



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

TESINA

**“ANÁLISIS DE RIESGOS APLICADO AL PRODUCTO MANGO DE ORIGEN MEXICANO POR
SALMONELLA SPP”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

DENISSE TORRES IZQUIERDO



CDMX

2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: MARIA DE LOURDES GÓMEZ RÍOS

VOCAL: ALEIDA MINA CETINA

SECRETARIO: ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS

1ER. SUPLENTE: AGUSTÍN REYO HERRERRA

2DO SUPLENTE: ZAIRA BERENICE GUADARRAMA ALVAREZ

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA) Y BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.

ASESORA DEL TEMA:

M. EN C. ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS

SUSTENTANTE (S):

DENISSE TORRES IZQUIERDO

Contenido

Índice de tablas y figuras.....	III
Resumen.....	1
Objetivos	2
Objetivo general.....	2
Objetivos particulares	2
Hipótesis.....	3
Planteamiento del problema	4
Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)	4
<i>Salmonella</i> spp	6
Costo económico y social por ETA	6
Alertas y Rechazos de importación y brotes por contaminantes en mango mexicano	8
Programa Nacional de Monitoreo de Plaguicidas en Vegetales.....	10
Situación epidemiológica en México.....	11
Situación epidemiológica de salmonelosis en Estados Unidos de América.....	12
Mango	12
Importancia del mango en México	12
Análisis de riesgo.....	14
Evaluación del Riesgo.....	14
Identificación del peligro.....	14
Árbol de Escenarios	15
Evaluación de Riesgo Cualitativo.....	18
Evaluación de Riesgo Cuantitativo	19
Justificación del riesgo	20
Gestión del riesgo.....	22
Comunicación del riesgo	23
Discusión	23
Conclusiones	26
Bibliografía	28
Anexo 1	29

Índice de tablas y figuras

Tablas	Página
1. Sistemas de vigilancia pertenecientes a los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de los EUA	12
2. Estados de la República Mexicana con mayor producción de mango	14
3. Ficha técnica de <i>Salmonella</i> spp, identificada como el peligro de estudio para este trabajo	15
4. Formato para la estrategia de minimización de riesgos en la cadena de valor del mango mexicano	22
5. Evaluación del riesgo de los factores que lleven a la presencia de <i>Salmonella</i> spp en mango mexicano	43

Figura	Página
1. Estados implicados en el brote de <i>Salmonella Braenderup</i> en 2012	9
2. Curva epidemiológica del brote de <i>Salmonella Braenderup</i> en 2012	10
3. Situación epidemiológica de salmonelosis en México	11
4. Distribución mensual de mango de exportación e importación en 2016	13
5. Árbol de escenarios en la etapa de producción y cosecha del mango mexicano.	16
6. Árbol de escenarios en la etapa de distribución del mango mexicano.	17
7. Matriz de evaluación de riesgo cualitativo	18
8. Matriz de evaluación de riesgo cuantitativo	19
9. Muestras recolectadas en la UP y en las UE del estado de Sinaloa durante el 2017 y 2018	21
10. Matriz de evaluación del riesgo para el uso de agua contaminada para el riego	29
11. Matriz de evaluación del riesgo para el uso de agua contaminada para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes.	30
12. Matriz de evaluación del riesgo para la defecación en campo	31
13. Matriz de evaluación del riesgo para la falta de vigilancia de la salud del personal	32

14. Matriz de evaluación del riesgo para la falta de estaciones sanitarias y de lavado en campo	33
15. Matriz de evaluación del riesgo para la falta de desinfección de utensilios de cosecha y herramienta.	34
16. Matriz de evaluación del riesgo para el producto con contacto con el suelo	35
17. Matriz de evaluación del riesgo para el transporte contaminado	36
18. Matriz de evaluación del riesgo para agua contaminada	37
19. Matriz de evaluación del riesgo para el agua no potabilizada	38
20. Matriz de evaluación del riesgo para el agua potabilizada de manera incorrecta	39
21. Matriz de evaluación del riesgo para el tratamiento de hidrotermia	40
22. Diagrama de flujo para el tratamiento de hidrotérmico del mango mexicano.	41
23. Matriz de evaluación del riesgo para la irradiación de alimentos	42

Resumen

La determinación de los factores de riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos constituye el primer paso en la asignación de las prioridades en la estrategia de prevención, inspección y vigilancia durante la cadena de valor de los alimentos para garantizar la inocuidad de éstos. Dichos factores de riesgo se pueden conocer y evaluar utilizando herramientas de clasificación de riesgos de salud pública, el cual es un proceso que implica comparar el riesgo relativo de múltiples peligros, incluidos alimentos, con el fin de ayudar en el establecimiento de prioridades de gestión de riesgos, la asignación de recursos y la identificación de datos críticos y necesidades de investigación. Se eligió el producto mango, debido a que México ha recibido notificaciones de brote por parte de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América (EUA), con mango de origen mexicano contaminado y que ha afectado la salud de consumidores americanos; así como, notificaciones de alertas y rechazos por parte de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) de los EUA, situación que vulnera la preferencia, aceptación, consumo y comercio de este producto mexicano en el mercado nacional y de exportación. Como parte del desarrollo de este trabajo se realizó un análisis de riesgo en el producto agrícola mango a fin de evaluar sus procesos en la cadena de valor, cuáles son los de mayor riesgo y las prácticas sugeridas para su minimización. Finalmente, se concluyó que la etapa de cosecha y distribución son de bajo riesgo y la etapa de empaque es considerada de alto riesgo.

Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar un análisis de riesgos en el producto agrícola mango mexicano a lo largo de la cadena de valor: producción, cosecha, transporte y empaque que puedan asociarse a la contaminación microbiológica del producto para sugerir las prácticas de prevención de gestión de riesgos.

Objetivos particulares

- Identificar las características de la amenaza de contaminación del producto mango y su origen, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia, el nivel de impacto y escenarios en los que se pueda presentar.
- Identificar, analizar y responder a los factores de riesgo de contaminación a lo largo de la cadena productiva de mango, para plantear las medidas de control desde un punto de vista preventivo en lugar de reactivo.
- Proponer la información de datos y acciones tanto correctivas como preventivas, que se deben comunicar entre los individuos, grupos o instituciones que tienen participación en la cadena de valor de producción del mango mexicano.

Hipótesis

Si se realiza las distintas etapas del análisis de riesgos para la producción de mango mexicano, se generarán las medidas de prevención o control para disminuir el riesgo microbiológico al identificar las posibles causas de la presencia de *Salmonella* spp.

Planteamiento del problema

Cuando las prácticas de higiene en la cadena de valor hasta el consumo de mango mexicano son deficientes, puede ocurrir la presencia de cualquier contaminante físico, químico o microbiológico que afecte la inocuidad del producto y que en consecuencia provoque una Enfermedad Transmitida por Alimentos (ETA).

Derivado de la vigilancia epidemiológica, las autoridades de salud internacionales pueden establecer medidas de precaución para sus consumidores, que van desde los rechazos comerciales, publicación de alertas y destrucción de productos, hasta el cierre comercial de mercancías por efecto del riesgo que pueda representar algún alimento a la salud pública. Por tal razón, es importante enfatizar el costo económico y social por ETA, alertas, rechazos de importación y brotes por contaminantes, pero sobre todo la implicación epidemiológica que pueda causar en la población mexicana el consumo de producto de alto riesgo.

Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)

Las ETA son aquellas que se originan por la ingestión de alimentos contaminados en cantidades suficientes para afectar la salud. Los signos y síntomas que se pueden presentar los enfermos, varían de acuerdo con la persona consumidora, la cantidad de alimento contaminado ingerido y el tipo de peligro presente en el alimento. Las enfermedades causadas por alimentos contaminados (incluyendo el agua potable) constituyen uno de los problemas de salud más comunes, la mayoría de estas son causadas por peligros biológicos (Chávez, 2015).

La Organización Mundial para la Salud (OMS) define a un brote de ETA como un incidente en el que dos o más personas presentan una enfermedad semejante después de la ingestión de un mismo alimento y los análisis epidemiológicos apuntan al alimento en común como el origen de la enfermedad. Los brotes pueden involucrar números diferenciados de casos (FAO, 2018).

La probabilidad de que un brote o caso se reconozca y notifique por las autoridades de salud depende, entre otros factores, de la comunicación de los consumidores, la historia clínica y de las actividades de vigilancia sanitaria de las autoridades a nivel país, estatal, municipal y local.

