



1e/
100
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE LA CARNE

TESIS

Que para obtener el título de
Quimico Farmaceutico Biologo

Presenta

PEDRO ALBERTO RAMIREZ LARA

MEXICO, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE LA CARNE

I N D I C E

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.	
3.1 Contaminación y uso del agua en México.	2
3.2 Calidad del Agua para la Industria de la Carne.	11
3.3 Industria de la Carne.	14
3.4 Origen de los Contaminantes en la Industria de la Carne.	17
3.5 Sistemas de tratamiento para las Aguas Residuales Generadas en la Industria de la Carne.	23
3.6 Alternativas de Reuso y Disposición de las Aguas de la Industria de la Carne.	39
3.7 Recuperación de Subproductos.	41
4. DESARROLLO EXPERIMENTAL	
4.1 Descripción del Sitio de Muestreo.	45
4.2 Muestreo y Análisis de las Aguas Residuales del Rastro.	47
5. RESULTADOS Y DISCUSION	
5.1 Resultados.	49
5.2 Discusión.	50
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	54
7. BIBLIOGRAFIA	56
ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS.	59

USO Y MANEJO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE LA CARNE

1. INTRODUCCION

El constante crecimiento de las ciudades y el desarrollo acelerado de la industria, hace que cada día se utilice más el agua.

La industria de la carne, en nuestro país, es uno de los sectores que demanda agua de buena calidad, ya que los productos que se elaboran y procesan son para el abasto público; por lo cual, tal demanda se acentúa en los centros urbanos.

Esta industria que utiliza y maneja grandes volúmenes de agua, desecha una gran cantidad de contaminantes en las aguas residuales, que algunas veces son descargados indiscriminadamente con o sin tratamiento a los cuerpos de agua, provocando la degradación de los ecosistemas.

Para la depuración de las aguas residuales generadas en la industria de la carne, existen procesos y sistemas de tratamiento que van desde sistemas tan sencillos, como el empleo de tanques de sedimentación hasta procesos tan "completos" como los biológicos, los cuales remueven o eliminan cantidades considerables de materia orgánica.

Por otro lado, la recuperación de subproductos que algunas veces son descargados en los efluentes de las plantas procesadoras de carne, es una alternativa viable para captar ingresos económicos, además de disminuir la concentración de contaminantes en las aguas residuales.

El presente trabajo, enmarca el panorama general de la industria de la carne y en particular el Rastro de Kochimilco; donde se evaluó la calidad del agua empleada y de las aguas de desecho generadas durante el sacrificio de los animales.

2. OBJETIVOS

Recopilar información referida a la demanda, uso y manejo del agua potable; cantidad y calidad del agua residual generada en la industria de la carne.

Seleccionar un rastro de la Ciudad de México para identificar y establecer los principales usos del agua.

Caracterizar física, química y bacteriológicamente la descarga de aguas residuales producidas en el rastro.

Señalar alternativas de tratamiento para las aguas de desecho y la recuperación de subproductos contenidos en dichas aguas.

Recomendar medidas para el buen uso del agua en la industria, así como para la reutilización de las aguas residuales dentro o fuera de la industria, con otros fines.

3. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

3.1. Contaminación y uso del agua en México.

El agua es un líquido esencial para la vida donde se llevan a cabo diferentes reacciones bioquímicas que realizan los seres vivos. (2).

El hombre al tener mayor número de necesidades, requiere mayor cantidad de bienes y servicios y por consiguiente mayor cantidad de agua para poder generarlos, lo que incrementa tanto la demanda del líquido, como la cantidad de desperdicios sólidos y de aguas residuales de que necesita desechar.

Ante esta circunstancia, para evitar mayores daños al recurso hídrico se han emprendido tareas de infraestructura para eliminar todos aquellos contaminantes que puedan degradar la calidad de los cuerpos receptores.

Se ha visto que las principales fuentes de satisfactores de necesidades como son la agricultura, la ganadería, la pesca, así como la industria y los servicios públicos demandan cada día mayores cantidades de agua de calidad adecuada para su uso. De aquí que se valora la importancia del agua no solo como elemento necesario para la vida, sino como factor dinámico del desarrollo económico; y además, que el recurso es un elemento finito, ya que muestra no solo tendencia de insuficiencia - sino de agotamiento, y que es necesario recurrir a medidas que permitan la regeneración de cuerpos de agua ya contaminados.

(27)

Fuentes de Abastecimiento de Agua

De la cantidad total de agua sobre la tierra los océanos representan la mayor cantidad 97.13 %; los casquetes polares y - glaciares representan el 2.24 %; el agua subterránea 0.16%; y los ríos, lagos y corrientes solo el 0.02% del total. (24)

De esta forma se observa que el 0.16 % que corresponde a las agua subterráneas, ríos, lagos y corrientes son las más accesibles al hombre.

Las fuentes disponibles de agua para uso humano son: (3)

Agua pluvial almacenada en cisternas.

Agua subterránea procedente de manantiales o pozos.

Aguas superficiales de ríos, lagos, presas y embalses.

Aguas desaladas.

Aguas residuales tratadas.

En México, el problema de abastecimiento y disposición de las aguas residuales se ha incrementado gravemente en los núcleos urbanos e industriales tanto a nivel local como regional, por la irregularidad en la distribución geográfica y por uso irracional de los recursos. (24)

Las fuentes más disponibles para su utilización inmediata en el país son las aguas de lluvia, aguas superficiales (ríos, lagos, presas y embalses) y las aguas subterráneas. La tabla - 3.1 señala las cantidades de estas fuentes, cuantificadas en el ciclo hidrológico. (29).

Usos del agua en México.

"El agua es un elemento decisivo para el desarrollo económico y social del país, ya sea para la salud de la población, la producción agropecuaria, la generación de energía, el desarrollo urbano o el proceso de industrialización del país". (17)

La demanda creciente por el agua como un resultado del crecimiento demográfico y económico, el desarrollo industrial y la gran necesidad de productos agrícolas, han originado una competencia de estos usos por agua y esta lucha afecta el desarrollo económico y social.

En nuestro país el 80 % de la actividad industrial se localiza en elevaciones superiores a los 500 m de altura sobre el nivel del mar; y entre los paralelos 18° a 22°. El 70 % de la población se concentra en estos mismos lugares, mientras que el 85 % de los recursos hidráulicos se encuentran abajo de dichas zonas, estableciéndose así, una demanda de agua en las regiones en que la oferta es escasa, planteando problemas de abastecimiento para las actividades básicas.

Los principales usos a que se destina el recurso son:

• Uso Urbano. Este se encuentra formado por cuatro tipos de uso:

Uso doméstico. Se define como la utilización del agua en las necesidades propias de la gente dentro de su habitación. Su magnitud depende de las costumbres, nivel de vida, clima y tamaño de la población.

Uso público. Es aquel que se destina para satisfacer servi--

cios de la comunidad. También se conoce como uso municipal al empleo del agua en hospitales no particulares, riego de parques y jardines públicos, escuelas, plazas, edificios públicos, control de incendios, etc.

Uso comercial. Es aquel en donde el agua se utiliza en establecimientos comerciales dentro del sector comercio y servicios. Se incluyen hospitales particulares, baños, almacenes, hoteles y aquellos sitios donde la gente no reside permanentemente.

Uso industrial. Incluye el uso del agua en todo tipo de industrias, estén abastecidas por el sistema municipal o autoabastecidas.

- Uso para Agricultura y Ganadería. Son las aguas que se emplean para la producción de alimentos agrícolas y pecuarios; también para consumo animal.
- Uso Industrial. Se emplean para las diversas industrias que de alguna forma involucran el agua en los procesos.
- Generación de Energía Eléctrica. Se emplea en plantas hidroeléctricas y para enfriamiento de plantas termoeléctricas. (35)

Para cuantificar el uso del agua se convino en denominar extracción al volumen que se deriva o extrae de los cuerpos de agua superficial y del subsuelo para un uso específico; y consumo al volumen extraído menos el retornado a las corrientes en estado líquido, a este último se le denomina descarga.

El sector agrícola es el mayor consumidor del recurso ya que es uno de los insumos más importantes en la producción de alimentos; a nivel nacional representó el 91 % del consumo total nacional; el uso urbano consume aproximadamente el 3 % del consumo nacional, para satisfacer los requerimientos de agua potable de las regiones de la Frontera Norte, Lerma y Valle de México, que son las mayores consumidoras de agua. El sector indus--

trial consume alrededor de un 6 % del consumo total nacional, - sin incluir la generación de electricidad; las regiones que con centran la mayor parte de la extracción de agua para su utilización son; la región del Papaloapan donde se encuentran los in genios azucareros; las regiones Pacífico-Sur-Itsmo y Golfo Norte por las industrias del petróleo y petroquímica y las regiones Bravo y Valle de México por la cantidad y diversidad de es tablecimientos industriales que ahí se ubican. La tabla 3.2 señala los volúmenes de extracción y consumo para los distintos sectores. (29)

Uso del agua en el Valle de México

La región del Valle de México esta ubicada en la parte central de la República Mexicana entre las latitudes $18^{\circ}55'$ y $20^{\circ}45'$ N y longitudes $97^{\circ}10'$ y $100^{\circ}15'$ al Oeste del meridiano de Greenwich. Esta constituida por la Cuenca Hidrológica del Valle de México, la Cuenca de los Ríos Tula y San Juan y la Cuenca Cerrada de Libres-Oriental. Las entidades federativas que contribuyen en forma parcial a la formación de esta región son: el Distrito Federal y los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla y Veracruz con una área de $27,527 \text{ Km}^2$, la cual representa casi el 1 % del área total de la República. La subcuenca del Distrito Federal esta localizada en la zona Sur de la Cuenca Hidrológica del Valle de México y comprende las áreas tributarias de los ríos que drenan sus aguas al Interceptor del Poniente, al Lago de Xochimilco y a los colectores que atraviesan el Area Metropolitana de la Ciudad de México, sin incluir la Desviación Combinada al Norte, ni el Río de la Compañía al Oriente; la cuenca tiene una extensión total de 1994 Km^2 comprendidos en fracción de las entidades federativas del estado de México y del D.F., misma que representa el 7 % del total de la región.

Las principales corrientes que componen la subcuenca son desde el Río Chico de los Remedios hasta el Eslava al Poniente, los arroyos que confluyen al Lago de Xochimilco, el Río Churubusco, el Río de la Piedad, el Río Consulado, el Interceptor del Poniente y el Gran Canal de Desague, desde su inicio hasta el sitio en donde se incorporan las aguas de la Desviación Combinada, sin incluir esta última. La precipitación media anual es de 845 mm, fluctuando desde 600 a 1,350 mm, concentrándose en más del 85 % en los meses de mayo a octubre. La evaporación media anual es de 700 mm, la temperatura media anual es de -- 15 °C; para 1980.

La demanda de agua para el Distrito Federal la componen los usuarios más importantes, que son; el sector industrial, urbano y agrícola. La demanda media anual en 1980, para esta subcuenca es de aproximadamente 1,280 millones de m³ de los cuales el uso urbano es claramente mayoritario con 1,180 millones de m³, para satisfacer las necesidades de 11,800,000 habitantes de esta subcuenca, en la cual esta asentada aproximadamente el -- 90 % del Área Metropolitana de la Cd. de México; y únicamente 100 millones de m³ para riego e industria. La importancia actual y futura del uso urbano en la subcuenca se presenta en forma porcentual los componentes de la demanda en el siguiente cuadro;

U S O	1980	1990	2000
Agua Potable	92	89	88
Agrícola, Pecuario y Acuicola	-	3	3
Industrial	8	8	9

El consumo de agua en 1980 para la Ciudad de México y Zona Me

tropolitana en cuanto a los sectores que conforman los usuarios, según la Comisión del Plan Nacional Hidráulico, fué de 430 millones de m^3 , siendo el sector urbano el mayor consumidor con un 91 % del consumo total; un 8 % de la industria y el sector agrícola con un 0.2 %. La tabla 3.3 señala los volúmenes de agua para el D.F. y Zona Metropolitana por sectores y con proyección al futuro.

En 1981 la cantidad de agua extraída de aguas superficiales fué de 26 millones de m^3 y 847 millones de m^3 de aguas subterráneas, que junto con los 409 millones de m^3 de aguas de importación de las cuencas cercanas, se cubre la demanda y consumo de la subcuenca. Por otro lado, es importante destacar que en el Valle de México existe un alto grado de sobreexplotación del acuífero, ya que la utilización de las superficiales es mínima. Se ha recomendado disminuir dicha sobreexplotación, ya que en esta subcuenca se han presentado grietas y problemas de asentamientos diferenciales. (29).

La figura 3.1 muestra el Balance Hidrológico en el Valle de México.

Agua para la Industria.

El crecimiento en el sector industrial en México ha mantenido un ritmo anual de crecimiento continuo, superior al 8 % en valor de producción hasta 1979 con una fuerte concentración principalmente en las ciudades de Guadalajara, Monterrey y México. Este crecimiento ha obligado a que las consideraciones de costo y dificultad de abastecimiento no sean tomadas en cuenta debidamente en las distintas regiones del país, como ejemplo, se concentran dichos problemas en las ciudades antes mencionadas. También existe una tendencia a importar tecnologías que solo provocan un uso irracional y dispendio del agua, ya que los costos de agua son muy bajos y este tiene un efec-

to en la sobreexplotación de acuíferos, en un uso intensivo del agua de buena calidad en competencia con el sector urbano, en el empleo del agua como vehículo de desechos contaminantes y en darse poca importancia a su manejo y disposición. El abastecimiento de agua para la industria a nivel nacional, se realiza preferentemente de fuentes subterráneas, el 85 % - del volumen total usado procede de este tipo de fuentes, el res tante proviene de fuentes superficiales y un porcentaje muy pe queño, de agua reutilizada procedente de otros sectores. Las industrias que emplean grandes volúmenes de agua y que están ubicadas en zonas urbanas o cercanas a éstas, por lo general - cuentan con sistemas de abastecimiento propio. El uso del agua en este sector, se enfoca principalmente a las industrias que requieren mayor volumen, o bien, descargan la mayor cantidad de contaminantes; para esto se determinan los índices de uso y con taminación en cada tipo de industria, estos varían en magnitud y dimensión; así por ejemplo, la industria azucarera extrae de 15 a 64 m³/Ton. de caña molida.

Del sector industrial, la Comisión del Plan Nacional Hidráulico ha seleccionado nueve industrias que emplean grandes volúmenes de agua; la tabla 3.4 contiene los índices de extracción, consumo y contaminación de estas industrias. Así mismo la tabla 3.5 contiene los volúmenes de extracción por industria y por re- gión (figura 3.2), en la cual la industria de alimentos extrae aproximadamente 11.5 millones de m³ de agua; sin embargo, es te volumen es pequeño comparado con las otras industrias, pero requiere de agua de buena calidad; la tabla 3.6 presenta la contaminación orgánica en términos de DBO por industria y re- gión, siendo la industria alimentaria uno de los mayores conta minadores, ya que la cantidad de contaminantes generados es -

equivalente a la producida por 2.1 millones de habitantes⁺ En el aspecto regional, las regiones del Bravo, Cuencas Cerradas, Lerma y Valle de México se acumula el 85 % del uso y la contaminación del agua total de la industria alimenticia (tabla 3.7).

En la Industria de Alimentos, la importancia del agua radica esencialmente en la calidad de la misma, ya que esta debe ser potable. La información disponible en cuanto al uso del agua en esta industria es relativamente escasa y se encuentra dispersa. Se ha dividido a la Industria de Alimentos en tres grupos; Deshidratación, conservación y envase de frutas y legumbres; preparación y conservación de carnes; y, productos lácteos. A nivel regional, para la preparación y conservación de carnes, en 1975 se extrajeron 429 000 m³ de agua, se consumió 172 000 m³ y se generaron contaminantes por 3,065 toneladas de DBO y 3,893 toneladas de Sólidos Totales, tal como se indica en la tabla 3.8. Los resultados de dicha tabla, señalan que esta actividad se desarrolla en casi todas las regiones del país, aunque los mercados que tienen en Monterrey y el Distrito Federal la obligan a centralizarse. En el Valle de México y en los estados que lo rodean se acumula el 39 % de esta Industria, otro 29 % en la región Lerma y un 12 % se localiza en la región Bravo, que comprende la zona fronteriza del Río Bravo los estados de Chihuahua y Coahuila. En conjunto se detecta que en estas regiones se concentra el 80 % de la Industria de la Carne y consecuentemente existe la correlación uso y contaminación del agua por tal Industria. (43).

⁺Un equivalente de población es la carga orgánica desalojada por un habitante urbano y es igual a 54 gr/hab/día.

3.2 Calidad del Agua para la Industria de la Carne

En terminos generales la calidad del agua se define como la condición analítica, cualitativa y cuantitativa, en que se encuentra el agua en determinado momento para ser usada en un fin específico. El agua como tal se encuentra en la naturaleza, no es utilizable directamente para ciertos fines, como pueden ser; para consumo humano o para la industria de alimentos. Para el primer caso, el agua puede requerir o no de la cloración, dependiendo de sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas y, para el segundo caso, es seguro que requerirá de tratamiento para adecuarla a ese uso específico. Por lo anterior, la calidad del agua estará interrelacionada a dos factores; sus características físicas, químicas y bacteriológicas, y su uso.

Por otro lado, para establecer criterios del uso del agua de acuerdo a la calidad de la misma, existen Leyes y Reglamentos que regulan los diversos aspectos sobre el uso y calidad de las aguas y que establecen responsabilidad en su aplicación a diferentes organismos estatales. En México se cuenta con Leyes y Reglamentos como: Ley Federal de Aguas, Ley de Protección al Ambiente, Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas y otros; además de existir normas y criterios.

Los criterios de calidad del agua para cada uno de los distintos usos que se le da, son diferentes en cada caso. Un criterio reúne los requisitos científicos que pueden referirse a aspectos químicos, físicos y biológicos que una fuente de agua debe cumplir para poder usarla con un fin determinado, por lo cual un criterio de calidad rige el suministro del agua para un uso particular y éste, puede ser diferente para cada uso. Las

normas, rigen la calidad del agua después de que el usuario - la ha utilizado antes de descargarla. (24)

En México, el 11 de enero de 1982 se publicó en el Diario Oficial, la Ley de Protección al Ambiente y en enero de 1984 se modificó. En esta ley se contemplan medidas tendientes a prevenir, controlar, evitar y abatir la contaminación de la atmósfera, de las aguas continentales superficiales y subterráneas, de las aguas marinas, del suelo, del ambiente por efectos de energía térmica, ruido y vibraciones, de los alimentos y bebidas por efectos de radiaciones ionizantes. En cuanto a la prevención y control de la contaminación del agua se tiene el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas, en el cual se establecen los requisitos de calidad que deberá satisfacer cualquier cuerpo de agua de acuerdo a su uso. Dicho reglamento es un instrumento para facilitar en la esfera administrativa el cumplimiento de la ley, a través de las Secretarías de estado involucradas en la materia. Dicho reglamento, en el artículo 24 establece la clasificación de las aguas superficiales, de estuarios y costeras en función de sus usos y características de calidad mediante las tablas 2, 4 y 6 respectivamente y las tablas 3, 5 y 7 del reglamento, señalan los valores máximos permisibles de sustancias tóxicas en esos cuerpos de agua.

