUA.
 4. Bolton D.J., *et. al.* 2002. Washing and chilling as critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point (HACCP) systems. *Journal of Applied Microbiology*; 92: 893–902.
 5. Corry J.E.L., Atabay H.I. 2001. Poultry as a source of *Campylobacter* and related organisms. *Journal of Applied Microbiology*; 90 (s6): 96S–114S.
 6. USDA. Food Safety and Inspection Service. <http://www.fsis.usda.gov> [Página Principal en Internet]. What you need to know, Verification of procedures for controlling fecal material, ingesta, and milk in slaughter operations. Consulta [17/12/2007] <http://www.fsis.usda.gov/PDF/Ecoli_Summary_6420.2.pdf>
 7. Jensen, H. H. , Unnevehr, L. J. 1999. HACCP in Pork Processing: Costs and Benefits. Iowa State University, Department of Economics.
 8. Comisión del Codex Alimentarius, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). 2003. Informe de la Novena Reunión del Comité del Codex sobre Higiene las Carnes; Nueva Zelandia (Wellington).
 9. Stevenson, K., Bernard D. 1999. HACCP, Un enfoque Sistemático Hacia la Seguridad de los Alimentos, Manual para el Desarrollo e Implementación de un Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control. Publicado por The Food Processors Institute, Washington, D.C.
 10. Campos, C. 2004. Proceso de Obtención de la Carne, Prevención de Riesgos Sanitarios mediante el sistema HACCP. Diplomado de Inspección de Carne y Control Sanitario en Rastros, Universidad de Guadalajara, México.
 11. Poblete, C., La Inocuidad Alimenticia en los Productos Cárnicos con Particular Referencia a los Productos Avícolas, Boletín Veterinario Oficial, Gobierno de Chile.
 12. USPORK. org [Página Principal en Internet]. Inspección de la carne. Consulta [10/01/2008] <www.uspork.org/IssueReviews/Spanish/Mtlsp_SP.pdf>