Para que ocurra una ETA, el patógeno o las toxinas de éste deben estar en el alimento. Existen características del patógeno y del alimento que deben cumplirse para que se desarrolle una ETA:

- El alimento debe ser capaz de permitir el crecimiento poblacional de los patógenos, es decir, debe presentar características intrínsecas que favorezcan el desarrollo del agente.
- El patógeno debe estar presente en cantidad suficiente como para causar una infección o para producir toxinas.
- El alimento debe permanecer en la zona de peligro de temperatura durante tiempo suficiente como para que el organismo patógeno se multiplique o produzca toxinas. Otras condiciones extrínsecas deben prevalecer para que esta multiplicación y/o producción de toxina sea favorecida.
- Debe ingerirse una cantidad (porción) suficiente del alimento, conteniendo el agente, para que la barrera de susceptibilidad del individuo sea sobrepasada.

Las ETA pueden clasificarse en infecciones o intoxicaciones, la infección se refiere a la presencia de un número elevado de células viables, ocasionando diferentes alteraciones en los seres superiores vivos (Valle, 2000), o infecciones mediadas por toxina.

La infección transmitida por alimentos es una enfermedad que resulta de la ingesta de alimentos que contienen patógenos vivos, como *Salmonella*, el virus de la hepatitis A, *Trichinella spirallis* y otros.

La intoxicación causada por alimentos ocurre cuando las toxinas producidas por bacterias o mohos están presentes en el alimento ingerido o elementos químicos en cantidades que afecten la salud (FAO, 2018).

Las enfermedades de transmisión alimentaria constituyen uno de los problemas de salud pública de mayor importancia a nivel mundial, ya que ocasionan alta morbilidad y mortalidad (Viller, 2011). Se producen por la ingesta de alimentos y/o bebidas contaminados con microorganismos patógenos, parásitos y/o toxinas. La preparación y manipulación de los alimentos son factores claves en el desarrollo de las ETA.

Costo económico y social por ETA

Existen múltiples aspectos a considerar para la evaluación del daño económico producido por las ETA's; esto influye no solamente en la salud pública, sino también repercute negativamente sobre las actividades comerciales lo que puede provocar pérdidas económicas por decomisos, consecuencias jurídicas, suspensión de actividades y clausura de establecimientos por señalar algunas a nivel empresarial, de quien haya producido, empacado y distribuido el alimento que se correlacione a la ETA.

Actualmente en el país existe un crecimiento del sector alimentario. En el año 2019, las exportaciones de productos agrícolas y agroindustriales llegaron a 37576 millones de dólares. Estas exportaciones crecieron un 7.5% comparada con el año 2018. (SIAP, 2020) Estos datos son indicadores de la importancia que tiene el control de la inocuidad de los alimentos y la aplicación de las medidas sanitarias que se aplican en el mercado agroalimentario internacional. Como resultado de la falta de controles para garantizar la inocuidad, puede repercutir en pérdidas económicas, cuando las autoridades o los socios comerciales encuentren contaminantes en el producto y en el lugar de importación, con la consecuente pérdida de divisas y el eventual cierre del mercado.

También, se han reportado rechazos debidos a la falta de aplicación de buenas prácticas agrícolas y de manufactura o empaque, por consecuencia de la aplicación de plaguicidas no establecidos para el cultivo o que sobrepasan el Límites Máximos Residuales (LMR), establecidos por el país de origen y/o destino; también, sucede algo similar con las condiciones sanitarias que deben existir durante la cosecha, el empaque y el almacenamiento.

Salmonella spp

La *Salmonella* es una bacteria patógena para el humano. En algunos de los miembros del género existe un grado variable de adaptación a huéspedes, lo que guarda relación con el daño que causan en el hombre. Es una bacteria primariamente parásita intestinal de los animales, incluido el hombre.

Es un Bacilo Gram-negativo de la familia Enterobacteriaceae, móvil, anaerobio facultativo con una rica composición antigénica que se emplea como base para la identificación de sus miembros en serotipos, más recientemente designados como serovares. Las condiciones óptimas de crecimiento para *Salmonella spp* son: 37 °C y un intervalo de pH de 6.4 a 7.5. Sin embargo, el rango de temperatura en que puede desarrollarse es de 6-46 °C y un intervalo de pH de 4.1-9.0 en un medio totalmente enriquecido para *Salmonella*, el aw más baja reportada para su desarrollo es de 0.93.

La fuente principal de este microorganismo es la microbiota normal de animales, aves de corral, vegetales y fómites debido a contaminación cruzada. Se asocia a productos de origen animal tales como: carne cruda, leche, productos lácteos, huevo, pescado, camarón y postres rellenos con crema. También se asocia a productos vegetales frescos o mínimamente procesados que tienen contacto con suelo o aguas de riego contaminadas.

El microorganismo tiene un periodo de incubación de 3 a 72 h y los síntomas más comunes que se presentan son dolor estomacal, diarrea, náusea, escalofríos, fiebre, dolor de cabeza y articulaciones. La duración de estos síntomas es comúnmente de 1 a 2 días, sin embargo, se puede prolongar dependiendo de los factores en el huésped, la dosis ingerida y las características de la cepa. La dosis infectante para este microorganismo es de alrededor de 15 a 20 células, dependiendo de la edad, salud del huésped y la cepa de *Salmonella* con la que se tiene contacto.

Salmonella vive en el tracto intestinal de los humanos y otros animales, incluyendo aves. La *Salmonella* es usualmente transmitida a los humanos por medio del consumo de alimentos contaminados con heces de animales. Por lo antes mencionado, la *Salmonella* puede estar presente en carnes y aves crudas que tuvieron contacto con contenido intestinal al momento de su faena en rastros y puede sobrevivir si el producto no se cocina adecuadamente.

La *Salmonella* es la causante de la enfermedad gastrointestinal o cuadro clínico transmitido por alimentos denominado “salmonelosis”.

Los alimentos también se pueden contaminar por medio de una persona infectada, que muestre o no síntomas, esta persona al manejar los alimentos con las manos contaminadas, puede ser un transmisor por portador asintomático. La *Salmonella* también se puede encontrar en las heces de algunas mascotas. Las personas se pueden infectar si no se lavan correctamente las manos después de tener contacto con alguna superficie que se haya contaminado con estas heces, como el pelo o piel de estos animales.

Los CDC, ha comunicado a la población americana cuales son algunos de los factores de riesgo para enfermar por *Salmonella* spp., que involucran temporalidad y edad de las personas, por ejemplo:

- La infección por *Salmonella* es más común en los meses de verano (junio, julio y agosto) que en invierno.
- Los niños menores de 5 años son los más propensos a contraer una infección por *Salmonella*.
- Los niños de 5 años o menos, los adultos mayores de 65 años y las personas con sistemas inmunes debilitados son los más propensos a tener infecciones graves.
- El uso de medicamentos anti-ácidos incrementan el riesgo de infección por *Salmonella*.

También algunas recomendaciones para el control y prevención de la *Salmonella* en alimentos:

- Cocción completa de carne de ave y sus productos, huevo, carne molida y pescados.
- Adecuadas técnicas de lavado de manos antes, durante y después de manipular carne cruda, carne de ave, huevo y sus productos.
- Verificar la limpieza de utensilios y superficies en donde se preparan los alimentos.
- No mezclar utensilios al momento de preparar alimentos.

Alertas y Rechazos de importación y brotes por contaminantes en mango mexicano

Una alerta de importación informa al personal de campo de la FDA y al público en general, que la agencia tiene suficiente evidencia para detener sin examen físico, a los productos que parecen estar en violación de las leyes y regulaciones de los Estados Unidos (definición de acuerdo con la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés). Estas violaciones podrían estar relacionadas con la inocuidad, calidad y etiquetado del producto.

Un rechazo de importación (definición de acuerdo con la FDA) se refiere a la detención del envío de un producto, debido a que está en violación de las leyes y regulaciones de la FDA. Un envío rechazado debe ser destruido o reacondicionado para su devolución al país de origen bajo la supervisión de la Dirección de Aduanas y Protección Fronteriza de los Estados Unidos y la FDA en un plazo máximo de 90 días a partir de la fecha de notificación de rechazo.

Desde el año 2012, el SENASICA se ha encargado de monitorear, atender y dar seguimiento a las alertas y rechazos de Importación derivados de las notificaciones provenientes de países como: Estados Unidos América (EUA), Canadá, Unión Europea, China y Japón principalmente, siendo los EUA quien han notificado hasta el 99 % de dichas alertas debido a que es el primer socio comercial de agro productos en México.