Las aguas superficiales se clasifican en 5 clases de acuerdo al uso y características de calidad (tabla 3.9); los valores máximos permisibles de sustancias tóxicas en los cuerpos receptores se encuentran en la tabla 3.10. De dicha clasificación, se observa que para el uso del agua en la Industria de Alimentos (DA) se deberán de cumplir con las mismas características físicas, químicas y bacteriológicas que tienen los sistemas de abastecimiento de agua potable, (28).

Debido a que el agua siempre tiene que ser potable para su empleo en la industrialización de la carne, las autoridades sanitarias tanto nacionales como extranjeras han señalado en reglamentos, códigos y recomendaciones el uso de agua de primera calidad para los rastros, empacadoras y procesadoras de carne. (42).

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Subsecretaría de Ganadería, señala que el agua que se utilice dentro de los rastros y empacadoras de Inspección Federal, deberá ser potable y cumplir ésta, con las Normas Mexicanas para agua potable. (23).

Por otro lado, la Comisión del Codex Alimentarius en el Proyecto de Código Internacional de Prácticas para el Dictamen de Animales de Matanza y Carnes, indica que el agua que se emplee en la matanza de las especies de abasto deberá ser pura y salubre en el momento de su uso y cumplirá con los requisitos de las Normas Internacionales aplicables al agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS); tabla 3.11. (16).

3.3 Industria de la Carne

La carne es un producto que se obtiene del sacrificio de animales mamíferos, aves, pescados y mariscos, destinados al consumo humano. Para fines del presente trabajo solamente se considera la carne que proviene de mamíferos superiores domésticos - tales como: ganado vacuno, porcino, ovino y caprino; o sea las carnes rojas.

Los productos derivados de la actividad ganadera son necesarios debido, principalmente a que el contenido de proteínas animales son de vital importancia en la alimentación humana. Algunos autores señalan que la composición de la carne magra de res se aproxima al 75 % de agua, 14 % de proteína, 4 % de sustancias no proteicas solubles, incluyendo componentes minerales y 3 % de grasa.

En México, la industria de la carne es un complejo que abarca ganaderías y granjas, mataderos o rastros, procesadoras, empaquetadoras y distribuidores; e involucra el trabajo de millones de personas tanto directa como indirectamente; además, la producción de carne implica varias etapas diferentes, por ejemplo: el sacrificio o matanza, la distribución a diferentes almacenes, el embarque a fabricantes especializados que elaboran diversos productos como tocinos, jamones, embutidos, manteca, etc. (7)

La producción de carne en canal en nuestro país durante el período de 1960-1978 registró un incremento anual de 4.6 % especialmente en la carne de bovino y porcino y los mayores volúmenes de producción se localizaron en el Estado de México y Distrito Federal, entidades que conforman el mayor mercado de la República, y en las cuales se concentra gran parte de las operaciones de sacrificio de ganado. En 1978 el Distrito Federal disminuyó su producción de carne y el Estado de Méxi-

co la incrementó en aproximadamente nueve veces, lo que indica que las labores de matanza y operaciones subsiguientes fueron trasladadas a esta entidad. En cuanto a la producción de carne de cerdo, los principales estados productores fueron: Jalisco y el Estado de México, cuya producción representó el 13.9 % y el 18.9 % respectivamente del volumen total sacrificado. La tabla 3.12 contiene la producción de carne en canal por tipo de ganado, en el período 1960-1978. (33).

En 1978, México tenía un consumo de carne de 8.9 Kg/persona; mientras que los Estados Unidos de América de 54.7 Kg/persona; Argentina de 103.2; la URSS de 27.1; y el Reino Unido de 21.5 Kg per capita. (34).

En 1983, la producción de carne de bovino fué de 1,030,167 toneladas, siendo el estado de Veracruz el mayor productor y el estado de Jalisco el segundo; en cuanto a la producción de ganado porcino, el estado de Michoacán fué el primer productor de carne en el país; la tabla 3.13, contiene la producción de carne y sacrificios realizados durante este año en México. (26).

Sacrificio de Ganado.

Para sacrificar el ganado destinado al abasto público se utilizan lugares denominados rastros o mataderos; estos establecimientos están regidos por Leyes y Reglamentos instituidos por autoridades sanitarias, los cuales regulan, entre otros: la sanidad de los locales y su construcción, según ciertas especificaciones; que el sistema de drenaje y el de suministro de agua potable, cumplan con las necesidades del rastro; que el manejo de los productos comestibles y no comestibles sea realizado en áreas separadas; que los pisos y paredes sean de una construcción adecuada para un buen lavado; los sanitarios - del personal deberán estar condicionados según las necesida-

des de aseo del personal, los implementos, utensilios, carros de transporte, recipientes, cuchillos y otros accesorios que estén en contacto con la carne, deben estar perfectamente limpios y desinfectados. Todos estos preceptos y algunos más que están plasmados en las leyes y reglamentos son para prevenir, evitar y controlar la contaminación de la carne.

La matanza del ganado que se realiza en los rastros o mataderos tanto en Europa como en América sigue casi un mismo procedimiento. Los animales que serán sacrificados son conducidos a los corrales de retención, generalmente son de 5 a 10 animales; posteriormente pasan al área de matanza, en éste sitio los animales son aturdidos mediante un arma llamada "pistolete" que tiene un punzón, la cual lanza un estilete que, sin desprenderse del cañón, sale con gran fuerza y taladra el cráneo, la herida provoca inmediatamente la caída del animal; este método es el más empleado, también frecuentemente se emplea la descarga eléctrica, para lo cual se utilizan electrodos, generalmente se utiliza éste sistema para aturdir cerdos; una vez aturdidos, se procede inmediatamente a la sangría o degüello, algunos autores señalan que después del aturdimiento se deben suspender a las reses por medio de cadenas, de esta forma el animal colgado, su cabeza se encuentra cerca del suelo, y seguidamente se realiza una incisión a la entrada del pecho, es importante señalar que durante éste proceso se recolecta casi la totalidad de la sangre ya que ésta se utiliza algunas veces para consumo humano; cuando el animal ha sido completamente desangrado, se preparará la canal de res, o sea se comienza por el desuello, que es la remoción de la piel, por lo general se realiza en forma manual con cuchillos, también suele practicarse en forma mecánica mediante un desallador; el ganado porcino se entrega al consumo con la piel, por lo cual se elimina el pelo, ésta operación de

pelado o rasurado se facilita con el escaldado, que consiste en sumergir al cerdo desangrado en un tanque que varía de dimensiones según la capacidad de matanza, por un tiempo de 3 a 4 minutos, dicho tanque contiene agua a una temperatura de aproximadamente 90°C , posteriormente el animal se retira del agua y se coloca en la máquina rasuradora, que elimina la mayor parte del pelo; después, se procede a realizar al mismo tiempo la evisceración y corte de las extremidades, cabeza y cola; las vísceras desprendidas de los canales se trasladan a áreas específicas para su limpieza; posteriormente se hace un corte longitudinal en dos partes y con mangueras se limpia el interior de la canal; ésta aun colgada se pasa a la sección de oseo, inspección sanitaria, pesado y cámara frigorífica; y finalmente se dispone a la venta. (18, 20)

3.4. Origen de los Contaminantes en la Industria de la Carne

Durante el procesamiento de la carne se generan gran cantidad de contaminantes que provienen de los distintos procesos y operaciones. Para el tratamiento de las aguas residuales producidas en la industria de la carne, es necesario identificar los procesos en los cuales hay generación de material contaminante que después es recolectado, conducido y evacuado, ya sea al sistema de drenaje municipal si la industria está situada en una ciudad, o a un cuerpo de agua si se localiza en zonas agrícolas; también es esencial caracterizar por medio de análisis físicos, químicos y bacteriológicos las aguas residuales de la industria de la carne. La mayoría de los autores, para fines prácticos han dividido a la industria en tres categorías según sus categorías, a saber:

Hastros: Establecimientos dedicados a la matanza y producción de canales para el abasto.

Empacadoras; Establecimientos donde se realiza además de la matanza y producción de canales, el procesamiento de carne como ahumado, embutido, cocido, cuardo, etc.

Plantas procesadoras; Establecimientos donde se procesa la carne, como enlatado, embutido y -- otros; sin las operaciones de matanza.

Las aguas residuales generadas en los rastros y empacadoras presentan valores típicos que generalmente son evaluados en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO_5), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Materia Flotante y Grasas; además, algunas de las descargas tienen elevadas temperaturas y comúnmente contienen: sangre, pedazos de carne, sebos, excrementos, suciedad, pelos, trozos de vísceras, restos de pezuñas, entre otros. (10, 15)

En un estudio realizado por Mohlman F.W., señala los siguientes parámetros encontrados en una empacadora. (21)

Parámetro	Valor
Gasto m^3 /ton (sacrificio)	7.0-33.0
DBO_5 Kg/ton (sacrificio)	13.10
SST Kg/ton (sacrificio)	10.30
Nitrógeno Total Kg/ton (sac.)	1.58
Grasa Kg/ton (sacrificio)	1.20

La Environmental Protection Agency, encuentra los siguientes valores para rastros, empacadoras y procesadoras de producción media. (40)

V a l o r

Parámetro	Rastro	Empacadora	Procesadora
Gasto m ³ /ton'	5.80	8.730	10.55
DBO Kg/ton'	5.80	12.10	5.70
SST Kg/ton'	4.70	8.70	2.70
Grasa kg/ton'	2.50	6.0	2.10

'Tonelada de peso vivo sacrificado

Los resultados del analisis de aguas residuales de un rastro y una empacadora de carne se señalan a continuación.(15).

Parámetro	Rastro			Empacadora		
	Tipo de sacrificio					
	Combinado	Vacuno	Cerdo	Combinado	Vacuno	Cerdo
Volumen m ³ /animal	1.35	1.49	0.54	3.76	8.28	2.08
DBO ₅ (mg/l)	2240	996	1045	635	448	1031
SST(mg/l)	929	820	717	457	467	633
Nitrógeno						
Orgánico (mg/l)	324	154	122	133	-	-

Degremont.G., autor francés, señala las siguientes características de caudales de rastros.(5)

Animales sacrificados	Triperia	Evacuación de excremento	Caudal de agua residual(por Kg de peso en canal)
Cerdo	poco		8 l
Ganado menor	Importante	en seco	5 l
		hidráulico	15 l
Ganado mayor	Importante	en seco	13 l
		hidráulico	27 l

Steffen A.J. indica los siguientes resultados de análisis de aguas de rastros, empacadoras y procesadoras de carne. (36).

Parámetro (mg/l)	Rastro	Empacadora	Procesadora
DBO ₅	650-2200	400-3000	200-800
SST	930-3000	230-3000	200-800
Grasa	200-1000	200-1000	100-300

Carga de aguas
residuales
(Kg/ton)'

DBO ₅	9.2-10.8	11.7-18.7	6.7 (1)
SST	12.5-15.4	6.7-12.5	6.7 (1)
Grasa	3.3-4.2	5.8-6.3	2.5-33 (1)

Gasto de aguas
residuales

(m ³ /ton)	4.17-16.68	6.25-29.2	8.34-33.37
-----------------------	------------	-----------	------------

Dutterer, G.M., encuentra los siguientes valores de un efluente en un rastro. (13)

Parámetro	Valor
DBO ₅ mg/l	1,700
SST mg/l	1,090
Grasa mg/l	90
pH	6.6
Gasto m ³ /cerdo	0.757

' Peso vivo sacrificado.

(1) Por tonelada de producto terminado.

Estos resultados de análisis de aguas residuales descargadas, varían según las prácticas de evacuación de desechos sólidos, la importancia del proceso de lavado de tripas, naturaleza de los animales sacrificados, volumen de producción de canales y productos procesados, prácticas tendientes a recuperar subproductos como sangre, sebos, contenidos de panzas, etc; y de los programas de limpieza y economía de agua. (38).

Los efluentes de las plantas procesadoras de carne son similares en composición a las aguas residuales de origen doméstico; sin embargo, el contenido total orgánico de estos efluentes es considerablemente más alto que aquellos procedentes de desechos domésticos; además, el peligro de organismos patógenos en las aguas de rastros y empacadoras es mínimo cuando es comparado con las aguas residuales de origen doméstico.

Dentro de los rastros y empacadoras se generan en los corrales donde se retiene el ganado antes del sacrificio, desechos que contiene excrementos de los animales que pueden sólidos o líquidos; la cantidad y concentración varía ampliamente dependiendo tanto de la frecuencia de retiro de heces, como del lavado. Un análisis de un corral de Chicago, reportó los siguientes datos: (15)

Características	Concentración (mg/l)
SST	173
SSV	132
Nitrógeno Orgánico	11
Nitrógeno Amoniacal	8
DBO	64
Gasto (m^3 /Ha)	21.58

Durante las operaciones de desangrado, se procura recuperar casi la totalidad de la sangre, aunque una pequeña parte se

pierde en el drenaje, ésta tiene una DBO mayor que cualquier otro desecho; se ha estimado que tiene una DBO de 150 000 a 200 000 mg/l, por lo cual la carga equivalente de un animal sacrificado en un día equivale a la de 50 personas.

Durante el vaciado y lavado de los estómagos (panzas), intestinos (tripas), y de vísceras se generan cantidades significativas de material contaminante, aunque la mayor parte de los sólidos gruesos se separan; en Nueva Zelanda se ha estimado que se producen 40 ton/día de material sólido húmedo. (4).

En los rastros donde se sacrifica tanto ganado vacuno, como porcino, la operación de escaldado para los cerdos, genera contaminantes como suciedad, restos de sangre, pelo y otros que son acumulados en el tanque y que posteriormente son vertidos; se ha reportado que 100 cerdos producen 5.08 Kg de DBO y 10.65 Kg de Sólidos Suspendedos Totales y que un 30 % de la DBO y un 80 % de los SST sedimentan en el tanque. (38)

El lavado de las canales en los rastros, ya sea de cerdos o de reses produce contaminantes como sangre, pedazos de carne, sebos y otros que van directamente al drenaje. (38).

Las empacadoras de carne, presentan los mismos problemas de contaminación antes mencionados; en algunos de estos establecimientos se obtienen grasas comestibles (mantecas) y no comestibles (sebos), donde la alta producción de desechos depende del método empleado para la extracción, ya que el método por extracción húmeda sin evaporación del tanque de agua es la mayor fuente de contaminación, generando algunas veces una DBO de casi 22 000 mg/l. En algunos rastros donde se realiza la evaporación en el tanque la descarga del volumen de aguas residuales se disminuye a la mitad. (38).

En el proceso de corte y deshuesado de las empacadoras y pro

cesadoras de carne, se desechan pedazos de carne, huesos y grasa que son arrojadas al sistema de drenaje, además éstas, durante el procesamiento de las carnes, embutido, ahumado, encurtido también producen desechos como grasa emulsificada, pedazos de carne y cantidades considerables de sales.

En las operaciones de limpieza dentro de los rastros, empacadoras y procesadoras de carne, se emplean mangueras de alta presión que arrastran todo tipo de desechos como restos de sangre, sebos, contenidos de panzas y otros. (38).

La tabla 3.14 presenta las características de las aguas residuales de cada proceso en una empacadora, y la figura 3.3 muestra el diagrama de flujo de una empacadora de carne, donde se señalan las fuentes de contaminación, así como los subproductos obtenidos en cada proceso.

3.5 Sistemas de tratamiento para las aguas residuales generadas en la Industria de la Carne.

La Industria de la Carne genera grandes volúmenes de aguas que contienen altas concentraciones de materia orgánica, tales como sustancias nitrógenadas, sólidos suspendidos y disueltos, y grasas; para lo cual se utilizan sistemas de tratamiento que reducen o eliminan tales contaminantes que posteriormente se desocargan al sistema de drenaje urbano; esto no es una práctica muy común en algunos países, sobre todo cuando los rastros se encuentran en las ciudades. Dichos sistemas de tratamiento varían según el volumen y concentración de las descargas, así como del nivel requerido de tratamiento para los efluentes; es importante señalar que la recuperación de subproductos disminuyen tanto el volumen como la concentración de desechos en las aguas residuales. (40).

Para determinar el grado y tipo de tratamiento se consideran ciertos factores como: concentración de contaminantes, disponibilidad del sistema del drenaje municipal, tipo de tratamiento municipal, si existe, dilución disponible del cuerpo receptor y reglamentos tanto federales como municipales.

Dentro de los sistemas de tratamiento utilizados para la depuración de las aguas residuales provenientes de rastros, empacadoras y procesadoras se emplean los métodos convencionales -- que se aplican a los efluentes municipales e industriales. La figura 3.4 muestra el diagrama de flujo de los procesos típicos de tratamiento. La clasificación de los métodos de tratamiento depende de la remoción del contaminante del agua de desecho, pudiendo ser por medios físicos, químicos y biológicos. Los métodos usuales están clasificados como operaciones unitarias físicas, procesos unitarios químicos y procesos unitarios biológicos, aunque estas operaciones y procesos pueden presentarse en una variedad de combinaciones en los sistemas de tratamiento. A continuación se presentan los niveles de tratamiento:

Pretratamiento o tratamiento primario.

Este se efectúa con la finalidad de disminuir la cantidad de sólidos gruesos como: pelos, pedazos de carne y sebos, principalmente; al mismo tiempo en ésta etapa se homogenizan las aguas residuales que provienen de las distintas áreas involucradas en la producción de carne y se regula el volumen para mantenerlo constante para él o los subsecuentes tratamientos. El pretratamiento es importante realizarlo antes de descargar las aguas al sistema de drenaje urbano. La regulación se flujo en los efluentes de la Industria de la Carne se realiza en tanques de retención, que cuentan con equipo de bombeo diseña-

do para reducir las fluctuaciones de volumen de agua; además, éstos sistemas pueden ser económicamente beneficios si la industria realiza el tratamiento de sus propios desechos; el almacenamiento de las aguas residuales se realiza para la recirculación o reuso y en algunas ocasiones para mantener el flujo constante durante un período de 24 hs. El tanque de regulación se caracteriza por tener un gasto de entrada variable y un gasto de salida constante; las lagunas y estanques - pueden servir como tanques de regulación; su construcción se realiza con acero o concreto, siendo generalmente descubiertos.