En el periodo de 2012 a 2017, la FDA en su portal de internet “Alerta de importación # 99-23”, publicó tres alertas de importación para mango con *Salmonella* spp., las empresas que generaron la notificación son de los estados de Colima, Michoacán y Jalisco. En el mismo periodo de tiempo se notificaron cuatro rechazos de importación de los estados de Nayarit, Michoacán, Jalisco y Colima.

Un brote por ETA, ocurre cuando dos o más personas sufren una enfermedad similar después de ingerir un mismo alimento y los análisis epidemiológicos señalan a un alimento en común como el origen de la enfermedad, que luego es confirmado por el laboratorio y

por la información recabada epidemiológicamente, por consiguiente, cualquier producto alimenticio puede ser fuente de un brote.

Ante la aparición de un brote se lleva a cabo la investigación epidemiológica del mismo, que incluye la búsqueda activa de casos y la obtención de la información. Las alertas y rechazos de importación, hacen referencia a productos presuntamente implicados en algún tipo de contaminación ya sea de tipo química o microbiológica.

En el año 2012, los CDC publicaron un brote multiestado por *Salmonella Braenderup* asociado a mango de origen mexicano. Un total de 127 individuos infectados con la cepa del brote de *Salmonella Braenderup* fueron reportados en 15 estados: California (99), Delaware (1), Hawaii (4), Idaho (1), Illinois (2), Maine (1), Michigan (1), Montana (1), Nebraska (1), Nueva Jersey (1), Nueva York (3), Oregon (1), Texas (2), Washington (8) y Wisconsin (1). (Figura 1)

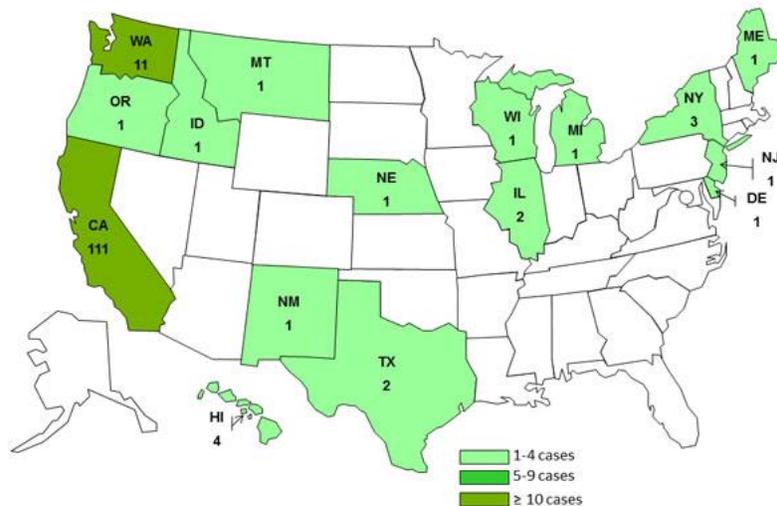


Figura 1. Estados pertenecientes a EUA implicados en el brote de *Salmonella Braenderup* en 2012.

El brote comprendió un periodo de tiempo del 3 de julio de 2012 al 1 de septiembre de 2012 (Figura 2). Las personas con edades comprendidas entre menos de 1 año y 86 años, con una edad media de 33 años. El cincuenta y seis por ciento de las personas enfermas eran mujeres. Entre 101 personas con información disponible, 33 (33 %) pacientes informaron haber sido hospitalizados. No se informaron decesos.

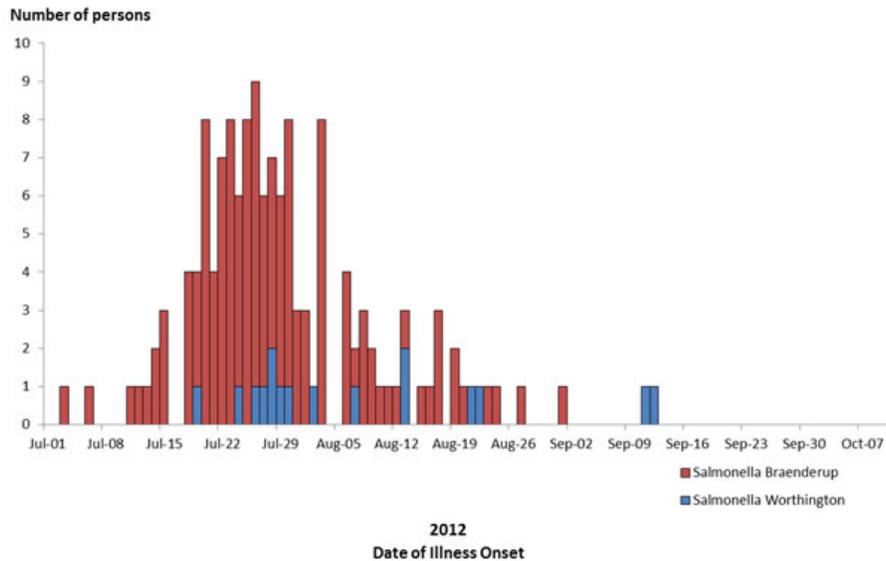


Figura 2. Curva epidemiológica del brote de *Salmonella Braenderup*.

Programa Nacional de Monitoreo de Plaguicidas en Vegetales

Para respaldar la inocuidad que guardan los alimentos de origen agrícola, el SENASICA aplica un método de muestreo estadísticamente representativo en las unidades productivas, para recabar información relevante, a fin de conocer y determinar la presencia o no de residuos de plaguicidas y microorganismos patógenos en los alimentos. El método de muestreo a realizar debe considerar grados de incertidumbre y confiabilidad, así como el lugar de colecta, tipo y tamaño de producto, distribución y disposición del contaminante, que permitan obtener muestras representativas del producto a analizar.

Los gobiernos como responsables de regular la aplicación de las actividades efectuadas durante la producción primaria de vegetales, a través de la aplicación de buenas prácticas y el buen uso y manejo de insumos fitosanitarios, deben promover acciones encaminadas a evitar o minimizar la contaminación por agentes físicos, químicos y microbiológicos, considerando los resultados arrojados del Programa Nacional.

El “Programa Nacional de Monitoreo de Plaguicidas en Vegetales”, se sustenta en La Ley Federal de Sanidad Vegetal y su Reglamento de México, de este último en su Artículo 121, fracción III. Es aplicable a las unidades de producción de productos agrícolas frescos en campo y tiene como objetivo, obtener muestras representativas colectadas en parcelas y/o lotes de las unidades de producción, con el fin de determinar sus contaminantes.

Para este programa a partir del año 2018, se incluyó el producto mango para los Estados de Guerrero, Sinaloa, Nayarit, Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Jalisco y Veracruz; con un total de 31 muestras, hasta el mes de octubre de 2018 se habían reportado 3 muestras con *Salmonella* spp. en los Estados de Michoacán y Oaxaca, para la variedad Tommy; todas ellas provenientes de unidades de producción que no aplican algún esquema de inocuidad.

Situación epidemiológica en México

En México, las enfermedades gastrointestinales infecciosas representan uno de los riesgos sanitarios más frecuentes que enfrenta la población ya que son la segunda causa de morbilidad a nivel nacional. Los serotipos de *Salmonella* que se han identificado con mayor frecuencia en México son *Typhimurium*, *Agona*, *Anatum* y *Derby*.

La situación epidemiológica de salmonelosis en México durante el periodo de 2010 a abril 2021 reportó 975 321 infecciones por *Salmonella* sp., en humanos por consumir alimentos contaminados de origen vegetal, ha sido francamente descendente. Se observa un pico máximo en 2012 de casos. Figura 3

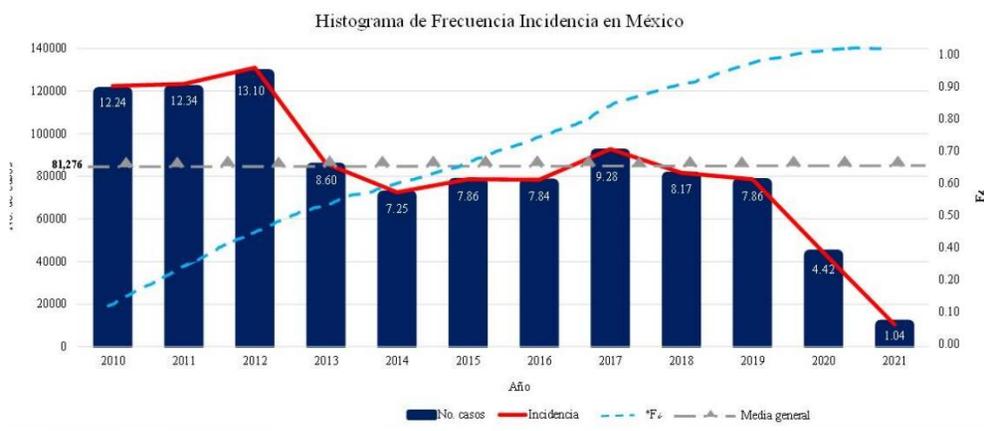


Figura 3. Situación epidemiológica de salmonelosis en México.

Situación epidemiológica de salmonelosis en Estados Unidos de América Mango

El árbol de mango es uno de los principales miembros de la familia de Anacardiaceae, su clasificación taxonómica actual es:

- Clase Dicotyledoneae
- Subclase Rosidae
- Orden Sapindales
- Familia Anacardiaceae
- Género *Mangifera*
- Especie *indica*

Su punto exacto de origen es desconocido, pero se considera que probablemente es nativo de los bosques montañosos bajos del este de la India, Bangladesh y Myanmar (De los Santos, 2011).

En cuanto a los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo, se recomiendan en general los suelos ligeros, donde las grandes raíces puedan penetrar y fijarse al terreno. El pH estará en torno va de 5.5-5.7; teniendo el suelo una textura limo-arenosa o arcillo-arenosa.

Los requerimientos hídricos dependen del tipo de clima del área donde estén situadas las plantaciones. El riego se inicia tras la floración y continúa hasta la recolección, con un intervalo entre riegos de 10-15 días en suelos arenosos y 18-25 días en suelos arcillosos.

El mango como cualquier otra planta, es susceptible a enfermedades, dentro de las cuales la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., es la de mayor impacto en la productividad y calidad del fruto, esta enfermedad se ha distribuido en todas las zonas productoras de mango en el mundo (De los Santos, 2011).

Importancia del mango en México

Con base en la información proporcionada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el territorio mexicano por extensión es la 13ª nación más grande del mundo puesto que cuenta con 1,964,375 km² de superficie territorial y se estima que dos terceras partes tienen potencial agrícola.

La convergencia de territorio, recursos naturales, inventario animal, infraestructura y trabajadores posibilitan la generación de una producción agropecuaria y pesquera nacional

que permite al país ubicarse en el No. 11° en producción mundial de cultivos agrícolas y el 12° en producción mundial de alimentos.

México figura entre las naciones que más productos de su campo y agua exportan; la variedad y su calidad han contribuido en la consecución de un superávit comercial agroalimentario favorable en 2016. El dinamismo del sector exportador agroalimentario mexicano y el nivel alcanzado en las ventas internacionales de sus productos durante 2016, posibilitó al país divisas de \$ 28,971 millones de dólares.

En cuanto al producto mango, México ocupa el 5° lugar en producción mundial, las exportaciones representan una quinta parte de la producción, las ventas del fruto al exterior resultan 7.1% superiores al 2015. México exporta a 28 países el fruto tropical, mango. Los principales clientes son EUA y Canadá, ya que adquieren en conjunto un 96.8 % del volumen exportado.

Actualmente se satisface el 100 % de los requerimientos nacionales con producción interna; así mismo las importaciones mundiales han aumentado 34.75 % en la última década, lo que ha generado un incremento en las exportaciones principalmente a Estados Unidos y Canadá (0.36 mil millones de toneladas) como lo muestra la Figura 4.

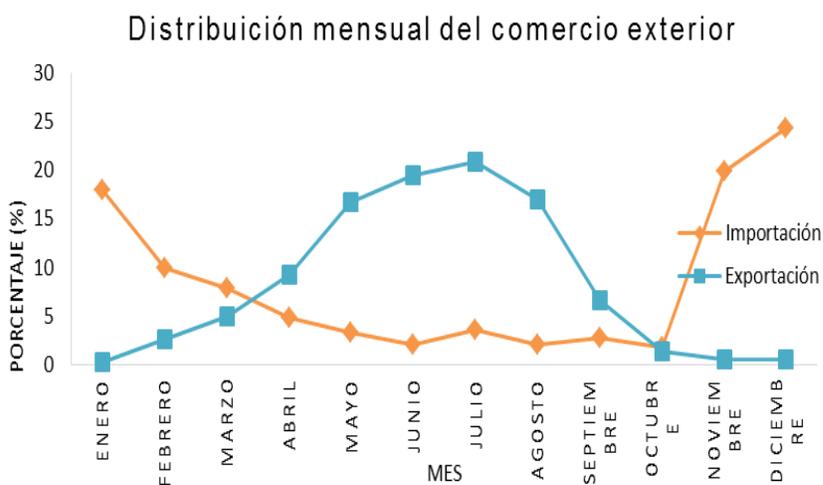


Figura 4. Distribución de exportación e importación mensual de mango mexicano reportados en el año 2016

En la actualidad se exporta aproximadamente el 17 % de la producción nacional, el volumen restante se distribuye en México, el 70 % de dicho volumen se destina a la Central de Abasto y el 30 % a las tiendas de Autoservicio.

En México, los estados costeros desarrollan las mejores plantaciones de mango. En el 2016, el comportamiento del valor de la producción fue superior en 10.7 % si se compara con lo registrado en 2015, en la tabla 2 se muestran los Estados de la República Mexicana con

mayor producción, juntos contribuyen al 94 % del volumen nacional y Guerrero se distingue entre ellos puesto que aporta el 20 % del total.

Entidad Federativa	Volumen (Toneladas)
Total nacional	1 888 187
Guerrero	372 283
Sinaloa	339 530
Nayarit	311 218
Chiapas	238 430
Michoacán	144 675
Oaxaca	141 083
Jalisco	113 608
Veracruz	111 043
Colima	49 432
Campeche	36 411

Tabla 2. Estados de la República mexicana con mayor producción de mango registrado en el 2015

Análisis de riesgo

Evaluación del Riesgo

Identificación del peligro

Para el proceso de identificación de peligros se puede elaborar una amplia lista de contaminantes que puedan estar asociados con ETA's, que posteriormente se puedan reordenar al listado por orden de importancia o a una problemática en particular identificada y sustentada. El planteamiento del problema del presente trabajo se enfocó solamente a la presencia de *Salmonella spp.*, principal patógeno causante de brotes en los EUA, notificaciones de alertas y rechazos al producto mexicano y primordial causa que pudiera causar el cierre de fronteras y comercio de este producto.

Una vez identificado el peligro potencial (*Salmonella spp*) se elaboró la ficha técnica del peligro identificado (ver Tabla 3).

Ficha técnica *Salmonella* spp.

<i>Salmonella</i> spp	
Familia	Enterobacteriaceae
Morfología	Bacilo
Gram	Negativo (-)
Movilidad	Móvil
Requerimientos de oxígeno	Anaerobio facultativo
Temperatura óptima de crecimiento (°C)	37
pH óptimo de crecimiento	6.4-7.5
aw	0.93
Alimentos asociados	Carne cruda, leche, productos lácteos, huevo, pescado, camarón y postres rellenos con crema. Se asocia con productos vegetales frescos

Tabla 3. Ficha técnica de *Salmonella* spp, identificada como el peligro de estudio para este trabajo.

Árbol de Escenarios

Con base en la cadena de valor de producción del mango mexicano, se construyó un árbol de escenarios en las tres etapas identificadas en la producción nacional, “Producción y cosecha” (Figura 5) y “Empaque” (Figura 6), todas ellas aplicables al producto mango sin importar su región de origen, variedad o tratamiento cuarentenario post-cosecha al que es sometido para el control de la mosca de la fruta.

Con ello se puede determinar de manera subjetiva aquellos pasos en el proceso productivo de mayor riesgo.