Por otro lado, debido a que la gran cantidad de material contaminante contenido en las aguas de desecho 'originalmente' son sólidos (partículas de carne y grasa), o lodos (sólidos del estiercol), es importante separarlos con el empleo de cribas o mallas como un proceso esencial en el pretratamiento de dichas aguas; sin embargo, cuando estos materiales se descargan al drenaje, están sujetos a turbulencias, bombeos y otros fenómenos que los rompen incrementándose la DBO. Para el cribado de las aguas se emplean cribas o mallas estáticas que se utilizan para recuperar materia suspendida de los efluentes de rastros y empacadoras. La instalación de éste equipo - representa nuevas funciones o conceptos en la recuperación de subproductos, generalmente involucra la recirculación de las aguas de desecho y la utilización de los sólidos recuperados. En algunas ocasiones se utilizan mallas estacionarias que se instalan para reemplazar las cribas que requieren de partes móviles. La principal función de una malla es retener y separar los sólidos coloidales y suspendidos presentes en un fluido. La remoción de dichos sólidos se efectúa mediante

el drenado por gravedad, para lo cual se emplean mallas cónicas diseñadas para ser alimentadas por fluidos a presión y se adaptan según las necesidades de la industria. Generalmente se utilizan para el manejo de suspensiones que contienen grasas, líquidos viscosos con materia fibrosa suspendida y su fabricación es de acero inoxidable, con una superficie extremadamente rugosa. Las aberturas de las cribas varían de 0.25 mm a 1.5 mm (0.01-0.06 in) satisfacen las necesidades de cribado en la industria de la carne. Los contenidos de los estómagos de las reses, que consisten en fluidos que contienen paja, granos y sólidos menores diversos, se retienen mediante el uso de estos dispositivos que tienen aberturas de 1.01mm (0.04 in) con un ancho de malla de 182.8 cm (72 in) y un gasto de 2.271 m³/min (600 gal/min). Los contenidos de los estómagos de cerdos que son granos enteros y despedazados, algo de pelo y grasa, se utilizan mallas de 1.01 mm (0.04 in) con un ancho de malla de - 182.8 cm (72 in) y un gasto de 1.89 m³/min (500 gal/min). Para recuperar pelo de cerdo durante la etapa de rasurado se emplean unidades de abertura de 0.5 mm (0.02 in), de 182 cm de ancho (72 in) y un gasto de 1.51-1.89 m³/min. También este tipo de mallas son muy eficaces para separar las cenizas producidas durante el ahumado. Una típica operación de cribado en una corriente de aguas de desecho de un rastro para ganado ovino y porcino opera con una malla que tiene un ancho de 182.8 cm (72 in) y - abertura de 0.10 mm (0.04 in) proporcionó los siguientes resultados:

Gasto promedio	2.08 m ³ /min (550 gal/min)
Remoción de sólidos	4.536 ton/día (10,000 lb/día)'
Sólidos no retenidos	2.756 ton/día (6,076 lb/día)'
Remoción de sólidos	62.5 %

'peso seco.

También en el tratamiento de las aguas residuales de rastros y empacadoras de carne se utilizan mallas vibradoras, las cuales criban las aguas generadas en las áreas de lavado de panzas, rasurado de cerdos, área de matanza y para separar pedazos de carne y hueso; éste tipo de mallas están formadas de tres partes fundamentales que son: la estructura vibradora o caja, que sostiene el medio de cribado; el mecanismo vibrador que generalmente se encuentra en posición horizontal y el medio de cribado, que puede ser de tela, laminas perforadas o paños. Existen otro tipo de dispositivos que se utilizan para la re moción de sólidos, que son las mallas de tipo tambor, que están provistas de una tela de malla fina de acero inoxidable. El efluente tratado por estos dispositivos se puede emplear como agua de lavado de pisos y generalmente presentan eficiencias de re moción de sólidos superior al 82 %.(6,14,38)

La separación de grasas y sólidos suspendidos se puede efectuar mediante gravedad o flotación. Siempre que un líquido que contenga sólidos en suspensión se encuentre en estado de relativo reposo, los sólidos de un peso específico superior al del líquido, tienden a depositarse; y los de menor peso a ascen der. Estos principios se utilizan para separar grasas y sólidos suspendidos por sedimentación y flotación. Los tanques separadores de grasa consisten en un depósito dispuesto de tal manera que la materia flotante permanezca en la superficie del agua hasta que por medio de unas rastras se recoja y elimine, mientras que el líquido sale en forma continua a través de una abertura situada en el fondo o por debajo del nivel del líquido. La finalidad de los separadores de grasa o tanques de se dimentación primaria es remover del agua residual las sustancias más ligeras que tienden a flotar; el material que se reco

coge incluye aceites, grasas, jabón, residuos vegetales, espumas y otros. La mayoría de los sedimentadores son rectangulares o circulares y están diseñados para tiempos de retención de 10 a 30 minutos; la salida de las aguas se encuentra sumergida y está en el lado opuesto de la entrada, estos tanques generalmente se sitúan próximos a la fuente productora de grasa; en el mercado existen diversas patentes, su construcción puede ser de acero o concreto. Dichos tanques en un principio fueron diseñados para la separación de grasas y sólidos de los efluentes de plantas procesadoras de carne y el subproducto recuperado fue grasa comerciable; debido a esto, todos los mejoramientos fueron centrados en el desnatado, por lo cual diversos tanques separadores de grasa no están equipados con dispositivos automáticos para eliminar lodo sedimentado, actualmente ya cuentan con sistemas de extracción de lodos. Para el diseño de tales tanques se tiene que considerar la tasa de flujo o sea el gasto y especificar el tiempo de retención, para lo cual se recomienda un tiempo de 30 a 40 minutos, una profundidad de 1.5 a 1.8 m, un ancho de casi 3.5 m, las rastras colocadas a intervalos de 3 m y una velocidad de estas de 0.6 a 1.2 m/min. Las espumas y natas se recogen en el extremo y son atrapadas por deflectores (trampas de madera o concreto) y posteriormente se recolectan. Estos sedimentadores disminuyen de 20 a 30 % de la DBO; 40 a 50 % de SST y 50 a 60 % de grasa (solubles al hexano); figura 3.5.

La flotación por aire disuelto es una operación utilizada para separar partículas líquidas o sólidas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de aire en dicha fase; las burbujas se adhieren a las partículas y la fuerza ascendente del conjunto partícula burbuja es tal

que sube a la superficie; de esta forma se elevan partículas de densidad mayor que la del agua y con las partículas de densidad menor se facilita. En los sistemas de flotación por aire disuelto, el aire se disuelve en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas y posteriormente se libera la presión, hasta el nivel atmosférico. Para el diseño del equipo es necesario realizar pruebas de laboratorio para determinar la velocidad de elevación de las partículas. En la Industria de la Carne estos sistemas han tenido buenos resultados obteniéndose reducciones de la DBO de 64 %; de SST 17 % y Grasas 87 %; figura 3.6.

Para mejorar tanto la calidad del agua como la calidad de las grasas recuperables se han realizado combinaciones en el pretratamiento como puede ser cribado, tanques de sedimentación, seguidos por una unidad de flotación con aire disuelto; otras combinaciones para el pretratamiento comienza con el cribado individual de cada corriente seguido por una sedimentación y posteriormente por una unidad de flotación con aire disuelto; también se combinan los tanques sedimentadores con tiempos de retención de 25 a 30 minutos, seguidos por una flotación con aire disuelto se producen excelentes resultados, ya que el tanque sedimentador elimina los sólidos más grandes y por lo tanto reduce los requerimientos necesarios para el tratamiento en las unidades de flotación. (12,14,38).

El tratamiento químico mejora la recuperación de grasas cuando se aplica directamente antes de someter el efluente a los sistemas de flotación; dicho tratamiento también se puede mejorar mediante la separación por sedimentación; el uso de agentes químicos para aumentar la floculación y coagulación, además de la flotación; por lo general la flo--

tación se realiza sin la adición de estos agentes, a menos que la calidad del efluente deba ser mejorada, para lo cual se emplea el alumbre (sales de Aluminio) como un coagulante con o sin la adición de polímeros; también se utiliza el cloruro férrico con o sin adición de polímeros, sin embargo, existen restricciones para el contenido de hierro en alimentos destinados al ganado, ya que algunas grasas se emplean como complemento alimenticio en productos agropecuarios; por otro lado, los polímeros mejoran la coagulación y su utilización se hace cada día más común, además, seleccionando un polímero adecuado a un pH óptimo y bajo condiciones controladas de mezclado, no se requiere de otro reactivo. También se emplea el cloruro de zinc como coagulante con polímeros a un pH óptimo por lo cual es necesario realizar pruebas preliminares de coagulación.(38).

Tratamiento secundario.

Los métodos de tratamiento secundario frecuentemente emplean procesos biológicos para las aguas de desecho vertidas por la industria de la carne, estos métodos se utilizan con la finalidad de disminuir el contenido de material contaminante. Los procesos biológicos son capaces de proporcionar un tratamiento completo y realizan reducciones de 70 a 95 % de la DBO y de 80 a 95 % de Sólidos Suspendidos. Es importante señalar, que cada sistema tiene sus ventajas y desventajas, por lo que el grado de tratamiento requerido, el sitio de localización, costo de operación y mantenimiento dictaminará la selección del sistema de tratamiento. Estos procesos son los siguientes;

*Procesos Anaerobios

Estos se han empleado para depurar las aguas de desecho de la Industria de la Carne, ya que la naturaleza del material

contaminante es adecuada para que este tipo de actividad biológica sea factible de realizarse. Las altas concentraciones de DBO y Sólidos Suspendidos que son características típicas de un efluente de una empacadora o rastro, son los elementos necesarios para este tratamiento. Las bacterias anaerobias se desarrollan en ausencia del oxígeno libre, degradan la materia orgánica en compuestos metabólicos finales como ácido sulfhídrico, metano y otros. Además el tratamiento anaerobio es un método económico para la remoción de cantidades considerables de DBO y Sólidos Suspendidos, los sistemas que se emplean son las lagunas anaerobias o las unidades de contacto anaerobio.

Las lagunas anaerobias funcionan adecuadamente para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de rastros y empacadoras, ya que contienen cantidades considerables de proteínas, grasas, nutrientes y temperaturas algunas veces elevadas; dichas lagunas se diseñan con una proporción de superficie reducida y poco volumen, con la finalidad de conservar el calor en esta; las profundidades varían de 3.6 a 5.1 m y las cargas de materia orgánica fluctúan entre 0.19 a 0.45 Kg/m³ de DBO. Para los efluentes de plantas procesadoras de carne generalmente se aplican cargas de 0.23 a 0.32 Kg de DBO/m³; un típico sistema lagunar consiste de una o más lagunas rectangulares o cuadradas con una profundidad de 4.57 m, con la entrada en el fondo; es importante mencionar que la capa de lodo que se encuentra en el fondo contiene microorganismos activos que entran en contacto con el desecho que penetra a la laguna; el exceso de grasa que flota en la superficie forma una capa de nata la cual favorece el proceso anaerobio, retiene el calor y restringe los olores desagradables. Las ventajas de un sistema anaerobio son; bajo costo inicial, facilidad de operación, alta capacidad de asi-

milación de fuertes cargas de materia orgánica y alta capacidad para el manejo de grandes cantidades de grasa. Dentro de los inconvenientes del uso de este sistema se puede mencionar que las lagunas que contienen altas concentraciones de sulfatos no son aptas para ser tratadas mediante este sistema, debido principalmente a que las bacterias anaerobias toman el oxígeno de los sulfatos, produciendo grandes cantidades de gas sulfhídrico, provocando olores desagradables; también, un efluente de una laguna anaerobia generalmente contiene más de 100 mg/l de nitrógeno amoniacal y la presencia de éste resulta ser tóxico para los peces en concentraciones de 3-5 mg/l; por lo que se recomienda un tratamiento adicional que nitrifique para no alterar la vida acuática.

Los procesos de contacto anaerobio son similares en varios aspectos a los procesos de lodos activados, ya que la primera fase es una gran estabilización por contacto entre los microorganismos y nutrientes en un medio favorable, después del contacto, el lodo formado por los organismos y la materia orgánica aglomerada es separada del líquido tratado y retornado al proceso, para servir como semilla para las aguas crudas entrantes; los organismos digieren la materia orgánica en la masa de lodo durante la recirculación y en el proceso de tratamiento. Estos sistemas consisten básicamente de un digestor anaerobio con equipo de mezclado, sistema de desgasificación y un clarificador o sedimentador; los períodos de retención son cortos de 6 a 12 horas y el control de pH es esencial para una buena operación, por lo cual la cal y el bicarbonato de sodio se emplean para aumentar el pH de las aguas crudas. Las unidades de los digestores anaerobios generalmente se cargan entre 1.6 y 3.2 Kg de DBO /m³.día. a una temperatura de aproximadamente 32-35 °C. Las eficiencias de remoción de DBO son de 85-93 %. (40)

Sistemas de lagunas aerobias

El tratamiento de desechos líquidos de origen industrial o domestico, asi como aquellos provenientes de plantas empaadoras o rastros, frecuentemente se realiza por medio de lagunas aerobias. Generalmente estas se clasifican en dos tipos; lagunas aerobias en las cuales se introduce oxígeno mecánicamente; y lagunas de oxidación por acción de olas. Las lagunas aerobias por lo general se utilizan para proporcionar un tratamiento adicional a los efluentes provenientes de los sistemas lagunares anaerobios; este tipo de lagunas también se conoce como lagunas aereadas, las cuales se diseñan para tener tiempos de retención de 2 a 10 días, teniendo profundidades de 2.5 a 4.5 m, empleando sistemas de aereación que pueden ser aereadores fijos de tipo turbina, aereadores flotantes tipo propela y unidades de difusión de aire. En la mayoría de los casos se aplica una baja turbulencia al tanque, con la finalidad de mantener los sólidos en suspensión, y aquellos sólidos que sedimenten puedan ser degradados anaerobicamente; la remoción de la DBO en estos sistemas depende de la temperatura, tiempo de retención y de las características del influente. Las lagunas aereadas empleadas para los efluentes de la Industria de la Carne, están diseñadas para realizar reducciones de DBO en promedio de 50 a 60 %; cuando se utilizan conectadas en serie con lagunas anaerobias, al efluente de estas se le aplica suficiente oxígeno para establecer un estado aerobio y oxidar los sulfuros, además de proporcionar un tratamiento biológico adicional. Sin embargo, exige una minima remoción de nitrógeno amoniacal, por lo cual se emplea una laguna de oxidación para capturar sólidos suspendidos y mejorar el tratamiento.

Las lagunas de oxidación son de baja profundidad y se emplean tiempos de retención de varios meses; estas lagunas se han utilizado para el tratamiento de desechos de origen doméstico e industrial proporcionando un alto grado de remoción de materia orgánica. Sin embargo, la eficiencia de remoción puede no ser adecuada para descargar aguas tratadas a un cuerpo de agua en particular, por lo cual se recomienda estudiar al cuerpo receptor, ya que el efluente de las lagunas contiene algas que al desarrollarse en un medio favorable provocan efectos desagradables tanto en olor como en sabor. Estas lagunas pueden tratar desechos de rastros y empacadoras y generalmente proceden de lagunas anaerobias o lagunas anaerobias conectadas a lagunas aeradas, incluso con los tratamientos anteriores, la DBO remanente que puede ser considerable se degrada fácilmente; por lo antes mencionado las lagunas conservan una relación de carga mínima. Con el propósito de disminuir los problemas de olores desagradables y para proporcionar un alto grado de tratamiento, se requiere de grandes extensiones de terreno para diseñar adecuadamente las lagunas; por otro lado, la profundidad del agua en éstas, varía de 1 a 2.5 m y las cargas entre 22 y 45 Kg de DBO/Ha; para el tratamiento de aguas de rastros se emplean cargas superiores de 112 a 168 Kg DBO/Ha y se obtienen remociones de materia orgánica muy altas, sin embargo pueden existir problemas de olores desagradables, por tal motivo se utilizan cargas de 28 a 33 Kg/Ha. El efluente de estas lagunas no necesita de cloración pero algunas ocasiones se requiere cuando se encuentran bacterias patógenas, las lagunas generalmente se construyen rectangulares y algunas veces se utilizan dos o más lagunas en paralelo, con el fin evitar el uso de grandes áreas de terreno. Las lagunas de estabilización o de oxidación también se construyen en serie para proporcionar posteriormen

te distintos grados de tratamiento y cuando estas se usan después de lagunas anaerobias o aereadas, tienen eficiencias de remoción de contaminantes de casi 80 % en la primera etapa; debido a esto el efluente se puede reutilizar para riego agrícola. A continuación se presentan valores promedios de sistemas lagunares que no emplean aereación complementaria y que tratan desechos de la Industria de la Carne: '(14,37,40)

Parámetro	Rango	Media
Carga, Kg/día Ha	15.7-280.5	72
Profundidad, m	0.45-2.7	0.9
Area, Ha.	0.0162-3.0	0.5
Tiempo de ret. días	3-326	70

*Lodos Activados.

Los sistemas de tratamiento biológicos de lodos activados son procesos en los cuales hay producción de una masa de microorganismos activos, que en condiciones aerobias utilizan el agua residual; actualmente existen diversas variaciones del proceso. Fundamentalmente en el tratamiento de aguas, estas se estabilizan biológicamente en un reactor bajo condiciones aerobias, lo gradas mediante el uso de aeradores, ya sea por difusión de aire o mecánicos; una vez tratada el agua, la masa biológica resultante se separa del líquido en un tanque sedimentador y parte de los sólidos biológicos sedimentados son retornados al reactor y la masa sobrante se desecha. En dicho proceso las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que degradan la materia orgánica de las aguas residuales, debido a que las bacterias aerobias y facultativas utilizan como alimento la materia para obtener energía que es consumida en la síntesis de nuevas células y productos metabólicos como nitró

tos, sulfatos y dióxido de carbono. Existen otros microorganismos que tienen actividad en la degradación de la materia orgánica, como los protozoarios y rotíferos que actúan como depuradores del efluente. Los protozoarios consumen bacterias dispersas que no han flocculado y los rotíferos consumen partículas biológicas sin importar su naturaleza, que no han sedimentado. Es importante que las bacterias degraden rápidamente la materia y que se forme un floculo adecuado ya que es necesario, para separar los sólidos biológicos en un sedimentador secundario. Se ha determinado que cuando el tiempo de retención celular o sea el tiempo que permanece sujeto a aereación una partícula de sólidos en suspensión es grande se mejoran las características de sedimentación del floculo, esto se debe a que cuando aumenta la edad media de las células, la carga superficial de las mismas se reduce y los microorganismos comienzan a producir polímeros extracelulares, quedando posteriormente envueltos en una capa viscosa. La presencia de estos polímeros y la capa viscosa favorecen la formación de floculos que se eliminan por sedimentación. Para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico se emplean tiempos de retención celular de 3 a 4 días, para obtener una buena sedimentación; los lodos activados están formados por floculos pardos que consisten, principalmente de materia orgánica procedente de las aguas residuales poblados por bacterias y otras formas de vida. Estos lodos tienen la propiedad de absorber y adsorber la materia orgánica coloidal y disuelta, incluyendo el amoníaco que posteriormente lo transforman a nitratos, por lo cual para un influente que contenga elevadas concentraciones de amoníaco es necesario suministrar mayores cantidades de oxígeno, ya que las bacterias nitrifican-

tes son autótrofas. También se requiere de un mayor tiempo de retención celular; además, como proceso biológico, la eficiencia para estabilizar la materia orgánica depende de la temperatura, pH, condiciones del influente, tiempo de retención celular, entre otros.