Etapa 1. Producción y cosecha siendo: No = No se puede contaminar, Si = Si se puede contaminar

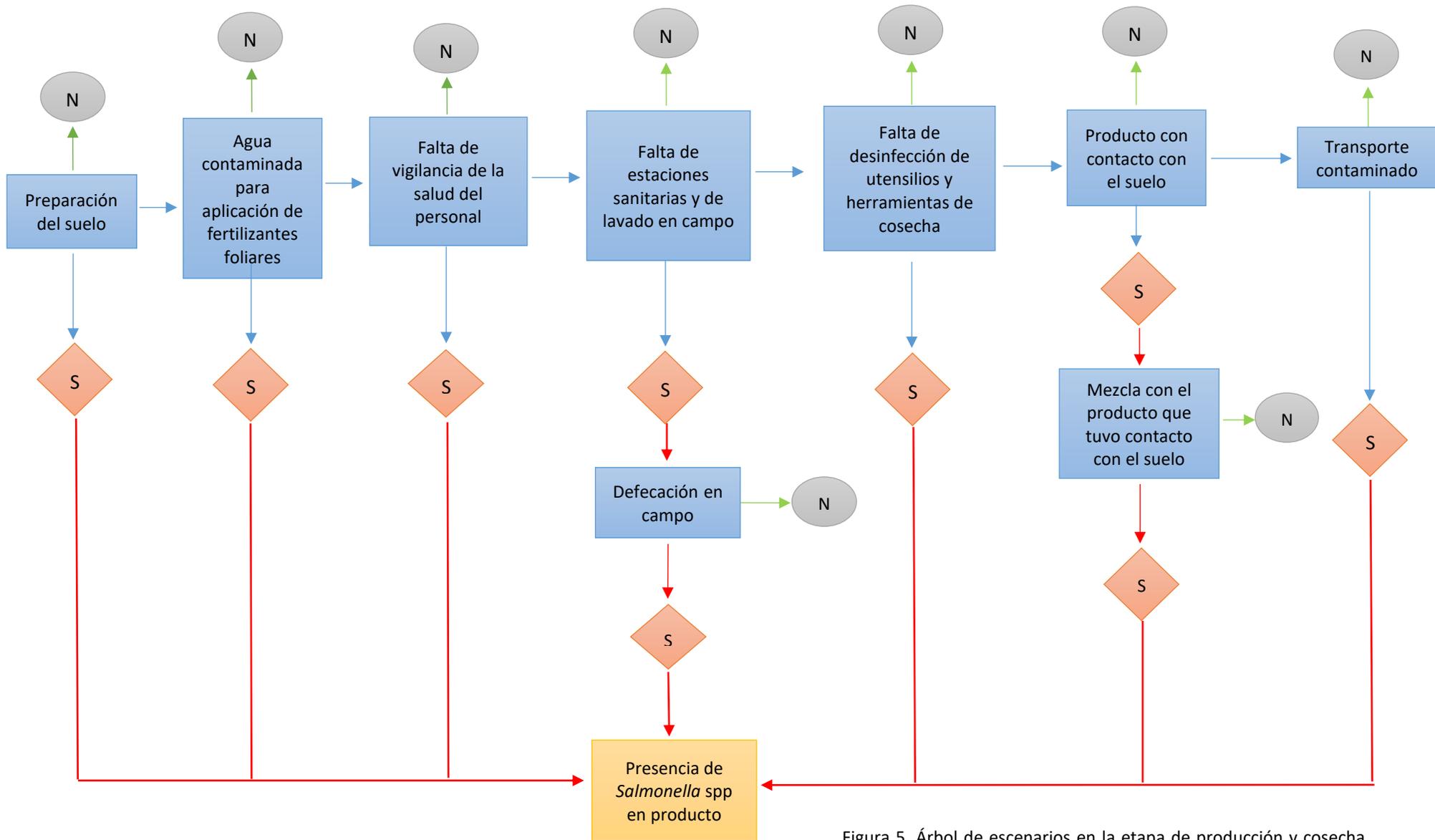


Figura 5. Árbol de escenarios en la etapa de producción y cosecha del mango mexicano.

Etapa 2. Empaque siendo: No = No se puede contaminar, Si = Si se puede contaminar

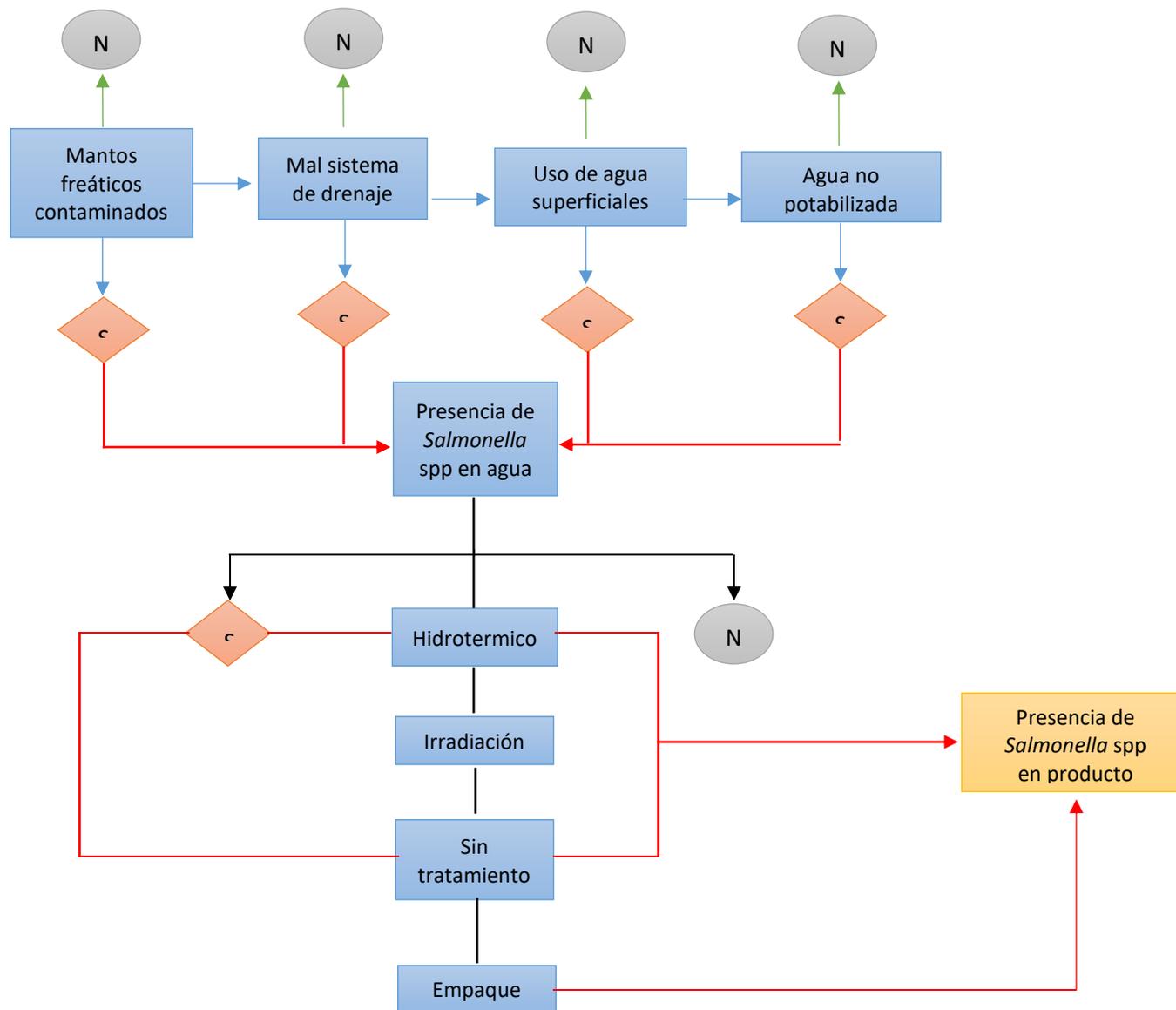


Figura 6. Árbol de escenarios en la etapa de empaque del mango mexicano.

Evaluación de Riesgo Cualitativo

El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) define el análisis de riesgos cualitativo como una evaluación de riesgos basada en datos que, a pesar de constituir una base suficiente para cálculos numéricos del riesgo y con conocimiento previo, establecer una clasificación de los riesgos, según su gravedad o separarlos en categorías descriptivas de tipo cualitativo.

Para elaborar un análisis de riesgos cualitativo se debe desarrollar una matriz de riesgos la cual es una herramienta que determina la gravedad del riesgo. En la matriz de riesgos (figura 8) se evalúa la probabilidad de difusión. La difusión es el proceso que consiste en describir el proceso biológico necesario para que una actividad de importación provoque la introducción de agentes patógenos en un medio determinado, y en estimar cualitativa o cuantitativamente la probabilidad de que se desarrolle efectivamente ese proceso.

En la matriz de riesgos también se evalúa el nivel de exposición, entendiendo como exposición a la descripción del proceso biológico necesario para que los animales y las personas del país importador se vean expuestos a los peligros (en este caso, los agentes patógenos) difundidos a partir de una fuente de riesgo determinada, y en estimar cualitativa o cuantitativamente la probabilidad de esa exposición.