Para el tratamiento de las aguas residuales mediante el sistema de lodos activados, existen diversas variaciones de las cuales la más utilizada es el sistema convencional. Este proceso consiste en un tanque de sedimentación primaria, donde se eliminan los sólidos sedimentables; tanque de aereación donde se mezclan los lodos activos y las aguas de desecho, con adición de aire, para realizar la oxidación de la materia orgánica; tanque de sedimentación secundario, donde se separan los lodos biológicamente activos del agua tratada; y la recirculación de los lodos activos. Este proceso asegura un número adecuado de microorganismos; tanto el influente sedimentado como los lodos recirculados que entran al tanque por un extremo son aerados por un período de 6 hs, la aereación permite que se mezclen íntimamente las aguas residuales crudas y los lodos, dicha aereación se realiza por medio de difusores de aire a baja presión o por sistemas mecánicos. Posteriormente las aguas contenidas en el tanque de aereación se sedimentan y los lodos se recirculan en una proporción aproximadamente de 25-50 % del caudal del influente. Este proceso convencional es capaz de realizar reducciones de DBO de 90 a 95 % y puede producir un efluente estabilizado poco nitrificado. (14, 40)

Filtros Percoladores.

En este sistema las aguas residuales se someten a un tratamiento primario, posteriormente el agua es rociada sobre un medio que puede ser piedra y se deja que filtre a través del le

cho, este medio filtrante es sumamente permeable al cual se adhieren los microorganismos, su tamaño varia entre 2.5 a 10 m de diametro y la profundidad media del lecho de 1.8 m; el filtro puede ser rectangular o circular, el más común es el circular que emplea un sistema de distribución radial con boquillas. El medio filtrante sirve para proporcionar una gran superficie de contacto entre los microorganismos y el agua residual y también para que queden suficientes intersticios que permitan la circulación de aire en el filtro. Cuenta con un sistema recolector que cumple con la función de retirar las aguas residuales que han pasado a través del filtro y proporciona una ventilación adecuada a éste para mantenerlo en condiciones aerobias. La materia orgánica presente en el agua es degradada por los microorganismos adheridos al medio; esta es adsorbida sobre la película biológica en cuyas capas se degrada por los microorganismos aerobios. En la industria de la Carne se utilizan filtros de alta carga que emplean la recirculación del efluente final y manejan cargas hidráulicas de 80 000 a 400 000 m³ de aguas residuales/Ha de medio filtrante por día y cargas orgánicas de 0.4 a 0.8 Kg de DBO/m³ de medio filtrante por día; este tipo de sistema permite aumentar la carga hidráulica y la orgánica, por lo que el aumento de DBO se logra aplicando un mayor volumen de aguas residuales crudas al filtro; esto hace que disminuya la concentración de la DBO de las aguas que se aplican, pero da como resultado una mayor carga de DBO al día obteniéndose eficiencias de remoción hasta de 90 %; por otro lado, el tanque de sedimentación secundaria se emplea con el propósito de sedimentar los microorganismos viables que se desprendieron y recircularlos como sólidos suspendidos. (6,40)

• Discos Biológicos Rotatorios.

El sistema de discos biológicos es un sistema de tratamiento secundario donde los microorganismos se encuentran adheridos a un soporte que esta en movimiento; generalmente este soporte es poliestireno, el cual resulta ser muy adecuado. El sistema consiste en discos que van de 1 a 3 m de diametro, construidos con material de soporte, los cuales se ensamblan sobre un eje horizontal y se colocan en un tanque; los discos se sumergen parcialmente en el agua, aproximadamente el 40 % del área superficial, donde giran lentamente; los microorganismos presentes en el agua residual se adhieren a las superficies giratoria después de un tiempo (7 días). Posteriormente toda la superficie del disco se cubre con una película de biomasa que tiene de 1 a 4 mm de espesor; esta gran población microbiana permite obtener un alto grado de tratamiento para tiempos de retención relativamente cortos. Generalmente las remociones de la DBO y de sólidos suspendidos dependen de la carga hidráulica, obteniéndose remociones de 94 y 96 % respectivamente; operando una carga hidráulica de $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ se remueve el 95 % de nitrógeno amoniacal (11).

3.6 Alternativas de reuso y disposición de las aguas residuales de la Industria de la Carne

En la Industria de la Carne, el reuso de las agua de desecho previamente tratadas se encuentra limitado principalmente por aspectos sanitarios y económicos, ya que legalmente se establece que el agua empleada dentro de la industria de la carne debe ser potable y cumplir con las normas para agua potable. Sin embargo, se puede suministrar agua no potable a los sistemas de enfriamiento o sistemas contra incendios siem-

pre y cuando estén aprobados por alguna autoridad sanitaria, (23,42).

Para reutilizar las aguas residuales tratadas dentro de la industria se pueden emplear líneas de drenaje independientes de cada una de las distintas áreas de una planta procesadora de carne; esta medida facilita la recolección de los desechos sólidos y líquidos por separado. Generalmente se utilizan líneas de drenaje para desechos grasos y no grasos, drenaje para excrementos, drenaje para sangre, drenaje de aguas blancas provenientes de las operaciones de congelación, condensación y aguas de lluvia; drenaje de aguas de lavado, etc.

Las aguas provenientes de los corrales y del lavado de estomas se recolectan mediante un sistema de drenaje independiente, posteriormente se someten a un pretratamiento por medio de cribas y después pasan a una unidad de flotación con aire disuelto; con esta práctica se obtienen desechos sólidos por separado y las aguas tratadas son empleadas para el lavado de pisos. (38). Las aguas residuales ya tratadas se pueden disponer en diversos sitios, la elección del lugar depende de los siguientes factores: localización de la planta, calidad del efluente tratado y reglamentaciones existentes; posteriormente se determina la alternativa adecuada para la disposición. Una de las alternativas más empleadas es la disposición en suelo, este método es apropiado cuando se cuenta con una área suficiente de terreno, por lo cual resulta menos costoso que un tratamiento terciario tanto en costos de operación y mantenimiento cuando se descargan las aguas tratadas a un cuerpo de agua.

La aplicación de aguas en el suelo es un método natural y eficiente para la disposición de desechos, debido a que durante el paso del agua a través de las capas del suelo, los contami-

nantes son removidos mediante procesos químicos, físicos y biológicos. Generalmente estos métodos de disposición están clasificados por la forma de aplicarse. Los métodos básicos de irrigación que pueden ser empleados para la disposición final son: irrigación por aspersión, que consiste en regar con las aguas residuales tratadas por medio de boquillas sobre un terreno a una tasa de aplicación medida en centímetros de agua por semana, donde las aguas mediante la infiltración y percolación penetran al suelo. La tasa de aplicación puede variar de 0.5 a 15.2 cm/semana, pero la más común es de 5.08 cm/semana; estas aguas residuales tratadas se pueden aplicar a terrenos que tengan cultivos, para llevar a cabo tal acción se debe tomar en cuenta el tipo de cultivo y principalmente que la parte comestible de este no entre en contacto con el suelo. Algunos cultivos que se pueden regar son: maíz, alfalfa, árboles frutales y otros; para estos cultivos los nutrientes contenidos en las aguas resultan ser beneficios para su desarrollo. El método de infiltración rápida es similar al riego por aspersión ya que el agua se aplica al suelo para infiltrarla y tratarla durante la percolación; sin embargo, con un sistema de infiltración rápida, la tasa de aplicación es más alta y el agua aplicada es por inundación. Dependiendo de las características del suelo, las tasas de aplicación pueden variar entre 15 y 60 cm/día. Es importante señalar que tanto para el sistema por aspersión como para el de infiltración rápida se debe tomar en cuenta la profundidad de los mantos acuíferos (37, 40)

3.7 Recuperación de subproductos.

Dentro de la industria uno de los principales problemas es el manejo y disposición de los desperdicios sólidos y líquidos que se producen durante el procesamiento de la carne. Dichos

desperdicios recolectados de las aguas residuales pueden emplearse para diversos fines, además, representan una fuente de ingresos económicos extras para la planta.

La sangre es uno de los principales subproductos obtenidos en los rastros y empacadoras, generalmente esta se recolecta para preparar productos comestibles. La sangre extraída de los animales mayores que generalmente es de 13 Kg o de 11 l, contiene aproximadamente el 18 % de proteína, lo que significa que con un sistema adecuado de higiene para la recolección, es una fuente importante de proteína para consumo humano, si es adicionada como complemento alimenticio, ya que la sangre contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y es una fuente considerable de hierro. En los rastros por lo general la sangre esta mezclada con agua y para separarla se emplean evaporadores, posteriormente la sangre puede ser coagulada y recolectada para después utilizarse como complemento alimenticio de ganado; (31,32)

El contenido de las panzas y estómagos se puede recuperar con o sin agua, estos desechos provienen del área de lavado de tripas, por lo cual se produce una DBO muy elevada, ya que los sólidos de la panza son casi 75 % agua y pesan entre 23 y 27 Kg - por animal y tienen una DBO de aproximadamente 100,000 mg/l, siendo el 80 % de la DBO soluble. La recolección de los desechos sólidos y su disposición en un área especial es una práctica muy común y estos desechos pueden mezclarse con otros para producir un producto sólido comerciable. En Nueva Zelanda se ha estimado que del material de las panzas se generan 40 - ton/día de sólidos húmedos dando 3.2 ton/día de sólidos secos y esta cantidad de desechos se recuperan en tanques de sedimentación primaria y se pasteurizan, para posteriormente emplearlos como complemento alimenticio para cerdos, ya que los con-

tenidos de los estómagos están formados por granos no digeridos ricos en proteínas y grasas. Por otro lado, los sólidos generados pueden fermentarse anaerobicamente para producir metano ya que la mayoría de los componentes son ricos en carbohidratos que son fácilmente degradables. (4).

Cuando se emplea un sistema de filtración se prensan los desechos sólidos y se obtiene una reducción al 50 % del volumen de los sólidos, la torta formada puede emplearse como combustible y el líquido recolectado que contiene proteínas solubles, puede concentrarse y pasteurizarse para utilizarse como alimento de ganado. Los sólidos que son recolectados del tanque de sedimentación pueden ser estabilizados aerobicamente (composteo) a temperaturas de aproximadamente 60°C. Por medio de este sistema la materia orgánica se estabiliza por la acción de microorganismos termófilos aerobios en un lapso de 40 días; por lo común se obtiene un producto de calidad microbiológica adecuada, sin olor desagradable, con un contenido de 0.5 % y - 0.3 % en peso de fósforo y nitrógeno respectivamente, este producto puede ser utilizado como mejorador de suelos agrícolas o como un abono para plantas ornamentales. (4).

La disposición directa de los desechos sólidos en suelos agrícolas puede ser una alternativa para el reuso de estos desechos, generalmente se aplican 7.5 ton/Ha de material continuamente de 3 a 4 meses y con volteos.

Durante las operaciones de lavado y limpieza de tripas, se puede recuperar grasas de buena calidad, empleando un tanque trampita pequeño cerca del área.

En las operaciones de corte y deshuesado se generan pedazos de carne y grasa que son arrastrados al sistema de drenaje, separándolos, se comercializan a productores de grasas no comesti

La recuperación de proteínas de un efluente de una empacadora de carne se realiza con el empleo de un sistema de tratamiento físicoquímico, este proceso remueve el 58 % del nitrógeno total, 80 % de la demanda de oxígeno y 94 % de grasas, aceites y sebos; para efectuar el proceso se emplea un tanque de sedimentación donde se adiciona ácido sulfúrico con la finalidad de disminuir el pH entre 2 y 3; se adiciona el lignosulfonato de calcio en cantidades proporcionales a la DQO -- presentan las aguas, para que floculen las proteínas que posteriormente son separadas en tanques de flotación con aire disuelto. Una vez eliminados los sólidos, el pH del efluente se eleva a 4 con la adición de hidróxido de calcio y se mezcla con las aguas crudas para obtener un pH final de 7; ya acondicionadas las aguas se tratan biológicamente. Con este sistema se puede obtener casi 1 Kg de proteína por cabeza de ganado, la cual se puede emplear como complemento alimenticio en productos agropecuarios. (39).

4.0 DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para determinar los niveles de contaminación y las características de las aguas residuales generadas por la Industria de la Carne, se seleccionó el Rastro de Xochimilco, ya que es una de las principales fuentes de contaminación durante la industrialización de la carne.

En la selección del Rastro de Xochimilco influyó: la cercanía a Ciudad Universitaria y al laboratorio de la Subdirección de Investigación y Entrenamiento, donde se analizaron las muestras de aguas; Industrial de Abastos ofreció las facilidades para llevar a cabo la fase experimental en el Rastro de Xochimilco; y por el volumen de producción de canal, que permitió realizar las actividades de muestreo sin causar problemas en las labores de operación del rastro.

4.1 Descripción del Sitio de Muestreo.

Industrial de Abastos es un organismo del Departamento del Distrito Federal que se dedica al sacrificio, procesamiento y distribución de la carne. Para llevar a cabo estas operaciones cuenta con tres rastros dentro del Distrito Federal, localizados en las Delegaciones de Atzacapozalco (Ferrería), que es el rastro más grande donde se sacrifican aves, ganado porcino, vacuno y ovicaprino; el rastro de Tlahuac, localizado en la Delegación del mismo nombre, donde se sacrifica ganado porcino y vacuno; y el rastro de Xochimilco, que se dedica principalmente a las operaciones de matanza de ganado porcino, aunque también se sacrifica ganado ovicaprino. La tabla 4.1 contiene la relación de sacrificios de ganado vacuno, porcino y ovicaprino de los rastros antes mencionados. De esta tabla se observa que el ras

tro de Ferrería es la mayor fuente de abastecimiento de carne para el Distrito Federal, los rastros de Xochimilco y Tlahuac satisfacen el mercado local de sus delegaciones respectivas.

El rastro de Xochimilco se encuentra localizado en la Avenida México Xochimilco 6666, este rastro maneja en promedio 2000 cerdos sacrificados y 150 ovinos al mes. Las operaciones de sacrificio se realizan de lunes a viernes, con un día de descanso, por lo cual los días laborables son 18 al mes. Por otro lado, el rastro cuenta con corrales para la recepción de ganado porcino; área de aturdimiento donde los cerdos son aturdidos con el empleo de electrodos; área de desangrado, donde se les extrae la sangre y se recolecta; tanque de escaldado que tiene una capacidad de 9.32 m^3 y se encuentra a una temperatura de aproximadamente 60°C , aquí los cerdos se dejan por espacio de 5 minutos aproximadamente y posteriormente se pasan al área de rasurado, en esta parte se le elimina el pelo al cerdo con el uso de una máquina y se finaliza manualmente; área de desuello, el cerdo es abierto longitudinalmente por la parte ventral y se le corta parcialmente la cabeza, al mismo tiempo se efectúa la evisceración; las tripas y vísceras se lavan en piletas y tanques móviles; la canal ya eviscerada se lava y pasa al área de colgado o perchas, donde se realiza la inspección sanitaria para su venta.

El rastro cuenta con sanitarios para el personal, área de almacenamiento de desechos sólidos y oficinas administrativas.

El sistema de abastecimiento de agua potable se obtiene de la red urbana, por lo cual la calidad del agua es controlada por el Departamento del Distrito Federal; el rastro cuenta con dos tomas de agua, donde se conectan las mangueras que proporcio-

nan el agua, estas mangueras permanecen abiertas por un periodo de 3 a 4 horas, cuando no se utilizan para el lavado de viceras y canales, estas se colocan en las piletas y tanques móviles para restituir el agua perdida.

El sistema de drenaje interno recolecta las aguas y desechos líquidos del área de desangrado, piletas de lavado, área de desuello y del lavado de canales; éstas aguas se desalojan directamente al sistema de drenaje urbano. El drenaje de sanitarios, patio principal y corrales es independiente y también es descargado al drenaje urbano. La figura 4.1 muestra las áreas que conforman el rastro, en esta se señalan los puntos de muestreo, flujo de los desechos líquidos y las áreas involucradas en la matanza del ganado.

En el mes de mayo de 1984 se sacrificaron 33 reses, 1982 cerdos y 184 ovinos; en el mes de julio del mismo año se sacrificaron 8 reses, 1902 cerdos y 43 ovinos; en los días establecidos para el muestreo, la tabla 4.2 muestra la relación de animales sacrificados. Cabe señalar que se consideró el siguiente peso vivo sacrificado; ganado vacuno 400 Kg, cerdos - 100 Kg, y ovinos 38 Kg.; estos pesos son promedios.

4.2 Muestreo y Análisis de las Aguas Residuales del Rastro.

Para realizar el muestreo del rastro se seleccionaron dos períodos; uno en el mes de mayo de 1984 los días 14, 15, 18 y 21; y el otro en el mes de julio, los días 17, 19, 23 y 24 del mismo año. Las muestras se tomaron durante las horas en que se realizaron las operaciones de sacrificio o sea de 12 a 15 hs., aproximadamente. El muestreo se efectuó en tres puntos del rastro, E 1 que fué la toma de agua potable; E 2, la pileta donde lavan las tripas; y E 3 que es la descarga general donde ocu-

rren todos los desechos sólidos y líquidos.

La determinación del gasto en el punto E 1 se realizó tomando el tiempo necesario para llenar un recipiente de volumen conocido, esta determinación se realizó 5 veces para establecer un tiempo promedio, cada vez que se realizaba el muestreo debido a que la toma de agua no cuenta con medidor de agua. En el punto E 2 se midió la piletta y de esta forma se determinó su volumen. En el punto E 3 la determinación del gasto fue difícil medirlo dentro del registro, ya que estaba completamente azolvado, por lo cual se optó por considerar que el gasto total del rastro sería: el gasto de la toma de agua potable, ya que esta permanece abierta durante el funcionamiento del rastro y el 20 % del agua que se encuentra en las piletas y tanque móviles.

El muestreo se efectuó de acuerdo a las técnicas, procedimientos y recomendaciones del Manual del Curso "Muestreo y Análisis de Campo de Aguas y Aguas de Desecho", impartido por la Subdirección de Investigación y Entrenamiento de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Las muestras que se recolectaron fueron de dos tipos simples para oxígeno disuelto, DQO, grasas y aceites y bacteriológicas; las muestras compuestas para pH, sólidos totales, suspendidos volátiles, suspendidos totales y sedimentables; así como para nitrógeno total y DBO₅; estas muestras se tomaron cada 1/2 hora. El período de muestreo fue de 4 días por semana en los puntos E 2 y E 3; para el punto E 1 dos días por semana, la razón es que es muy difícil que la calidad del agua potable sufra alteraciones. Las determinaciones de temperatura y pH se realizaron in-situ.

Una vez recolectadas las muestras se trasladaron refrigeradas

a la Subdirección de Investigación y Entrenamiento para su análisis.

Los parámetros que se determinaron en el laboratorio se analizaron de acuerdo a las técnicas establecidas en el Manual de Análisis de Agua de la SAH y al Método Estándar. (1,22).

Parámetro	Método
pH	Potenciométrico
Sólidos Totales.	Gravimétrico a 103-105 °C
Sólidos Suspendidos Totales.	Gravimétrico a 103-105 °C
Sólidos Suspendidos Volátiles.	Gravimétrico a 550°C
Sólidos Sedimentables.	Cono Imhoff 1 hr.
Oxígeno Disuelto.	Winkler Modificado.
Demanda Bioquímica de Oxígeno.	Oxidación biológica, 5 días.
Demanda Química de Oxígeno.	Dicromato de Potasio.
Grasas y Aceites.	Extracción con Soxhlet.
Nitrógeno Total.	Kjeldahl.
Fosfatos.	
Coliformes Totales.	Prueba de tubos múltiples.
Coliformes Fecales.	Prueba de tubos múltiples.
Estreptococos Fecales.	Prueba de tubos múltiples.

5.RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Resultados.

La tabla 5.1 contiene los resultados del análisis de las muestras de agua potable recolectadas en los periodos antes mencionados. La tabla 5.2, los resultados obtenidos del muestreo de la pileta de lavado de tripas; y la tabla 5.3, los resultados de la descarga general. Así mismo, se indica el gasto o volumen de cada una de las estaciones de muestreo. En dichas tablas se señala el valor mínimo, máximo y promedio para cada

parámetro en las 3 estaciones de muestreo.

La tabla 5.4 presenta los resultados del balance de agua - dentro del rastro, tomando en cuenta la producción de canales. También se encuentran los principales contaminantes referidos a la cantidad de canales producidas por día, para estimar la producción de canales se considero la unidad de tonelada de peso vivo sacrificado, que es el peso promedio de la canal ya sea de cerdo, res u ovicaprino; cabe señalar que unicamente se tomo en cuenta el peso vivo sacrificado de los cerdos ya que durante el muestreo se observó que el mayor uso de agua fué cuando los sacrificaban.

5.2 Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos del muestreo de aguas, efectuado en el rastro de Xochimilco, se puede decir en cuanto al agua potable empleada para el lavado de canales y viseras, es de buena calidad bacteriológica, ya que los resultados muestran que los coliformes totales, fecales y estreptococos se encuentran en cantidades inferiores a las señaladas en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de - - Aguas, 200 coliformes NMP/100 ml (tabla 3.9). En cuanto al pH se observa que también esta dentro del ámbito que señala el reglamento; los sólidos totales se presentan en cantidades de aproximadamente 200 mg/l, tomando en cuenta que estos sólidos comprenden a los disueltos y suspendidos, la legislación mexicana en el reglamento antes mencionado, establece que el contenido de sólidos disueltos para agua potable no deberá exceder de 1000 mg/l, por lo que el contenido de sales disueltas esta dentro del rango permisible; además los sólidos suspendidos se encuentran en cantidades muy bajas, alrededor de 12 mg/l,

por lo que es difícil una contaminación de tipo orgánica. El oxígeno disuelto esta en concentraciones superiores a las señaladas como nivel mínimo deseado para aguas empleadas en abastecimiento de agua potable, también indica que no hay competencia del oxígeno por microorganismos y metales.

La DBO_5 se presenta en cantidades de 2.5 mg/l en promedio, en la legislación mexicana no hay un criterio bien definido, pero el Water Quality Criteria de los EUA recomienda como máximo para agua potable 3 mg/l. (28, 41)

La DQO que en promedio es de 6.25 mg/l, esta en el mismo caso del parámetro anterior en cuanto a su presencia en agua potable, algunos autores (24) indican que se puede encontrar ligeramente por arriba de valor de la DBO_5 .

El contenido de grasas y aceites en agua potable según la legislación mexicana, el máximo permisible es de 0.76 mg/l, los valores encontrados de 3 mg/l, exceden al máximo permisible, esto puede deberse principalmente a que posiblemente la manguera contenga restos de grasa en su interior ya que frecuentemente es sumergida a las piletas, o también a que el muestreo no se realizará en forma correcta, pero es muy remota esta posibilidad.

El nitrógeno total se encuentra en cantidades menores a las establecidas en el Water Quality Criteria, ya que la legislación mexicana señala que no deberá estar en concentraciones que provoquen hiperfertilización; el máximo permisible es de 5-10 mg/l y el valor encontrado en el agua potable del rastro en promedio es de 1.77 mg/l.

La concentración de fosfatos totales en agua potable esta dentro del máximo permisible señalado por el Water Quality Criteria ya que la legislación mexicana establece el mismo criterio

del nitrógeno. El máximo permisible es de 10 mg/l y en promedio el agua potable no excede a 0.45 mg/l.

En general y de acuerdo a estos parámetros, se puede decir que el agua potable utilizada en el rastro tiene buena calidad para el uso que se destina.

El agua utilizada para el lavado de tripas que se encuentra en una pileta, presenta resultados que comparados con los valores típicos de una agua residual de origen doméstico (tabla 5.5) se puede considerar de contaminación débil, aunque para la DQO el valor promedio de 577 mg/l resulta ser elevado y la DBO se encuentra en niveles de concentración débil. El contenido de grasas y aceites, como es de esperarse, se encuentra en cantidades de una concentración fuerte, ya que en la pileta se lavan las tripas que tienen grasa que se desprende al lavarse.

La cantidad de microorganismos coliformes resulta ser elevada principalmente de estreptococos fecales que proceden del tracto intestinal de los cerdos, por lo cual se puede establecer que la contaminación bacteriana se acentúa en esta área. Los coliformes totales están en cantidades muy elevadas, según la bibliografía (6), las bacterias coliformes de origen doméstico oscilan entre 4 y 5 x 10⁶, mientras que los valores encontrados en el rastro de coliformes son del orden de 10¹¹. En cuanto al agua residual que recoge toda el agua empleada durante las operaciones de sacrificio de ganado y posteriormente es descargada al sistema de drenaje urbano, presenta valores muy altos con respecto a los datos de composición típica de aguas residuales domésticas. Comparando los resultados obtenidos, los del balance de agua y las cargas de contaminantes por unidad de peso con los reportados en la bibliografía

fia (subcapítulo 3.4) se menciona lo siguiente:

La cantidad de agua empleada por día oscila entre los 24 y 27 m³ con un promedio de producción de carne en canal de 11 toneladas por día, con lo cual se obtiene un consumo de agua de - 2.55 m³/ton de peso vivo sacrificado. En cuanto al contenido de material contaminante en términos de DBO el promedio es de 9.32 Kg de DBO/ton de peso vivo sacrificado; este valor se encuentra como un valor típico de los rastros de EUA. La cantidad de sólidos suspendidos está en cantidades de 7.14 Kg/ton que es un poco alto con el valor que establece la EPA para un rastro de producción media, 4.7 Kg/ton. Las grasas se encuentran por debajo de los valores típicos de un rastro, 0.99 Kg/ton, este dato se debe manejar con cierta reserva ya que si resulta un poco bajo, por lo que sería conveniente efectuar otro programa de muestreo.

Es importante destacar, que las características de las aguas residuales generadas por los rastros varían de un rastro a otro y más, de un país a otro; pero en general se puede establecer que los valores encontrados en el rastro de Xochimilco se pueden considerar típicos de un rastro.

En cuanto al contenido de coliformes totales y fecales así como de estreptococos fecales resultan ser muy elevados, es importante aclarar que no hay datos importantes con los cuales se puedan comparar, pero según un estudio realizado recientemente por la SARH (25), se evaluó la calidad del agua del Río de los Remedios que en su cauce lleva las aguas residuales generadas por la Ciudad de México y se encontraron concentraciones de coliformes fecales de 4.2×10^{10} ; por lo anterior si es factible que el rastro presente tales concentraciones ya que por un lado es una contaminación bacteriana re-

ciente y por el tipo de actividad que realiza. En el rastro la contaminación de tipo fecal de origen humano es alta, debido principalmente a que no se llevan a cabo prácticas adecuadas de higiene, cuando se realizan las operaciones de matanza.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Industria de la Carne es uno de los mayores consumidores de agua del país, a nivel industrial; concentrándose esta actividad en la zona centro.

La demanda de agua por este sector, requiere que esta sea de buena calidad, ya que se utiliza para el procesamiento de la carne, agua potable.

Las aguas residuales generadas por la Industria de la Carne, contienen una gran cantidad de materia orgánica, por lo que es una de las industrias más contaminadoras, dichas aguas degradan la calidad de los cuerpos de agua, provocando alteraciones a los ecosistemas acuáticos.

Las aguas residuales provenientes de rastros, empacadoras y -- procesadoras de carne, por su elevado contenido orgánico, pueden emplearse como una fuente para recuperar subproductos - que pueden destinarse a la producción de alimentos agropecuarios.

Para abatir las altas cargas de contaminantes, principalmente materia orgánica, es necesario implementar dentro de los rastros y en general la Industria de la Carne, medidas tendientes al ahorro de agua, prácticas adecuadas de manejo de desechos sólidos y control mediante el uso de dispositivos, el vertido de material contaminante al sistema de drenaje. Las aguas de desecho de la Industria de la Carne que son de cargadas a los sistemas de drenaje urbanos, es conveniente

que mínimo reciban un pretratamiento ya sea mediante el empleo de cribas, para eliminar los sólidos gruesos y tanques de sedimentación primaria con la finalidad de recuperar la materia flotante como las grasas y reducir el contenido de los sólidos suspendidos y de DBO; con estas acciones se disminuye considerablemente el material contaminante vertido al drenaje urbano.

Con la finalidad de abatir la cantidad de desechos sólidos y líquidos, se recomienda separar las líneas de drenaje internas de las plantas productoras de carne. Además, los costos de pretratamiento se reducen, ya que los equipos son más pequeños. Cuando es posible se recomienda el tratamiento de los efluentes de la Industria de la Carne, por medio de un sistema convencional de lodos activados, ya que se reduce considerablemente la cantidad de materia orgánica. Este sistema es adecuado cuando las plantas procesadoras de carne están localizadas en zonas rurales, porque se puede reutilizar el efluente tratado para fines agrícolas, ya que el contenido de nutrientes resulta ser beneficioso a los cultivos.

Es necesario, dado el alto consumo de agua en las ciudades y en la Industria, establecer e implementar programas junto con autoridades sanitarias que promuevan y realicen el reuso y recirculación de agua dentro de la Industria.

La desconcentración de la Industria de la Carne de las áreas urbanas o zonas rurales propicia la formación de agroindustrias que utilizan los subproductos generados y que de alguna forma mejoran las condiciones socioeconómicas de las regiones rurales.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 15a. Ed. USA. 1981
2. Badui D.S. Química de los Alimentos. Alhambra Mexicana. México 1981.
3. Chanlett E.T. La Protección del Medio Ambiente. Instituto de Estudios de Administración Local. España 1976.
4. Cooper R.N. Characteristics and Treatment of Slaughterhouse Effluents in New Zealand. Prog. Wat. Tech. Vol 11. No. 6. pag 55. Gran Bretaña 1979.
5. Degrémont G. Manual Técnico del Agua. Degrémont. España 1973.
6. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Limusa. México 1983.
7. Desrosier N.W. Elementos de la Tecnología de Alimentos. CECSA. México 1983.
8. Dirasian H.A. A study of Meat Packing and Rendering Wastes. Water and Wastes Engineering. Vol. 7 (5) 3-16. 1970
9. Flores M.A. Comparison of Drinking Water Standards. Interoffice Memorandum. Panamerican Health Organization. W.H.O. 1977.
10. Foote K.E. Pork processing waste effect on treatment plant. Sewage Ind. Wastes. 24, 1305 (1952).
11. Guerra A.D. Los discos biológicos como un sistema de tratamiento de aguas residuales. SIE, DGUAPC. SARH. México 1982.
12. Hirlinger K.A. Packinghouse Wastes Trickling Filter Efficiency Following air Flotation. Sewage and Industrial 29, 165 (1955)
13. Hopkins E.S. Liquid Waste Disposal from a Slaughterhouse. Water and Sewage Works. 117, IW-20, (1970).
14. Metcalf-Eddy. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. 2a ed. Edit. Labor. España 1981.

15. Nemerow N.L. Industrial Water Pollution, Origins, Characteristics and Treatment. Edit. Addison-Wesley. USA 1978.
16. OMS. Proyecto de Código Internacional de Prácticas para el Dictamen ante-mortem y post-mortem de animales de matanza y carnes. Comisión del Codex Alimentarius.
17. Poder Ejecutivo Federal. Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988. SPP. México 1983.
18. Prescott S.C. Food Technology Edit. McGraw-Hill. USA 1937.
19. Reich J.S. Effective grease recovery shows in profits and treatment efficiency. Water and Sewage Works. 117 IW-20 (1970)
20. Sanz E.C. Enciclopedia de la Carne. 2a ed. Edit. Espasa-Calpe S.A. España 1967.
21. Solvato J.A. Environmental Engineering and Sanitation. 3a. ed. Edit. John Wiley and Sons. USA 1982.
22. SARH. Análisis de Aguas y Aguas de Desecho. Manual del Curso. Vol. I, II y III. 4a. ed. DGPOE-SIE. México 1980.
23. SARH. Como debe Construirse una Empacadora de Inspección Federal. Subsecretaría de Ganadería, Dirección General de Ganadería. México 1976.
24. SARH. Estudios de Calidad del Agua. Manual del Curso. DGUAPC-SIE. México 1983.
25. SARH. Evaluación del Reuso Agrícola con Aguas Residuales del Río de los Remedios. Méx. DGUAPC, SIE-DEPFI, UNAM. México 1984.
26. SARH. Información Agropecuaria y Forestal 1983. DGLA. México 1984.
27. SARH. Introducción a la Ingeniería Sanitaria. Manual del Curso. 2a ed. DGUAPC-SIE. México 1979.
28. SARH. Legislación Relativa al Agua y su Contaminación. DGPOE. México 1980.
29. SARH. Plan Nacional Hidráulico 1981. CPNH. México 1981.

30. SARH. Técnicas de Muestreo y Análisis de Campo. 3a. ed. DGUAPC-CIECSA. México 1981.
31. Singleton K.B. An Investigation into the disposal of Blood by Anaerobic Digestion. Sewage and Industrial Wastes. 29, 1174, (1957).
32. Spinak S.H. Blood Utilization : A Liability that needs to be Asset. Course The Food Waste Management. University Mariland USA 1980.
33. SPP. El Sector Alimentario en México. INEGI. México 1983.
34. SPP. México; Infomación sobre Aspectos Geográficos, Sociales y Económicos. Vol III. INEGI. México 1983.
35. SRH. Usos del Agua en la Ciudades. DGUAPC. México 1976.
36. Steffen A.J. Waste disposal in the Meat Industry/1. Water and Wastes Engineering 7, B-20, March 1970.
37. Steffen A.J. Waste disposal in the Meat Industry/2. Water and Wastes Engineering 7, C-1, May 1970.
38. USEPA. In-process Modifications and Pretreatment. Upgrading Meat Packing Facilities to Reduce Pollution. EPA. USA. 1973.
39. USEPA. Project Summary Protein Recovery from Beef Packing. Industrial Environmental Research Laboratory. USA. 1981.
40. USEPA. Waste treatment. Upgrading Meat Packing Facilities to Reduce Pollution. Technology Transfer. EPA. USA. 1973.
41. USEPA. Water Quality Criteria 1972. Committe on Water Quality Criteria. USA. 1972.
42. Watson K.S. Water-Quality Requeriments for the Dairy and Food Industrien. Jornal American Water Works Ass. 67, 73 (1975).
43. Zepeda O.J. Perfil del Uso del Agua en las plantas de Nueve Industrias. CPNH, SARH. México 1979.

TABLA 3.1 CUANTIFICACION DE LOS ELEMENTOS DEL CICLO HIDROLOGICO
Elementos del Ciclo Hidrológico

Volumen en miles de millones de m³.

		Medio Anual	Almacenamiento
Agua Atmosférica	•Precipitación(renovable)	1,530	
Agua Superficial	•Esgurrimiento fluvial	410	
	•Almacenamiento:		
	-en lagos naturales		14
	-en vasos en operación y construcción		124.7
	-evaporación en vasos	9.3	
Agua Subterránea	•Extracción Permanente (renovable)en el 73% del país.	17.4	
	•Almacenamiento aprovechable para agricultura (no renovable)en el 57% del país.		110

FUENTE: (29)

TABLA 4.2 EXTRACCION Y CONSUMO DE AGUA POR LOS DIFERENTES USUARIOS.

USUARIO	EXTRACCION				CONSUMO			
	M I L L O N E S D E M ³ / A Ñ O							
	1950	1980	1990	2000	1950	1980	1990	2000
Riego ⁺	29500	45953	71248	94597	23600	37968	57455	79477
%	78	29	29	20	99	91	92	90
Generación de Electricidad.	7700	99875	160006	362256	0	75	78	78
%	20	64	65	75	0	0	0	0
Agua Potable	500	4184	6342	8757	200	1350	2004	2914
%	1	3	2	2	1	3	3	3
Industria	600	5802	9525	15584	70	2279	3100	6087
%	1	4	4	3	0	6	5	7
T O T A L	38300	155814	247121	481190	23870	41672	62637	88556
%	100	100	100	100	100	100	100	100

⁺ Tanto la extracción como consumo de agua para riego incluyen a los usos pecuarios y acuicola.