Menor probabilidad probabilidad Difusión	Mayor	Catastrófico					
		Importante					
		Tolerable					
		Baja					
		Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico	
		Menor Impacto-----Mayor Impacto					
		Exposición					

Figura 7. Matriz de evaluación de riesgo cualitativo

Evaluación de Riesgo Cuantitativo

El OIRSA define el análisis de riesgos cuantitativo como una evaluación de riesgos que ofrece expresiones numéricas del mismo, así como una indicación de la incertidumbre que conlleva, ya que también se puede basar en la experiencia y conocimiento emperico de la incidencia de efectos adversos o positivos. Para elaborar un análisis de riesgos cuantitativo se debe desarrollar una matriz de riesgos con la que de manera numérica se evalúa el riesgo y se le da la categoría de acuerdo con el puntaje obtenido en bajo, moderado y alto.

Menor probabilidad probabilidad Difusión Mayor	5	6	7	8	9	10
	4	5	6	7	8	9
	3	4	6	6	7	8
	2	3	4	5	6	7
	1	2	3	4	5	6
		1	2	3	4	5
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 8. Matriz de evaluación de riesgo cuantitativo

Al realizarse un análisis de riesgos cualitativo o cuantitativo, se establecen las categorías de:

Bajo	Un riesgo bajo se considera cuando es poco probable que el peligro identificado sin afectar la salud del consumidor, se puede prevenir con la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas o de Manejo.
Moderado	Un riesgo moderado se considera cuando es probable que se presente el peligro identificado, afectando la salud del consumidor, se puede prevenir con la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas o de Manejo, adicionalmente con algún otro pre-requisito.
Alto	Un riesgo alto se considera cuando, es altamente probable que se presente el peligro identificando, afectando la salud del consumidor, se puede prevenir con la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas o de Manejo, adicionalmente con algún otro pre-requisito, es inminente el cumplimiento de las recomendaciones identificadas en la gestión de riesgos y que fueron comunicadas para el control del peligro.

Cabe mencionar que ambos tipos de estudio tienen el mismo proceso de elaboración, sin embargo, para el presente trabajo se desarrolló un análisis de riesgo cualitativo debido a la información disponible para desarrollar la evaluación de riesgo.

Una vez que se realizó el árbol de escenarios, se recopiló la evidencia que permite definir la magnitud del riesgo de manera cualitativa mediante una matriz de riesgo para cada parámetro (**Ver Anexo 1**).

Justificación del riesgo

Como parte de las actividades realizadas para desarrollar el análisis de riesgo, en el mes de Julio 2018 se visitó una unidad de producción (UP) y tres unidades de Empaque (UE) en el estado de Sinaloa donde se recolectaron 40 muestras entre mango, agua, superficies vivas e inertes. Una de las unidades de empaque cuenta con el Certificado en Sistemas de Reducción de Riesgos (SRRC) que otorga el SENASICA, mientras que las UE restantes están en vías de obtenerlo.

Personal oficial del SENASICA recolectó nueve muestras de mango variedad Tommy antes del primer lavado, después del tratamiento cuarentenario, después del encerado y en la selección final. Se muestrearon superficies vivas (manos de trabajadores de cosecha y empaque) y superficies inertes que durante el proceso están en contacto con el producto, como rodillos, tinas de inmersión, guantes y cajas. (Grafico x)

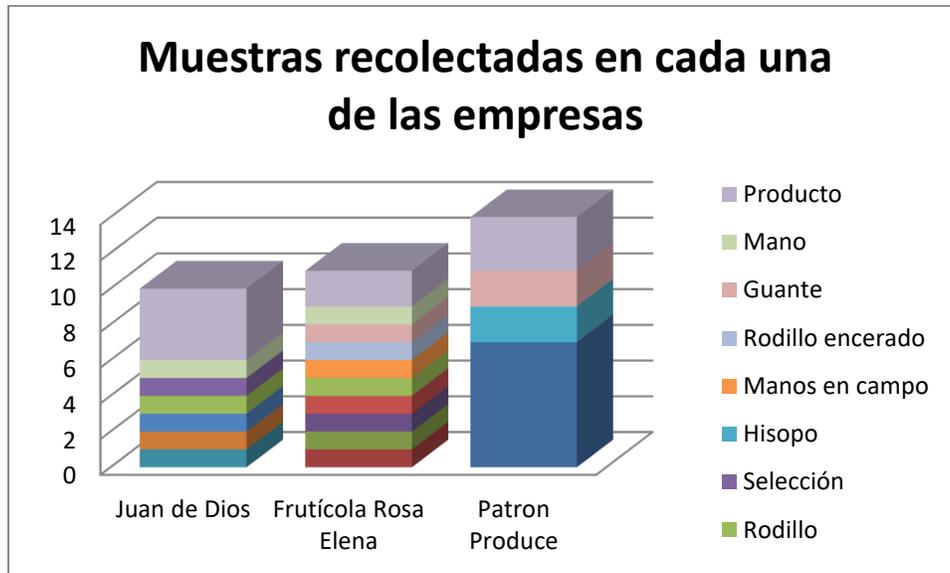


Figura 9. Muestras recolectadas en la UP y en las UE del estado de Sinaloa en Julio 2018

El muestreo se realizó en apego al manual de toma de muestras del SENASICA y se mantuvieron en hielera eléctrica, en el caso de las muestras de agua además se mantuvieron nutridas con agua peptonada y en condiciones de refrigeración hasta el envío. Para el envío se utilizan hieleras de unicelel con geles refrigerantes.

Las muestras recolectadas una vez que se acondicionaron fueron enviadas para su análisis al Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes (CNRPyC) donde una vez que cumplió con los criterios de aceptación que establece el CNRPYC en su catálogo de servicios se analizaron para *Salmonella* spp bajo la metodología AOAC con licencia No.100201.

El CNRPYC emitió los resultados ocho días después, donde reportó la ausencia de *Salmonella* spp. en las 40 muestras recolectadas. Ante estos resultados, se identificó un factor en común, y es que todas las unidades de producción y empaque aplican buenas prácticas agrícolas, aun cuando no todas estén certificadas bajo un sistema voluntario de gestión de inocuidad; ante esto, se puede calificar la producción y empaque de mango, cuando se aplican buenas prácticas el riesgo atribuible para *Salmonella* es bajo (ver tabla de Gestión de Riesgos).

Gestión del riesgo

En esta etapa del análisis de riesgo en inocuidad de alimentos, se analizan las alternativas de manejo para la mitigación del riesgo en conjunto con las prácticas implicadas.

Los gestores de riesgos pueden recabar información científica adicional más abundante y detallada sobre la evaluación de riesgos recurriendo a metodologías como la evaluación de riesgos, la clasificación de riesgos o los planteamientos basados en la epidemiología (FAO,2007).

En la Tabla 5, se presenta el formato para la estrategia de gestión de riesgos, este formato se llenará para cada una de las etapas que comprenden la cadena de valor de mango, a continuación, se muestra el ejemplo de algunos factores establecidos en las figuras 5 y 6 de este trabajo.

Ejemplo de la Estrategia minimización de riesgos											
				Monitoreo				Plan de acción			
Etapa	Actividad	Peligro	Punto de control o Punto Crítico de Control	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?	Medida preventiva	Acciones correctivas	Registros	Verificación ¿Quién, cómo, cuándo y dónde?
I	Cosecha	B	PC	Agua	Muestreo	Trimestral iniciando 3 meses antes del periodo de cosecha	Responsable de la unidad de producción	Uso de agua potable.	Potabilización del agua.	Uso de registros para el control de la potabilización. Uso de registros y resultados que amparen el muestreo	Responsable de la unidad de producción
I	Cosecha	B	PC	Estaciones	Supervisión	Instalar las estaciones previo al periodo de cosecha	Responsable de la unidad de producción	Instalar estaciones sanitarias y de lavado	Evitar la defecación en campo	Si se establecen las unidades sanitarias, emplear registros para el monitoreo de la limpieza de las mismas	Responsable de la unidad de producción

Tabla 4. Formato para la minimización del riesgo en la cadena de valor del mango mexicano

Códigos para el formato de Gestión de Riesgos.

Etapa I: Producción y cosecha

Etapa II: Empaque

Etapa III: Distribución

Peligros:

B= Biológico

PC= Punto de control

PCC= Punto crítico de control

Comunicación del riesgo

La comunicación de riesgos es un elemento del análisis de riesgos que ofrece grandes posibilidades pero que no se ha utilizado suficientemente. La comunicación de riesgos ayuda a ofrecer información oportuna, pertinente y precisa a los miembros del equipo de análisis de riesgos y a las partes interesadas externas, y al mismo tiempo a obtener información de ellos, con el fin de mejorar los conocimientos acerca de la naturaleza y efectos de un riesgo específico relacionado con la inocuidad de los alimentos. La comunicación eficaz de riesgos es un requisito imprescindible para poder realizar con eficacia la evaluación y la gestión de riesgos. Contribuye a la transparencia del proceso de análisis de riesgos y promueve una comprensión y aceptación más amplia de las decisiones de gestión de riesgos (FAO,2007).

Discusión

Durante las emergencias de salud pública que han involucrado al mango mexicano como causante de ETAS, las autoridades nacionales requieren conocer a qué riesgos sanitarios se enfrentan y qué medidas pueden adoptar para proteger la salud de los consumidores, promoviendo acciones que mitiguen los riesgos de contaminación en un producto que tiene un consumo anual per cápita de 12.4 kg (SIAP,2018).

A los productores y empacadores de mango, si se les facilita pronta y frecuentemente información precisa en un lenguaje que entiendan y por medios accesibles como cursos o asesorías en campo sobre la reducción de riesgos de contaminación, podrán tomar decisiones e implementar acciones que minimicen las malas prácticas que estén propiciando la contaminación de su producto.

La comunicación de riesgos forma parte de cualquier respuesta de emergencia. La comunicación de riesgos consiste en el intercambio, en tiempo real, de información, consejos y opiniones entre los expertos, productores, profesionales del campo, funcionarios públicos y las personas en situación de riesgo. Tanto en las epidemias o brotes por ETAS, una comunicación de riesgos eficaz hace posible que los colectivos más expuestos como productores, empacadores, transportistas y exportadores, entiendan y adopten las medidas de protección que, al mismo tiempo, permite a las autoridades y

los expertos establecer acciones o políticas públicas que permitan la adopción de pautas conductuales para la mitigación de riesgos.

Por último, se observa una clara necesidad de orientación sobre los enfoques más eficaces para el fortalecimiento de la capacitación y concientización en la manipulación higiénica de los alimentos en cualquier etapa productiva; una alerta o contingencia sanitaria asociada al producto mango sería catastrófica para el sector y su cadena de valor, ya que la industria del mango, es el negocio que mueve 500 millones de dólares al año (Emex,A.C.,2023) y donde México se posiciona en el cuarto lugar de producción (SIAP,2018), teniendo este producto en 23 entidades de la República, pero se alza como principal exportador de mango a nivel mundial con 370 mil toneladas al año, hasta ahora no se ha estimado el número de empleos directos o indirectos en este ramo. El crecimiento e ingresos de este sector ha llevado a las empresas exportadoras de mango a invertir en tecnología, gestión de programas fitosanitarios y asesoría técnica para la gestión de riesgos; sin embargo, las malas prácticas agrícolas, de empaque, almacén, transporte y distribución pueden provocar el cierre de la exportación de este producto.

Como parte del Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación, es necesario para las empresas de producción y manejo primario del mango hacer una adecuada gestión de riesgos que le permita saber cuáles son las posibles las amenazas que podrían explotar las vulnerabilidades. En la medida que la empresa tenga clara esta identificación de riesgos podrá establecer las medidas preventivas y correctivas viables que garanticen mayores niveles de seguridad para la prevención de la contaminación del fruto.

Existen distintas metodologías utilizadas para la gestión de riesgos, tales como el análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) y el análisis de causa-raíz, pero todas parten de un punto común: la identificación de riesgos y sus potenciales contaminantes, es decir todos aquellos recursos involucrados en la gestión de la información, que va desde prácticas culturales, equipos, implementos y el recurso humano. Sobre estos factores es que hace la identificación de las amenazas o riesgos y las vulnerabilidades.

Una amenaza se puede definir entonces como un evento que puede afectar la inocuidad y están relacionadas principalmente con el recurso humano, eventos naturales, fallas técnicas y acciones para el control fitosanitario. Algunos ejemplos pueden ser la aplicación de plaguicidas con agua contaminada directamente al fruto, lavados del fruto en tanques hidrotérmicos carentes o deficientes de recambio de agua potable o uso de sustancias para el control antibacterianos,

Por otra parte, una vulnerabilidad es una característica de un proceso que por sí solo representa un riesgo para la seguridad del alimento. Cuando se materializa una amenaza y hay una vulnerabilidad que pueda ser aprovechada hay una exposición a que se presente algún tipo de contaminación microbiológica. Por ejemplo, el hecho de tener trabajadores enfermos que no se laven las manos y que cosechen sin prácticas de higiene.

Ahora, para que la empresa pueda tomar decisiones sobre cómo actuar ante los diferentes riesgos es necesario hacer una valoración para determinar cuáles son los más críticos para la empresa. Esta valoración suele hacerse en términos de la posibilidad de ocurrencia del riesgo y del impacto que tenga la materialización del riesgo. La valoración del impacto puede medirse en función de varios

factores: la pérdida económica si es posible cuantificar la cantidad de dinero que se pierde, la reputación de la empresa dependiendo si el riesgo pueda afectar la imagen de la empresa en el mercado o de acuerdo con el nivel de afectación por la pérdida o daño de la información.

En este punto se deberían tener identificados y valorados los principales riesgos que pueden afectar la inocuidad del producto. Pero ¿es suficiente con saber qué puede pasar? La respuesta es no.

Una vez identificadas las amenazas, lo más importante del análisis de riesgos es la identificación de controles ya sea para mitigar la posibilidad de ocurrencia de la amenaza o para mitigar su impacto. Las medidas de control que puede asumir una empresa van a estar relacionadas con el tipo de amenaza y el nivel de exposición que represente para la información corporativa.

Una empresa puede afrontar un riesgo de cuatro formas diferentes: aceptarlo, transferirlo, mitigarlo o evitarlo. Si un riesgo no es lo suficientemente crítico para la empresa la medida de control puede ser Aceptarlo, es decir, ser consciente de que el riesgo existe y hacer un monitoreo sobre él. Si el riesgo representa una amenaza importante para la seguridad de la información se puede tomar la decisión de Transferir o Mitigar el riesgo.

La primera opción está relacionada con tomar algún tipo de seguro que reduzca el monto de una eventual pérdida, y la segunda tiene que ver con la implementación de medidas preventivas o correctivas para reducir la posibilidad de ocurrencia o el impacto del riesgo. Finalmente, si el nivel de riesgo es demasiado alto para que la empresa lo asuma, puede optar por Evitar el riesgo, eliminando las prácticas que lo ocasionan.

La gestión de riesgos debe garantizarle a la empresa la tranquilidad de tener identificados sus riesgos y los controles que le van a permitir actuar ante una eventual materialización o simplemente evitar que se presenten. Esta gestión debe mantener el equilibrio entre el costo que tiene una actividad de control, la importancia del activo de información para los procesos de la empresa y el nivel de criticidad del riesgo que no llegue a afectar la salud de cualquier consumidor.

Conclusiones

Como parte del presente trabajo se identificaron los factores de mayor riesgo en la producción y empaque de mango, en las siguientes fases de la etapa de producción:

- Uso de agua posiblemente contaminada para la aplicación de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes) o nutrientes vegetales (químicos o biológicos)
- Defecación en campo
- Salud del personal responsable de la cosecha y empaque
- Falta de estaciones sanitarias y de lavado en campo
- Falta de desinfección de utensilios de cosecha y herramientas
- Producto en contacto con el suelo
- Superficies del transporte utilizado en la cosecha contaminado y ausente de procedimiento de limpieza y desinfección
- Uso de agua no potable en los procesos de lavado de producto previo empaque

Con base en las etapas identificadas antes mencionadas, es primordial que se cuente con un sistema de monitoreo de agua, colocar sanitarios y estaciones de lavado de manos en puntos estratégicos del campo, tener revisiones de salud del personal y contar con un servicio médico ya sea en las unidades de producción o externo, y mantener el monitoreo de saneamiento en cada etapa del proceso.

Para dar a conocer las acciones correctivas y preventivas es necesaria la capacitación de los agricultores, personal de cosecha y otros operadores que manipulan el mango a lo largo de la cadena de valor. Además, considerar el entrenamiento en las buenas prácticas de manufactura para el lavado de manos, uso de uniformes o ropa de trabajo específica y respeto a los reglamentos de conducta e higiene que establezca la empresa.