FUENTE: (29)

TABLA 3.3 CONSUMO DE AGUA EN EL D.F. Y ZONA METROPOLITANA
POR SECTORES.

ANO	URBANO	AGRICULTURA	INDUSTRIAL	TOTAL
	M I L L O N E S D E			m ³
1980	334	1	85	430
1990	539	63	39	641
2000	650	63	42	755

FUENTE: (29).

TABLA 3.4 INDICES DE EXTRACCION, CONSUMO Y CONTAMINACION (RANGOS)

INDUSTRIA	RANGO DE EXTRACCION (1)	RANGO DE CONSUMO (2)	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (1)	SOLIDOS TOTALES (1)	OBSERVACIONES
AZUCARERA	15 a 64 m ³ /ton de caña	30 a 10	8250 g/ton caña	18500 g/ton	En contaminación se considera la generación por el lavado de caña
QUIMICA	10 a 500	50 a 5	variable (3)	variable (3)	Todos los rangos varían con el producto.
PAPEL Y CELULOSA	60 a 350	70 a 20	172000 (4) g/ton de celul.	50000 (4) g/ton celul.	Se tomaron solo los índices de celulosa.
PETROLEO	0.3 a 0.2 m ³ /barril	36 a 4	74500 g/1000 barril.	160500 L/1000 barril.	Información directa.
BEBIDAS	10 a 56 m ³ /1000 l de gdto.	60 a 30	40000 g/1000 l de carga	95000 g/1000 l.	Se tomaron como representativos los índices de cerveza.
ELECTRICA	10 a 75 m ³ /Kw inst.	65 a 55	-	-	Información directa.
TEXTIL	250 a 050	25 a 15	116,000	200 000	
SIDERURGICA	7 a 60	75 a 15	-	500	
ALIMENTOS	0 a 35	70 a 15	60000	71000	Se tomaron como representativos los de alimentos lácteos.

NOTAS: (1) Unidades en m³/ton de producto terminado excepto cuando se indica.
 (2) Porcentajes de la extracción.
 (3) Los índices de contaminación varían con el tipo de producto.
 (4) Los índices de contaminación en la fabricación a partir de celulosa son mucho menores.

INDUSTRIA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	SUMA	OBSERVACIONES
Azucarera	—	168.7	176.2	208.2	5.1	—	274.8	688.8	50.8	12.4	—	—	—	1585.9	Aparte de la extracción se estima el consumo y la descarga de agua.
Química	1.3	—	—	17.5	633.6	62.9	27.3	6.5	48.9	—	32.5	124.3	54.0	578.8	
Papel y Celulosa	—	—	48.4	23.2	—	71.6	—	47.5	—	—	—	2.8	177.3	370.6	
Petróleo	—	—	—	—	168.9	5.1	83.0	—	—	—	—	37.2	10.5	324.7	
Bebidas	8.2	5.7	2.7	10.4	2.6	20.0	4.5	24.0	1.9	2.7	5.3	24.0	38.1	148.4	
Textil	1.2	16.9	—	26.6	1.2	3.6	1.2	6.0	—	—	3.8	16.9	55.7	120.9	
Siderúrgica	—	0.6	—	15.5	—	55.1	—	24.3	—	0.2	3.7	3.6	14.1	114.1	
Eléctrica	0.2	9.4	—	2.5	—	17.5	3.1	0.1	—	11.9	5.3	15.7	11.4	69.6	
Alimentos	0.4	0.7	—	0.3	—	1.5	0.8	0.2	0.2	—	1.1	2.2	4.1	11.5	
SUMA	9.3	187.0	227.3	304.0	801.4	237.3	394.7	797.4	101.8	27.2	50.3	220.7	365.2	3723.6	

Unidades en millones de metros cúbicos de agua.

TABLA 3.5 VOLUMENES DE AGUA EXTRAIDOS POR TIPO DE INDUSTRIA Y POR REGION

INDUSTRIA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	SUMA	Suma en 10 ⁶ E. P.
Papel y Celulosa	—	—	33.8	12.8	—	51.3	—	43.3	—	—	—	1.2	145.2	257.5	14.6
Azucarera	—	18.6	26.2	15.1	0.5	—	22.1	72.3	8.3	1.3	—	—	—	167.4	8.5
Bebidas	7.5	6.9	2.9	3.9	1.9	23.4	3.0	23.9	0.9	3.3	5.5	25.9	47.9	151.9	8.2
Alimentos	1.3	2.4	—	0.9	—	7.1	1.9	0.2	0.4	—	4.8	6.7	15.9	41.6	2.1
Textil	0.3	2.8	—	6.8	0.3	0.9	0.3	1.5	—	—	0.9	2.8	14.2	30.8	1.6
Química	0.1	—	—	0.7	7.3	2.0	0.6	0.1	1.0	—	0.7	4.1	2.4	15.0	1.0
Petróleo	—	—	—	—	5.4	0.3	1.6	—	—	—	—	5.7	0.7	13.7	0.7
Siderúrgica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—
Eléctrica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SUMA	9.2	30.7	62.9	48.2	15.4	85.0	29.5	141.3	10.6	4.6	11.9	46.4	226.3	722.0	36.7

Unidades en miles de toneladas de demanda bioquímica de oxígeno, (DBO).

E. P. Equivalente de población.

TABLA 3.6 CONTAMINACION ORGANICA GENERADA (DBO) POR TIPO DE INDUSTRIA Y POR REGION

TABLA 3.7 RESUMEN REGIONAL DEL USO Y CONTAMINACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

REGIONES C.P.N.H.	EXTRACCION	CONSUMO	DESCARGA	DEMANDA	SOLIDOS
	ANUAL	ANUAL	ANUAL	BIOQUIMI CA DE OXIGENO	TOTALES
	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	$10^3 m^3$	T/A	T/A
I Baja California	375.4	71.5	303.9	1,291.5	1,532.0
II Noroeste	682.8	160.9	521.9	2,352.8	2,830.0
III Pacífico Centro	4.3	1.7	2.6	30.7	38.9
IV Balsas	337.4	91.7	245.7	909.6	1,060.6
V Istmo de Tehuan- tepec	8.6	3.4	5.2	61.5	77.9
VI Bravo	1,512.4	299.0	1,213.4	7,078.1	8,037.3
VII Golfo Norte	778.4	341.1	473.3	1,908.5	2,091.4
VIII Papaloapan	162.3	62.7	99.6	190.0	382.7
IX Grijalva-Usuma- cinta	172.6	78.5	94.1	390.9	437.6
X Peninsula de Yucatán	13.2	2.4	10.8	68.6	76.0
XI C.Cerradas	1,112.8	199.6	913.2	4,844.1	5,419.3
XII Lerma	2,220.7	615.8	1,604.9	6,674.7	8,307.7
XIII Valle de México	4,057.2	943.9	3,113.3	15,856.5	18,809.8
T O T A L	11,438.1	2,872.2	8,565.9	41,656.9	49,101.2

NOTA: En este resumen se consideran las siguientes industrias: preparación y conservación de carnes; deshidratación, conservación y envase de frutas y legumbres; y productos lácteos.

TABLA 3.8 PREPRACION Y CONSERVACION DE CARNES

REGIONES C.P.N.H.	VALOR DE LA PRODUCCION %	VOLUMEN DE PRODUCCION TONS	$10^3 m^3$	CONSUMO $10^3 m^3$	DESCARGA $10^3 m^3$	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO TONS	SOLIDOS TOTALES TONS
I Baja California	1	1,226	4.3	1.7	2.6	30.7	38.9
II Pacifico Norte	1	1,226	4.3	1.7	2.6	30.7	38.9
III Pacifico Centro	1	1,226	4.3	1.7	2.6	30.7	38.9
IV Balsas	1	1,226	4.3	1.7	2.6	30.7	38.9
V Istmo	2	2,452	8.6	3.4	5.2	61.3	77.9
VI Bravo	12	14,713	51.5	20.6	30.9	367.8	467.2
VII Golfo Norte	6	7,357	25.7	10.3	15.4	183.9	233.7
IX Grijalva-Usumacinta.	1	1,226	4.3	1.7	2.6	30.7	38.9
XI C.C. del Norte	7	8,533	30.0	12.0	18.0	214.6	272.5
XII Lerma	29	35,557	124.4	49.8	74.6	888.9	1,128.9
XIII Valle de México	39	47,818	167.4	67.0	100.4	1,195.5	1,518.2
TOTAL	100 ¹	122,610 ²	429.1 ³	171.6 ⁴	257.5	3,065.5 ⁵	3,892.9 ⁵

¹ Porcentajes resultantes de distribuir el valor de la producción brutacensal de 1970 en las regiones

² Valores resultantes de distribuir el total nacional con los porcentajes del valor de la producción.

³ Extracción estimada con la producción física y un índice de extracción promedio de $3.5 m^3$ por Ton. de producto.

⁴ Consumo estimado con un índice promedio del 40 % de la extracción .

⁵ La contaminación se estimó con índices de DBO igual a 25,000 g por Ton. de producto y sólidos totales de 31,750 g por Ton. de producto.

NOTA: No incluye el proceso de matanza de ganado.

TABLA 3.9 CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD.

Clave	Usos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		pH	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Bacterias coliformes. N.M.P. (Organismos/100 ml)	Aceites y grasas (mg/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Turbiedad (U.T.J.)	Color (Escala platino cobalto)	Olor y sabor	Nutrientes nitrógeno y fósforo	Materia flotante	Substancias tóxicas
				Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	Límite máximo	Lím. máx.	Límite máximo		
DA	Abastecimiento para sistemas de agua potable e industrial alimenticia con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos DI, DII y DIII.	6.5 a 8.5	C.N. más 2.5	4.0	200 fecales (b)	0.75	No mayor de 1000	10	20	Ausente	(c)	Ausente	(d)
DI	Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, filtración y desinfección) e industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5	4.0	1000 fecales	1.0	No mayor de 1000	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)
DII	Agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora, fauna y usos industriales.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5	4.0	10,000 coliformes totales como promedio mensual, ningún valor mayor de 20,000 (h).	Ausencia de película visible.	No mayor de 2000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)
DIII	Agua para uso agrícola e industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 2.5	3.2	1000 (j) y libre para los de más cultivos.	Ausencia de película visible.	(i)	C.N.	C.N. más 10		(c)	Ausente	(d)
DIV	Agua para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos).	5.0 a 9.5		3.2									(d)

pH = Potencial hidrógeno
O.D. = Oxígeno Disuelto

N.M.P. = Número más probable
U.T.J. = Unidades de turbiedad Jackson

mg/l = miligramos por litro
C.N. = Condiciones naturales

°C = Grados centígrados

ANEXO DE LA TABLA 3.9

- a) Máximo 30°C excepto cuando sea causada por condiciones naturales.

Medida en la superficie fuera de la zona de mezclado, la cual se determinará de acuerdo con las características de descarga.

- b) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo), podrá ser mayor a 2000 coliformes fecales.

- c) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.

- d) El criterio con respecto a sustancias tóxicas es el siguiente:

Ninguna sustancia tóxica sola o en combinación con otras estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua del cuerpo receptor en inadecuadas para el uso específico a que se destinen.

La tabla 1.4 resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro avance tecnológico.

- e) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 como mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.

- f) No será permitido color artificial que no sea coagulable por tratamiento convencional.
- g) Removible por tratamiento convencional.
- h) 2,000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor mayor de 4,000.
- i) Conductividad no mayor de 2,000 μ hos/cm. Si el valor de RAS es mayor de 5, la Secretaría de Recursos Hidráulico fijará el valor definitivo.
RAS igual a relación de absorción de sodio.
Boro 0.4 mg/l. Para valores superiores, la autoridad competente fijará el valor definitivo.
- j) Para riego de legumbres que se consuman sin hervir o frutas - que tengan contacto con el suelo.

TABLA 3.10 VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUBSTANCIAS TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES.

	DA	DI	DII	DIII
Arsénico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	-
Boro	1.00	1.00	-	2.0
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.1	1.0
Cromo hexavalente	0.05	0.05	0.1	5.00
Mercurio	0.005	0.005	0.01	-
Plomo	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.20	0.02	-
Fenoles	0.001	0.001	1.00	-
Substancias activas al azul de metileno (detergentes)	0.50	0.50	3.00	-
Extractables con Cloroformo	0.15	0.15	-	-
Plaguicidas				
Aldrin	0.017	0.017		
Clordano	0.003	0.003		
D.D.T.	0.042	0.042		
Dieldrin	0.017	0.017		
Endrin	0.001	0.001		
Heptacloro	0.018	0.018		
Epóxico de heptacloro	0.018	0.018		
Lindano	0.056	0.056		
Metoxicloro	0.035	0.035		
Fosfatos orgánicos con carbonatos	0.100	0.100		
Toxafeno	0.005	0.005		
Herbicidas totales	0.100	0.100		
Radiactividad	Picocuries por litro			
Beta	1.000	1.000	1.000	
Radio 226	3	3	3	
Estroncio	10	10	10	

Tabla No. 3 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

TABLA 3.11 ESTANDARES DE AGUA POTABLE DE LA O.M.S.

PARAMETROS FISICOS QUIMICOS Y RADIOLOGICOS	CONCENTRACION
Radioactividad actividad actividad	3 picocuries/1 30 picocuries/1
pH	6.5 - 9.2
Dureza Total (meq/l) *	2 -10
Cloruros (Cl ⁻)	600 mg/l
Fluoruros (F ⁻) **	0.6-1.7 mg/l
Nitratos (NO ₃ ⁻)	45 mg/l
Cobre (Cu)	1.5 mg/l
Hierro (Fe)	1.0 mg/l
Manganeso (Mn)	150 mg/l
Zinc (Zn)	15 mg/l
Magnesio (Mg)	150 mg/l
Sulfatos (SO ₄ ⁼⁼)	400 mg/l
Cianuro (CN ⁻)	0.05 mg/l
Arsénico (As)	0.05 mg/l
Cadmio (Cd)	0.01 mg/l
Plomo (Pb)	0.1 mg/l
Mercurio (Hg)	0.001 mg/l
Selenio (Se)	0.01 mg/l
Hidrocarb.Policic.Aromat.	0.0002 mg/l
Cromo (Cr)	0.05 mg/l
Color (escala Pt/Co)	50 unidades
Turbiedad (UTJ)	25 UTJ
Sabor	Inobjetable
Olor	Inobjetable
Bacteriológicos (Coliformes)	.-1) Agua en sistema de distribución:Clorada u otro sistema de desinfección 0/100 ml;en suministros no desinfectados E.coli 0/100 ml,coliformes 3/100 ml. ocasionalmente. 2)Agua en sistemas de distribución,95% de muestras en un año 0/100 ml de coliformes;E.coli - 0/100 ml en todas las muestras;no debe existir más de 10 coliformes/100 ml;coliformes no deben detectarse en 100 ml de ninguna de 2 muestras sucesivas.

* 1 meq=50 mg/l como CaCO₃

** Dependiente de la temperatura

TABLA 3.12

PRODUCCION DE CARNE EN CANAL POR TIPO DE GANADO

1963-1976

(Toneladas)

ENTIDAD FEDERATIVA	1963				1965				1970			
	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	290 070	137 707	10 411	17 754	470 428	230 154	21 647	24 450	426 627	230 674	14 828	16 760
Aguascalientes	2 576	1 227	140	284	2 747	1 163	388	259	1 974	2 504	348	353
Baja California Norte	9 158	1 238	170	5	8 187	2 154	85	8	15 378	1 425	68	-
Baja California Sur	76	22	-	16	2 599	1 19	16	91	3 093	88	54	12
Campeche	1 928	2 581	-	2	2 382	3 526	2	5	2 141	3 481	-	-
Coahuila	6 597	1 663	235	709	9 757	4 023	401	2 100	10 340	3 752	273	515
Colima	2 784	1 540	-	140	3 373	2 389	197	290	2 417	1 877	21	15
Chiapas	4 671	2 813	25	7	15 463	4 802	75	17	7 732	3 144	43	12
Chihuahua	14 026	1 947	177	864	21 644	3 607	271	385	16 424	7 359	126	319
Distrito Federal	53 703	24 055	4 600	2 718	113 602	43 516	11 079	3 339	85 737	34 940	2 130	3 000
Durango	4 888	994	197	208	10 183	2 095	334	395	8 398	1 597	133	298
Guajalajara	9 233	7 927	170	1 497	11 486	12 924	407	1 832	12 571	11 318	173	1 478
Guerrero	6 548	1 010	13	57	10 843	6 776	111	739	8 272	6 044	93	504
Hidalgo	4 371	2 475	740	443	6 393	4 034	741	674	5 816	3 041	733	143
Jalisco	17 524	13 330	316	931	21 771	19 672	439	1 347	26 215	27 742	245	953
México	12 453	5 519	1 169	850	22 542	13 486	939	845	57 947	40 773	6 431	1 427
Nuevo León	13 344	7 990	186	463	18 375	11 390	516	1 166	19 258	10 609	156	1 014
Nayarit	3 478	2 453	78	155	3 305	3 442	418	273	2 612	2 677	18	127
Nuevo Laredo	5 166	2 816	13	74	29 626	11 313	35	452	6 062	3 716	25	177
Oaxaca	14 566	6 893	318	3 711	1 601	8 025	427	850	16 842	8 017	340	377
Oaxaca	4 521	2 349	142	256	8 785	5 645	471	735	8 171	5 923	323	437
Puebla	6 781	11 881	451	798	10 999	11 367	1 456	1 548	11 310	10 595	1 455	1 129
Queretaro	1 641	1 585	207	160	2 292	2 335	146	311	2 228	2 540	118	147
Quintana Roo	212	312	-	-	369	279	1	-	467	367	-	-
San Luis Potosí	6 822	2 798	263	449	7 110	4 077	436	660	5 061	2 555	187	434
Sinaloa	13 763	2 766	27	258	18 937	5 566	268	530	27 277	6 486	158	290
Sonora	14 000	1 854	21	88	22 434	3 515	33	197	17 534	3 340	22	191
Tamaulipas	3 737	624	-	-	10 045	3 515	-	1	7 843	1 751	-	2
Tamaulipas	14 288	3 201	177	2 061	22 469	4 393	517	3 907	18 563	3 652	319	1 107
Tlaxcala	1 118	866	157	54	5 070	2 205	316	118	2 368	1 532	123	127
Veracruz	17 438	11 921	167	96	24 814	13 526	429	329	26 472	12 021	292	1 107
Yucatán	14 714	11 486	3	20	15 148	12 979	88	63	15 126	13 839	24	107
Zacatecas	1 846	574	309	327	4 575	1 702	606	870	3 947	1 414	308	134

CONTINUACION DE LA TABLA 3.12

73

PRODUCCION DE CARNE EN CANAL POR TIPO DE GANADO

May 1978
(Toneladas)

ENTIDAD FEDERATIVA	1975				1977				1978 ^a			
	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	609 606	335 798	12 893	15 084	555 594	409 648	14 317	16 097	644 427 ^a	422 225 ^a	14 369 ^a	16 381 ^a
Aguascalientes	2 724	3 986	295	273	2 975	4 359	321	319	3 263	4 818	322	329
Baja California Norte	3 434	2 751	46	1	3 731	2 574	50	1	4 093	2 068	50	1
Baja California Sur	17 196	80	66	101	14 780	88	72	118	16 191	91	72	121
Campeche	2 130	5 480	4	2	2 316	5 938	4	3	2 541	6 217	4	3
Coahuila	21 926	6 241	148	568	23 729	7 702	161	663	26 029	7 465	162	683
Colima	1 962	2 761	21	118	3 221	3 022	22	185	3 533	3 132	22	190
Chiapas	3 541	5 341	37	19	12 544	5 840	40	22	13 760	6 060	40	23
Chihuahua	20 545	5 211	131	255	22 895	5 850	143	298	25 103	6 064	144	308
Ciudad Federal	35 423	50 000	2 102	3 002	43 018	40 773	2 468	3 169	47 187	42 262	2 477	3 297
Durango	9 021	2 333	146	211	9 811	2 154	159	246	10 762	264	159	254
Guerrero	10 976	12 029	93	1 129	12 458	13 168	102	1 318	13 665	13 648	102	1 358
Guatemala	11 376	11 298	80	428	12 370	12 684	87	496	13 669	13 147	87	513
Hidalgo	7 370	6 654	683	437	8 014	7 358	689	510	8 791	7 627	692	526
Jalisco	33 757	51 717	273	921	38 064	56 578	298	1 075	40 437	68 645	299	1 108
México	89 215	70 239	5 415	51	100 612	76 858	5 897	47	110 363	79 665	5 919	48
Michoacán	24 283	19 120	172	837	26 418	21 304	187	977	28 976	22 082	188	1 007
Morelos	6 983	7 067	27	195	7 594	8 108	30	228	8 329	8 404	30	23
Nayarit	6 521	5 446	28	100	7 091	5 481	30	117	7 778	6 179	30	121
Nuevo León	22 718	14 784	241	351	24 704	16 330	263	409	27 096	16 927	264	422
Oaxaca	9 472	9 275	263	572	9 213	9 702	287	667	10 106	10 056	288	688
Puebla	11 249	15 537	1 223	1 033	12 232	17 005	1 332	1 206	13 418	17 627	1 337	1 243
Querétaro	3 464	4 389	102	184	3 767	4 953	111	215	4 132	5 134	112	221
Quintana Roo	533	581	1	1	580	636	1	-	636	659	1	-
San Luis Potosí	8 232	6 399	225	455	9 604	7 374	245	532	10 536	7 644	246	546
Sinaloa	35 200	11 642	150	299	34 680	12 741	218	349	38 041	13 207	218	360
Sonora	19 196	4 481	43	128	20 875	4 904	89	150	22 868	5 033	89	164
Tampico	6 908	1 560	-	-	7 710	1 741	-	-	43 516	1 804	-	-
Tehuacan	23 009	6 733	303	1 042	25 022	7 370	330	2 162	27 446	7 639	331	2 229
Tlaxcala	2 146	2 814	121	70	2 444	2 423	132	82	2 609	2 511	133	84
Veracruz	32 128	22 393	232	138	36 025	24 512	253	151	39 517	25 407	254	166
Yucatán	11 691	15 733	24	21	12 713	17 219	26	25	13 945	17 848	26	28
Zacatecas	3 967	2 103	248	304	5 614	2 452	270	355	6 156	2 541	271	367

^a Cifras corregidas por error en la fuente.

^b Cifras preliminares.

TABLA 3.13 SACRIFICIO Y PRODUCCION DE CARNE POR TIPO DE GANADO EN 1983 (MILES)

ENTIDAD FEDERATIVA	B O V I N O		P O R C I N O		O V I N O		C A P R I N O	
	No. DE CABEZAS	PROD. DE CARNE TON	No. DE CABEZAS	PROD. DE CARNE TON	No. DE CABEZAS	PROD DE CARNE TON	No. DE CABEZAS	PROD. DE CARNE TON
L.U.M.	37,522.5	1,030.0	19,364.0	1,485.8	6,269.7	22.5	9,808.6	32.4
Aguascalientes	138.9	6.2	46.4	2.7	33.9	0.2	54.8	0.3
B. C. Norte	232.6	5.7	105.6	6.9	76.3	0.2	72.4	0.3
B. C. Sur	172.6	3.7	55.4	3.3	0.2	0.0	182.5	0.5
Campeche	457.8	8.5	138.9	7.4	7.8	0.0	3.2	0.0
Coahuila	693.0	18.7	189.3	16.9	343.4	1.7	979.0	1.3
Colima	270.2	7.2	79.5	4.8	1.6	0.0	42.3	0.1
Oaxaca	3,422.1	86.9	772.8	23.3	326.7	1.0	45.9	0.2
Chihuahua	2,574.1	55.4	359.0	22.3	176.1	0.6	422.0	2.3
D. F.	74.0	3.2	142.6	9.8	52.6	0.2	12.4	0.1
Durango	1,178.2	27.8	364.9	26.5	220.1	1.1	372.6	1.0
Guanajuato	1,114.5	31.7	857.9	101.9	224.7	0.8	358.1	1.2
Huerrero	1,320.6	36.7	770.6	26.3	108.7	0.3	542.8	1.9
Hidalgo	664.2	21.7	662.2	42.9	574.9	1.7	353.7	1.5
Jalisco	3,053.7	93.9	2,948.9	310.9	191.2	0.6	438.5	2.3
México	1,199.9	37.6	1,098.4	106.4	694.5	2.5	212.3	0.6
Michoacán	1,759.9	43.3	2,231.7	197.0	225.3	0.9	377.0	2.1
Morelos	225.1	5.9	173.9	10.6	13.6	0.0	43.1	0.2
Nayarit	621.8	21.6	230.8	18.2	6.1	0.0	34.1	1.0
Nuevo León	7,776.7	22.2	184.7	12.6	188.6	0.8	558.6	1.2
Oaxaca	1,358.3	31.5	710.1	23.6	453.1	1.2	918.6	2.9
Puebla	1,121.9	32.8	776.2	62.1	404.2	1.5	659.5	2.9
Queretaro	341.5	10.1	633.2	50.9	80.0	0.3	157.2	0.5
Quintana Roo	56.3	1.0	74.9	4.0	1.0	0.0	2.1	0.0
San Luis Potosí	1,077.0	34.2	395.1	21.5	403.7	1.9	951.4	2.5

CONTINUACION DE LA TABLA 3.13

ENTIDAD FEDERATIVA	B O V I N O		P O R C I N O		O V I N O		C A P R I N O	
	DE CABEZAS	PROD.DE CARNE TON	No.DE CABEZAS	PROD.DE CARNE TON	No.DE CABEZAS	PROD.DE CARNE TON	No.DE CABEZAS	PROD.DE CARNE TON
Sinaloa	1,110.7	34.2	640.2	45.1	61.4	0.2	88.0	0.4
Sonora	2,252.9	57.7	1,278.4	149.7	45.1	0.1	91.5	0.3
Tabasco	1,752.3	60.3	450.9	20.3	50.0	0.2	13.7	0.1
Tamaulipas	1,647.3	44.8	310.8	20.0	144.0	0.5	577.5	1.3
Tlaxcala	112.6	2.4	207.6	11.8	203.4	0.6	41.9	0.2
Veracruz	4,265.7	139.4	1,465.2	79.5	277.8	1.0	371.0	1.3
Yucatán	830.8	16.8	227.7	13.2	19.0	0.0	13.6	0.0
Encatecas	1,189.5	27.7	582.0	30.0	657.0	2.4	816.7	2.7

TABLA 3.14 CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES DE LAS AREAS DE UNA EMPACADORA DE CARNE.

FUENTE	P A N T A R I O			
	Sólidos		D B O	p H
	Suspendidos	Nitrógeno		
	Totales	Total	mg/l	
	mg/l	mg/l	mg/l	
Area de matanza	220	134	825	6.6
Tanque de extracción de grasa y sangre	3,690	5,400	32,000	9.0
Tanque de escaldado	8,360	1,290	4,600	9.0
Corte de carne	610	33	520	7.4
Lavado de tripas	15,120	643	13,200	6.0
Departamento de embutidos	500	136	800	7.3
Departamento de manteca	180	84	180	7.3
Subproductos	1,380	186	2,200	6.7

FUENTE: (15).

TABLA 4.1 RELACION DE SACRIFICIOS REALIZADOS EN IDA DE 1980 a 1984

AÑO	N U M E R O D E C A B E Z A S S A C R I F I C A D A S								
	RASTRO DE FERRERIA			RASTRO DE MOCHIMILCO			RASTRO DE TLANJAC		
	JERDOS	RESES	OVICAP.	JERDOS	RESES	OVICAP.	JERDOS	RESES	OVICAP.
1980	295,639	189,783	+	47,131	100	+	34,461	5,082	+
1981	481,795	232,193	+	40,893	283	+	51,958	5,432	+
1982	471,215	275,913	+	26,996	422	+	35,126	6,878	+
1983	426,547	209,816	+	26,136	1,129	+	36,742	7,065	+
1984	421,712	172,236	363,198	24,212	281	2,181	29,019	8894	+

+ No se proporcionaron

FUENTE: GERENCIA DE PRODUCCION, INDUSTRIAL DE ABASTOS.

TABLA 4.2 RELACION DE SACRIFICIOS REALIZADOS EN EL RASTRO DE XOSITLICO DURANTE LOS PERIODOS DE MUESTREO.

DIA	M A Y O			TOTAL
	VACUNO	OVI CAPRINO	PORCINO	
14	-	-	113	
15	1	-	116	
18	7	15	102	
21	-	-	86	
	J U N I O			TOTAL
DIA	VACUNO	OVI CAPRINO	PORCINO	
17	-	-	125	
19	-	-	149	
23	-	-	68	
24	-	-	130	

FUENTE: GERENCIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL DE ABASTOS.

TABLA 5.1 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS DEL AGUA

LOCALIZACION HASTRO DE XUCH.

ESTACION E 1

TIPO DE AGUA "AGUA POTABLE"

FECHA DE MUESTREO		14-05	15-05	19-07	24-07	Valor mínimo	Valor máximo	Pro- medio	DESV. ST.				
PARAMETRO													
Gasto (lps)		0.303	0.372	0.326	0.370	0.320	0.376	0.359	0.019				
Temperatura °C		18	21	20	17	17	20	19	1.50				
pH		7.0	7.3	7.9	8.0	7.3	8.0	7.81	7.40				
S O L I D O S	Totales (mg/l)	220	214	164	164	164	220	195.5	22.73				
	Suspendidos Totales "	16	4	4	22	4	22	11.5	7.73				
	Suspendidos Volátiles "	6	2	2	14	2	14	6.5	4.97				
	Sedimentables (ml/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.0				
O.D. "		0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2				
D.B.O. "		1	2	3	4	1	4	2.5	1.18				
D.Q.O. "		5	5	< 5	10	5	10	6.25	2.10				
Grasa y Aceites "		7.0	5.0	0.0	0.0	0.0	7.0	3	3.02				
Nitrogeno Total "		3.5	0.63	1.02	1.96	0.63	3.5	1.77	1.105				
Fosforo Total "		0.01	0.07	1.72	0.01	0.01	1.72	0.45	0.73				
Coliformes Totales: (NMP/100ml)		1.1	3.0	24	4.0	1.1	24	8.02	9.26				
Coliformes Fecales "		7.0	3.0	24	4.0	3.0	24	9.5	8.5				
Enterococos Fecales "		3.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.75	0.5				

TABLA 5.2 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS DEL AGUA

LOCALIZACION CASTRO DE ROZAS

ESTACION 52

TIPO DE AGUA "CIVIL DE TRIPAS"

FECHA DE MUESTRO		14-05	15-05	16-05	21-05	17-07	19-07	23-07	24-07	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	DESV. ST.
PARAMETRO													
Gasto (lps)		1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	0
Temperatura °C		19	17	19	19	17	20	17	16	17	20	18.25	1.00
pH		7.3	7.1	7.3	7.4	8.0	7.4	7.5	7.5	7.2	8.0	7.52	7.44
SOLIDOS	Totales (mg/l)	268	048	204	252	408	260	246	470	248	048	368	109.14
	Suspendidos Totales "	34	105	44	50	120	24	100	250	24	250	102.12	71.37
	Suspendidos Volátiles "	14	05	14	40	72	4	60	103	4	103	40.50	32.20
	Sedimentables (ml/l)	< 0.1	2.5	0.7	< 0.1	2	< 0.1	0.5	1.0	< 0.1	2.5	0.87	0.25
O.D.		1.6	0.	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	0.01	0.01	1.8	0.87	1.20
D.B.O.		7.8	324	102	7.1	2.03	34	85	110	34	324	140.87	102.20
D.Q.O.		2250	653	367	82	431	119	139	291	82	2250	541.5	069.74
Grasas y Aceites		17	46	11	404	47	26	797	142	11	797	180.25	261.30
Nitrogeno Total		5.20	33.4	1.33	2.71	46.74	12.50	6.28	4.56	1.33	33.4	14.09	15.07
Fosfatos Totales		2.39	14.3	4.12	0.47	9.32	4.19	0.14	6.51	0.14	14.94	5.32	4.50
Coliformes Totales (NMP/100ml)		2X10 ⁸	2.3X10 ⁷	3.0	3.0	2.4X10 ¹⁰	2.4X10 ⁸	1.1X10 ⁷	2.4X10 ⁸	3.0	2.4X10 ¹⁰	1.0X10 ¹⁰	10.2X10 ¹⁰
Coliformes Fecales		2X10 ⁸	2.3X10 ⁷	3.0	3.0	2.4X10 ¹⁰	2.4X10 ⁸	4.6X10 ¹²	2.4X10 ⁸	3.0	2.4X10 ¹⁰	9.0X10 ¹⁰	1.02X10 ¹⁰
Enterobacterias Fecales		3X10 ⁷	9X10 ¹¹	3.0	3.0	2.4X10 ¹⁰	2.4X10 ⁸	4.6X10 ¹²	2.4X10 ⁸	3.0	2.4X10 ¹⁰	9.0X10 ¹⁰	1.12X10 ¹⁰

TABLA 5.3 CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS DEL AGUA

LOCALIZACION BASTRO, DE
 ESTACION 53
 TIPO DE AGUA "DESCARGA DEL BASTRO"

FECHA DE MUESTREO		14-05	15-05	18-05	21-05	17-05	13-07	23-07	24-07	Valor minimo	Valor maximo	Prome dio	DESV. ST.
PARAMETRO													
Gasto (lps)		0.677	0.673	0.687	0.675	0.663	0.688	0.640	0.647	0.640	0.687	0.687	0.315
Temperatura °C		19	17	20	19	19	23	18	20	17	23	19.37	1.08
pH		6.0	6.8	6.5	6.7	7.4	6.3	7.7	7.5	6.0	7.5	7.19	7.22
S O L I D O S	Totales (mg/l)	4372	6692	3558	2132	4144	4246	4026	3668	2102	6592	4101.25	1166.17
	Suspendidos Totales "	2910	5310	2600	1300	2500	2760	2660	2760	1300	5310	2866.5	1336.0
	Suspendidos Volátiles "	2400	3000	1600	900	1200	1100	1200	1000	900	3600	1650	871.7
	Sedimentables (ml/l)	21.0	60.0	23.0	15.0	32.0	30.0	18.0	21.0	15	60	27.5	11.18
O.D.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	4.5	0.55	1.48
D.B.D.		3851	4863	4320	1410	1925	5370	4828	2806	1416	5370	3720.2	306.4
D.O.D.		7140	12240	6280	3204	4110	6521	6366	4051	3264	12240	6247.5	2623.6
Grasas y Aceites		168	664	80	140	310	457	432	1065	80	1065	415.29	304.78
Nitrogeno Total		1266	872.0	720.0	357.7	125.4	411.3	218.4	25.3	25.3	12.60	499.58	394.73
Fosforo Total		< 0.07	38.56	12.41	12.41	24.11	32.69	34.80	25.32	< 0.01	38.56	22.54	12.41
Coliformes Totales (NMP/100ml)		9.0×10^8	2.3×10^{10}	2.8×10^{12}	2.7×10^{12}	2.9×10^{14}	2.9×10^{16}	2.4×10^{17}	1.1×10^{17}	4.0×10^1	2.4×10^7	4.0×10^7	1.22×10^8
Coliformes Fecales		4.0×10^4	2.3×10^{11}	7.0×10^8	7.0×10^8	2.4×10^{11}	2.4×10^{16}	2.4×10^{16}	1.1×10^{16}	4.0×10^1	4.4×10^7	1.43×10^7	3.6×10^7
Enterococos Fecales		9.0×10^{10}	1.0×10^{12}	4.3×10^8	4.3×10^8	2.4×10^{12}	2.4×10^{16}	1.1×10^{17}	1.1×10^{17}	4×10^0	1.1×10^{17}	3.05×10^{14}	4.6×10^{14}

BLA 5.4 BALANCE DE AGUA Y CARGA DE CONTAMINANTES EN EL RASTRO DE KOCHIMILCO

FECHA DE ESTREO	VOLUMEN DE AGUA POTABLE 1/s	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL 1/s	VOLUMEN DE AGUA POTABLE m ³ /día	VOLUMEN DE AGUA ALMACENADA m ³	VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL	NUE. DE CERDOS SAC.	TON. DE CERDOS SAC.	TIEMPO LABORA BLE (hr)	GASTO m ³ /ton	DBO ₅ kg/ton	GRASA kg/ton	SSF kg/ton	ST. kg/ton	COEF. kg/ton
4-05	0.362	0.677	4.794	22.707	27.501	113	11.3	3.83	2.43	9.35	0.408	7.07	10.62	3.07
5-05	0.358	0.673	5.151	22.707	27.858	116	11.6	4.0	2.40	11.67	1.590	12.74	16.00	2.09
6-05	0.372	0.687	4.511	22.707	27.216	102	10.2	3.66	2.66	11.49	0.210	6.91	9.40	1.31
1-05	0.360	0.675	3.965	22.707	26.672	86	8.6	3.50	3.10	4.39	0.45	4.03	6.51	1.10
7-07	0.348	0.663	5.007	22.707	27.714	125	12.5	4.0	2.21	4.25	0.68	5.70	3.15	0.27
9-07	0.365	0.680	5.252	22.707	27.959	149	14.9	4.33	1.87	10.04	0.854	5.16	7.94	0.91
3-07	0.325	0.640	1.980	22.707	24.687	68	6.8	2.83	3.63	17.52	1.56	3.72	14.61	0.73
4-07	0.332	0.647	4.776	22.707	27.483	130	13.0	4.0	2.11	5.92	2.24	5.62	7.73	0.15
MEDIO							14.81		2.55	9.32	0.99	7.14	10.26	2.02

ANEXO DE LA TABLA 5.4
EXPLICACION DE LA TABLA 5.4

VOLUMEN DE AGUA POTABLE. Es la cantidad de agua potable que proviene del sistema municipal y es empleada dentro del rastreo.

VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL. Es la cantidad de agua que ha sido utilizada en las operaciones de sacrificio del rastreo.

VOLUMEN DE AGUA POTABLE. Es la cantidad de agua en m^3 /día.

VOLUMEN DE AGUA ALMACENADA. Es la cantidad de agua que se encuentra en el tanque de escaldado, piletas y carritos; está formada por las siguientes cantidades:

Pileta de lavado B 5	= 1.33 m^3
Pileta de lavado B 2	= 0.78 m^3
Pileta de lavado B 3	= 0.639 m^3
Carritos	= 10.638 m^3
Tanque de escaldado	= 9.32 m^3
	<hr/>
	22.707 m^3

VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL. Es la cantidad de agua potable más la cantidad de agua almacenada.

TONELADA DE CERDOS SACRIFICADOS. Es la cantidad de carne en toneladas, se consideró un peso promedio de canal de 100 Kg.

TIEMPO LABORABLE. Son las horas en que se realizaron las operaciones de matanza.

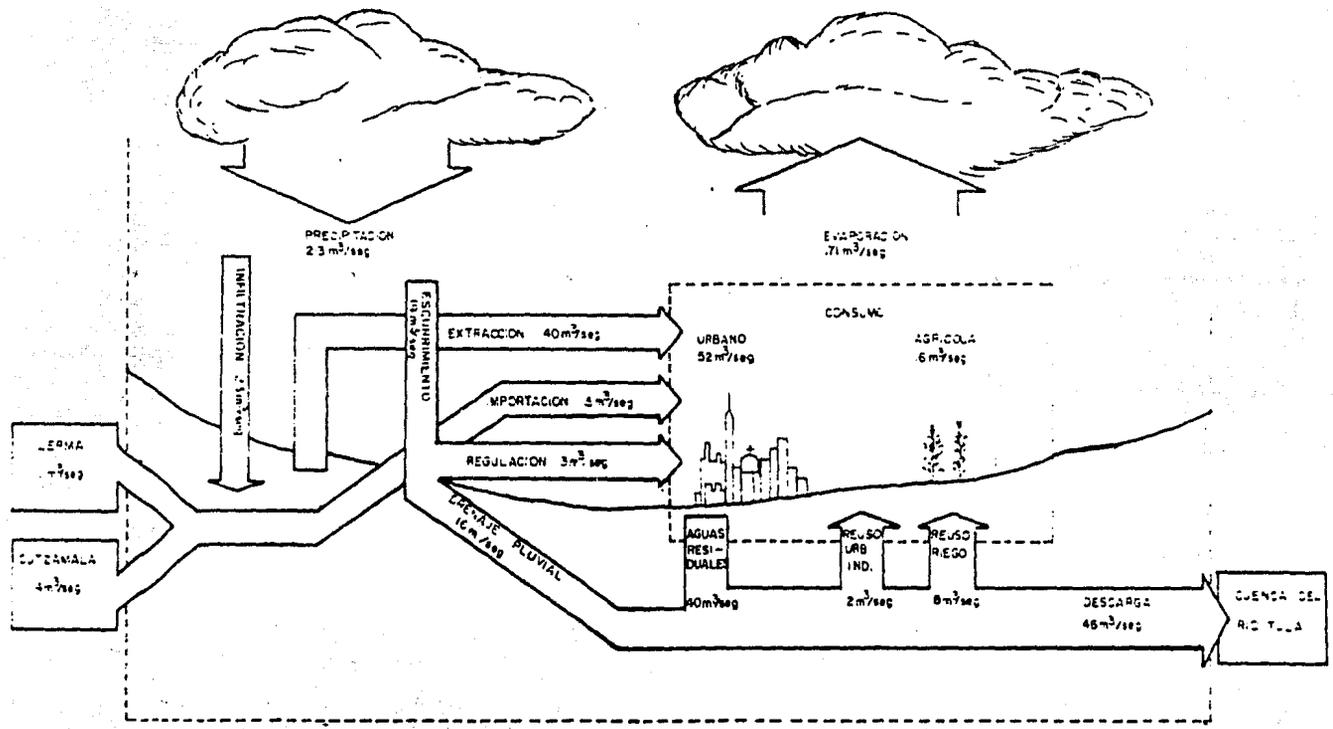
GASTO. Es el consumo de agua por tonelada de cerdo sacrificado.

DBO₅. Es la carga de contaminante en Kg por tonelada de cerdos sacrificados. Se obtiene de multiplicar la DBO₅ en Kg/m^3 por el Gasto.

TABLA 5.5 Composición típica de aguas residuales domésticas.

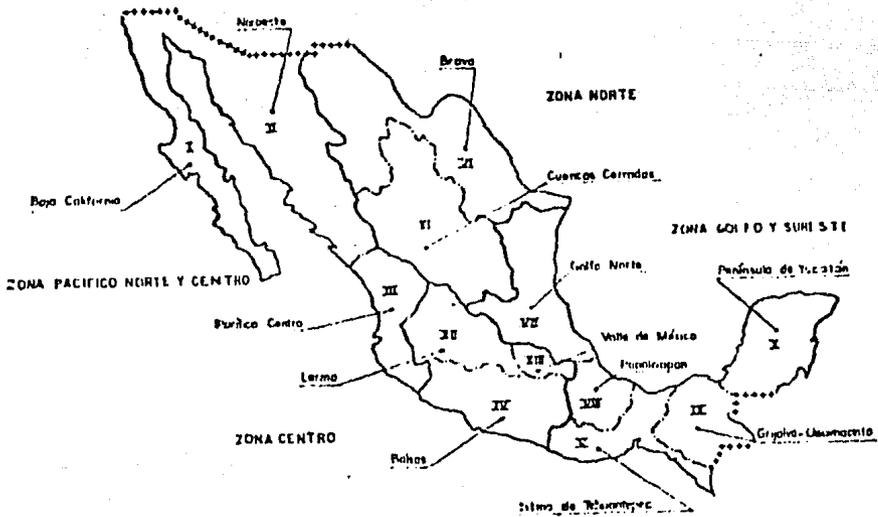
PARAMETRO	CONCENTRACION		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL
1. Sólidos totales, mg/l	1200	700	350
2. Sólidos disueltos, mg/l			
Totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
3. Sólidos suspendidos, mg/l			
Totales	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
4. Sólidos sedimentables ml/l	20	10	5
5. Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días, 20°C, en mg/l	300	200	100
6. Carbón: orgánico total, mg/l	300	200	100
7. Demanda química de oxígeno, mg/l	1000	500	250
8. Nitrógeno mg/l			
Total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
9. Nitritos, mg/l	- -	- -	- -
10. Nitratos, mg/l	- -	- -	- -
11. Fósforo, g/l			
Orgánico	5	3	2
Inorgánico	15	7	4
Total	20	10	6
12. Cloruros, mg/l	100	50	30
13. Alcalinidad, mg/l como CaCO ₃	200	100	50
14. Grasas y aceites, mg/l	150	100	50

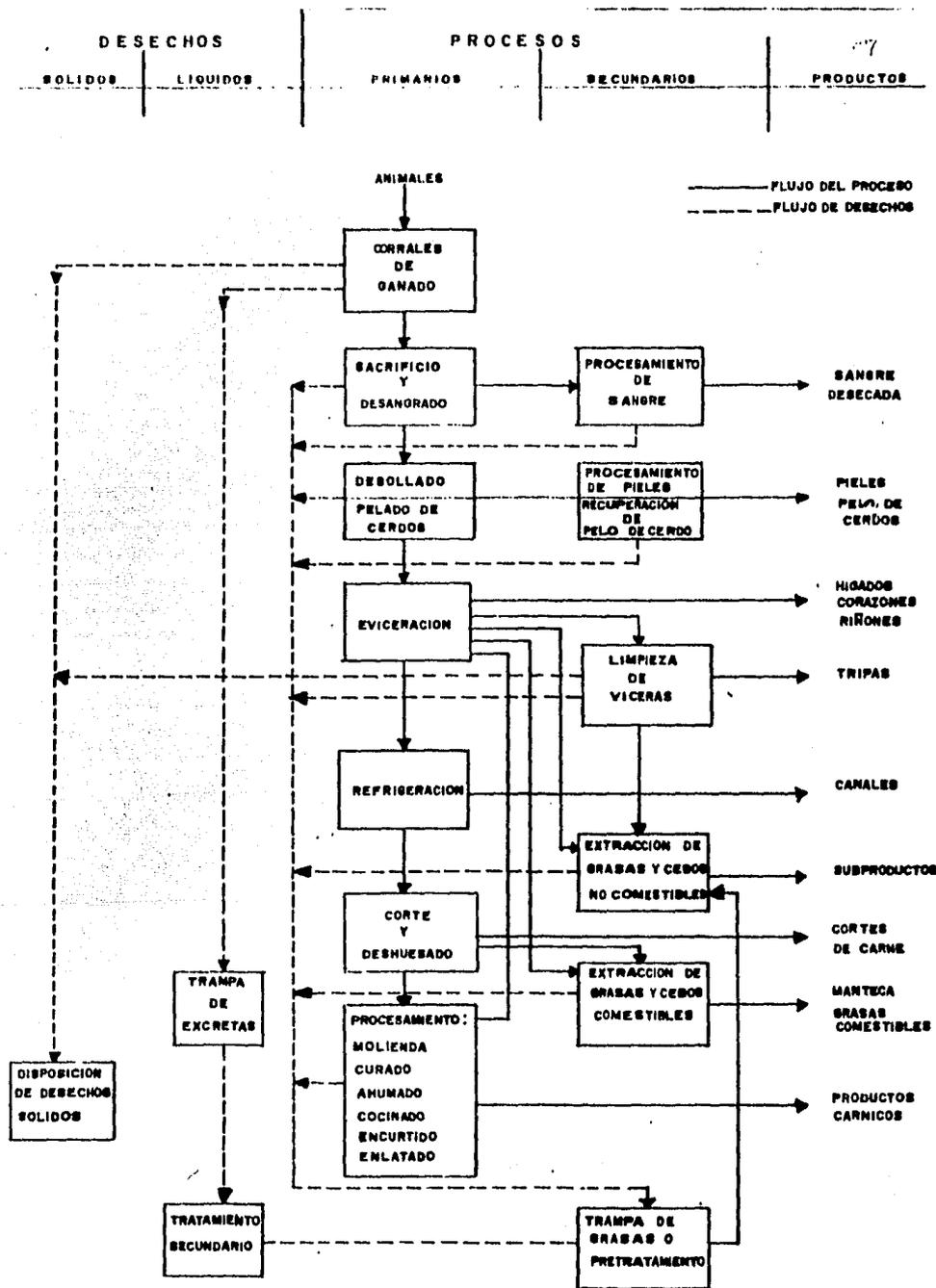
FIG. 3.1 BALANCE HIDROLOGICO EN EL VALLE DE MEXICO



FUENTE: SEMANARIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, 24 DE JULIO DE 1968, AÑO XVI, No. 26.

FIG. 3.2 REGIONALIZACION DEL PAIS, SEGUN LA COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO.





FUENTE: EPAUSA In-Process Modifications and Pretreatment. Upgrading Meat Packing Facilities to Reduce Pollution
 EPA Technology Transfer. USA. 1973.

FIG. 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Y DE LOS DESECHOS DE UNA EMPACADORA DE CARNE

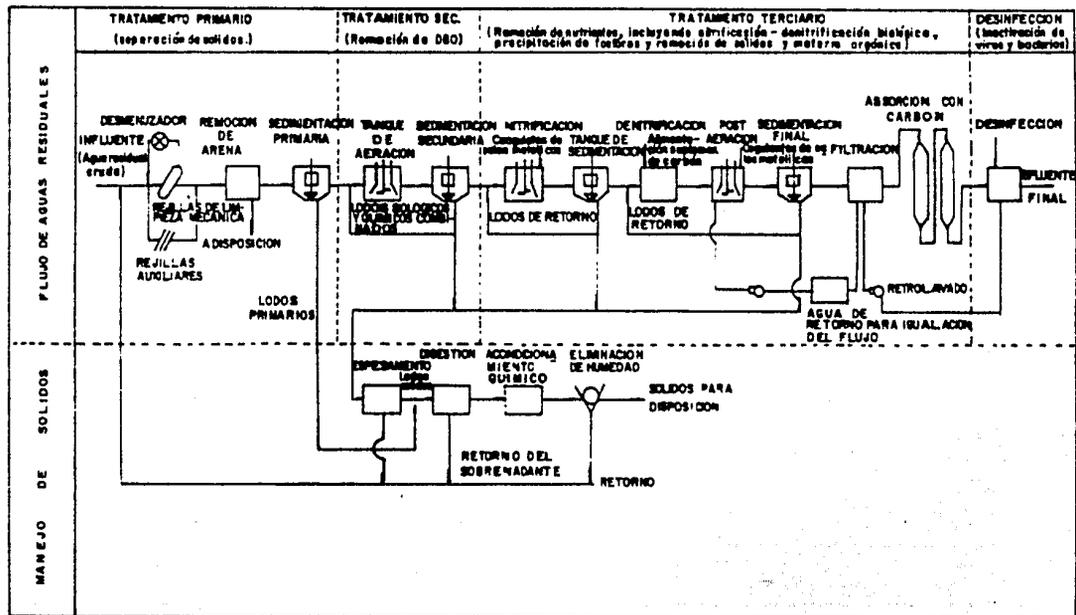


FIG. 3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO TÍPICOS DE TRATAMIENTOS

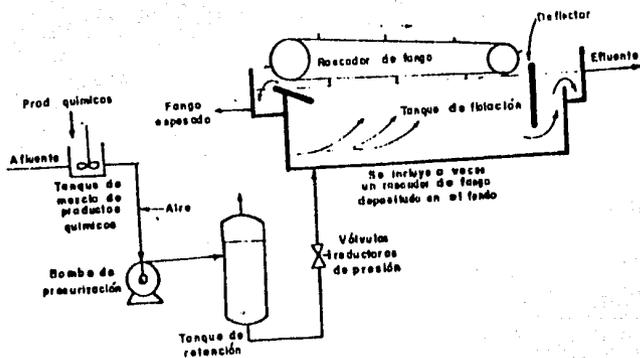
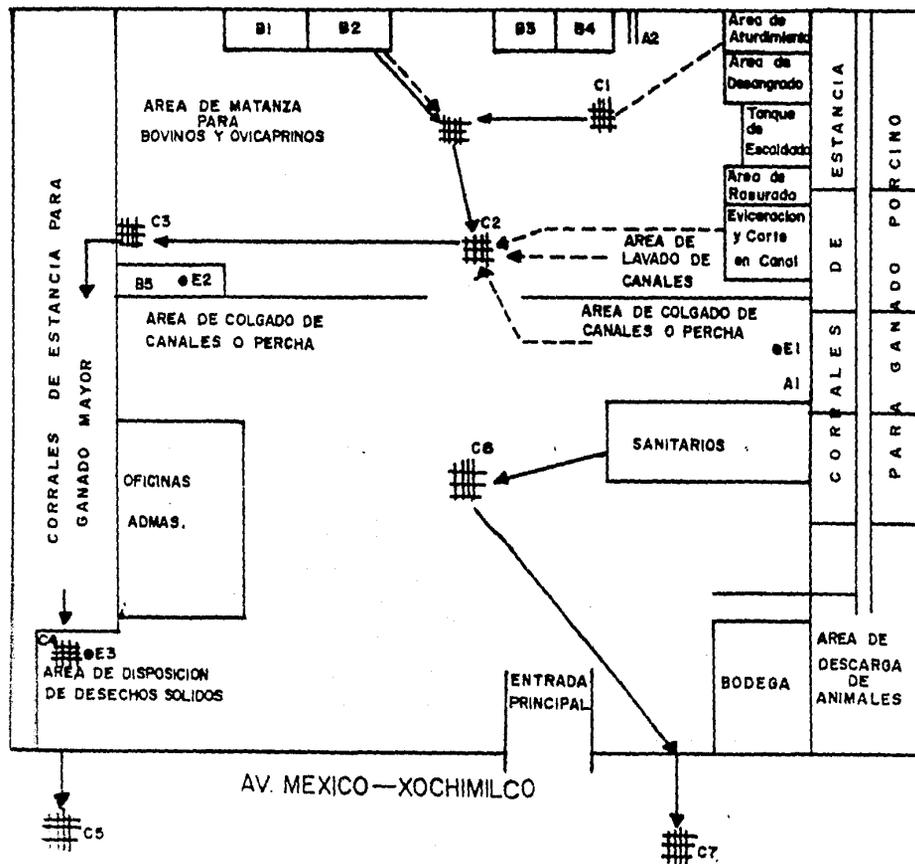


FIG. 3.6 ESQUEMA DE UN TANQUE DE FLOTACION POR AIRE DISUELTOS SIN RECIRCULACION

FUENTE: METCALF AND EDDY "WASTEWATER ENGINEERING" ED. LABOR S.A. ESPAÑA, 1981

FIG. 4.1 RASTRO DE XOCHIMILCO



NOTA :

- SITIOS DE MUESTREO
- E1 AGUA POTABLE
- E2 LAVADO DE VICERAS
- E3 DESCARGA DEL RASTRO
- A1, A2 TOMA DE AGUA POTABLE
- B1...B5 PILETAS DE LAVADO DE VICERAS Y TRIPAS
- C1...C4 ALCANTARILLAS DE DRENAJE INTERNO DE DESECHOS LIQUIDOS Y SOLIDOS DEL RASTRO
- C6 ALCANTARILLAS DE LAS AGUAS DE SANITARIOS Y DE LAVADO DE PATIO
- C5, C7 ALCANTARILLAS DE DRENAJE MUNICIPAL
- FLUJO DE LOS DESECHOS EN EL DRENAJE INTERNO
- - - FLUJO DE LOS DESECHOS EN EL PISO