Dentro de las políticas públicas que favorecen la reducción de riesgos de contaminación, se encuentran los programas públicos y voluntarios de Certificación en:

- Unidades de Producción
- Establecimientos de Empaque
- Cuadrillas de Cosecha y
- Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA)

Estos programas los promueve y fomenta el SENASICA a través de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria Acuícola y Pesquera (DGIAAP) y asesorados e implementados sin costo alguno para los productores, cosechadores y empacados a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal.

Si bien no es una garantía que una unidad de producción certificada en alguno de los Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación antes mencionados no presente una

incidencia de alerta sanitaria; la probabilidad es de 3 a 1 en que las empresas no certificadas presenten reportes de alertas por contaminación microbiológica.

Las organizaciones de productores y empaques de mango, hoy en día están más comprometidas en participar con las autoridades, ya que han comprendido que la inocuidad y la reducción de riesgos más allá de un requisito de sus clientes comerciales, es un tema de alta responsabilidad y del cual depende toda una industria y miles de empleo directos e indirectos.

Los procesos alternativos de control fitosanitario como la irradiación son económicamente menos competitivos, pero hoy en día más empresas comienzan a utilizarlos como métodos seguros no solo para interrumpir los ciclos biológicos de plagas y parásitos, también son utilizados para la desinfección de alimentos.

Por último, la cadena de valor del mango, la seguridad alimentaria e inocuidad de este producto, depende de muchos profesionistas y expertos de la salud, como: ingenieros agrónomos, agroindustriales, agrícolas, médicos veterinarios, médicos de la salud humana, expertos epidemiólogos y por supuesto de los químicos de alimentos.

Bibliografía

Atlas Agroalimentario, México 2018, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018 ,2023

Emex A.C. Empacadoras de Mango de Exportación A.C., <https://www.mangoemex.com/temporadas-tipos-de-mango-mexico/> , 2023.

Enfermedades Transmitidas por Alimentos, https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es 2018.

Valle P., Lucas, B. Toxicología de alimentos, Instituto Nacional de Salud Pública, México, 2000.

Viller A., Cortés S., Díaz J., Vollaire, J., Espinoza M., Solari V., Cerda J. y Torres M. Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos y agua en la Región Metropolitana, Chile (2005-2010), 2011.

Chávez F., Contaminación enterobacteriana de alimentos cárnicos consumidos en la FESI y su periferia, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos, guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos, Roma 2007, Food and Agriculture Organization.

De los Santos S, Critical aspects on the integral management of mango: flowering, anthracnosis and industrial waste, 2011, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Volumen 2, Número 2, México.

FAO/OMS, 1998. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Application of Risk Communication to Food Standards and Safety Matters, Rome, 2-6 February 1998. Ginebra, OMS.

Manual de tratamientos fitosanitarios, 2015, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manual-de-tratamientos-fitosanitarios-83952>

Suárez, Rodrigo, Conservación de alimentos por irradiación. Invenio [en línea] 2001, 4 (junio): [Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87740608>> ISSN 0329-3475.

Anexo I. Evaluación de riesgos de la cadena de valor de producción de mango mexicano

Producción y cosecha

Uso de agua contaminada para riego

En la fase productiva se pueden regar los huertos de mango por distintos métodos: Riego por inundación, riego por goteo, riego por aspersión o por temporal (lluvia). Cabe señalar que los primeros dos métodos de riego no tienen contacto con el producto, en el caso del tercero la probabilidad de contacto es mínima, en el caso de la lluvia puede haber contacto del agua con el producto, sin embargo es un riesgo insignificante la contaminación por microorganismos fecales a través de la lluvia. La absorción de agua de agua al árbol es de manera radicular, es decir a través de la raíz, por lo que la literatura y expertos en materia de Fito sanidad, refieren que los bacterias en el caso de las plantas no afectan y se transmiten de manera sistémica o bien que estas puedan penetrar el sistema radicular, ni mucho menos que lleguen a alojarse en la pulpa o cascara del mango como una bacteria que migra de la raíz al fruto.

Sometiendo este factor a la evaluación con base en la figura 8 de análisis de riesgo cualitativo es un riesgo bajo de acuerdo con nuestra clasificación.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable	X				
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 10. Matriz de evaluación de riesgo para el uso de agua contaminada para riego

Uso de agua contaminada para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes

En la fase productiva se utilizan fertilizantes y plaguicidas, cuya preparación puede consistir en una disolución (fertilizante/Plaguicida: Agua), la cual se puede aplicar de manera foliar (directo al fruto), cuando la medida fitosanitaria así lo requiere; los resultados del “Programa Nacional de Monitoreo de Vigilancia de Plaguicidas en Vegetales 2018” del SENASICA, arrojó tres muestras de fruto recolectado en árbol con presencia de *Salmonella spp.* provenientes de unidades de producción, que en la encuesta de muestreo declararon la aplicación foliar de plaguicidas y fertilizantes, las cuales no llevan a cabo ninguna acción preventiva de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), para el control de agua o bien para el buen uso y manejo de agroquímicos.

Al someter a la matriz de riesgo el factor uso de agua contaminada para la preparación y aplicación de plaguicidas y/o fertilizantes por vía foliar se determina que el riesgo para dicho factor es alto.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					
	Importante				X	
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 11. Matriz de evaluación de riesgo para el uso de agua contaminada para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes.

Defecación en campo

Esta práctica ha sido declarada en el diagnóstico general, como una práctica rutinaria en algunas unidades de producción de tipo familiar e incluso en aquellas de pequeña y mediana extensión o aquellas que carecen de la asistencia técnica para la aplicación de las BPA. También hay que considerar que los costos de infraestructura y amplias hectáreas, son de las principales justificantes por las cuales se carece de infraestructura sanitaria, como baños, letrinas en los campos. Por ello se presenta el fecalismo o defecación en campos productores por parte de los trabajadores que realizan las labores agrícolas y de cosecha. El peligro sometido (*Salmonella* spp) podría llegar al producto si este se cae al momento de cosecharse, otra alternativa de contaminación es la falta de higiene en el lavado correcto de manos de algún cosechador que haya defecado en campo. El producto cosechado en campo puede mezclarse con el resto de la cosecha y contaminarlo por contacto o bien contaminar el agua del primer lavado al cual será sometido.

Este factor se considera una vez evaluando la difusión y exposición como Alto.

Mayor probabilidad ----- Difusión ----- Menor probabilidad	Catastrófico					
	Importante					X
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 12. Matriz de evaluación de riesgo para la defecación en campo.

En eventos de inocuidad “Brotos” relacionados con productos de origen mexicano, por ejemplo papaya en el 2017 (información reservada por el SENASICA), se demostró durante la investigación de empresas implicadas, que en algunas de ellas laboraba personal responsable de la cosecha y empaque de producto, el cual no había sido sometido a una evaluación médica rutinaria. Como parte de la investigación se realizaron coprocultivos a estas personas, quienes tras los resultados de laboratorio resultaron portadores asintomáticos de *Salmonella*, que en la serotipificación resulto el serotipo responsable del brote.

Es necesario se realicen inspecciones médicas de manera regular, para conocer el estado de salud de los trabajadores de campo, para que ellos no representen un riesgo que comprometa la inocuidad del producto, por efecto o consecuencia de otra mala práctica en el manejo higiénico del producto.

Por consiguiente, al no realizarse las inspecciones antes mencionadas se considera este factor como un riesgo alto.

Mayor probabilidad ----- Difusión ----- Menor probabilidad	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					X
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 13. Matriz de evaluación de riesgo para la falta de vigilancia de la salud del personal.

Estaciones sanitarias y de lavado en campo

La infraestructura sanitaria favorece la higiene del personal de los trabajadores en campo, aunado a la capacitación sobre el correcto uso y supervisión de estas instalaciones, desalienta la práctica del fecalismo.

Al no haber estas estaciones en el campo o en su defecto disponible en un punto de reunión, se considera un factor con riesgo alto, una vez que se ha evaluado mediante la matriz de riesgos que se plantea

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					X
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 14. Matriz de evaluación de riesgo para la falta de estaciones sanitarias y de lavado en campo.

Falta de desinfección de utensilios de cosecha y herramienta

Todos aquellos instrumentos de cosecha que se utilizan deben lavarse y sanitizarse de manera recurrente, así como éstos deberán ser de uso exclusivo para los trabajos de cosecha para evitar una contaminación cruzada. Al no tener la desinfección correcta para los utensilios se considera un factor con un riesgo alto para la presencia de *Salmonella* spp.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					X
	Importante					
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 15. Matriz de evaluación de riesgo para la falta de desinfección de utensilios de cosecha y herramienta.

Producto con contacto al suelo

Al momento del corte puede caer producto y tener contacto con el suelo, este producto no debe ser mezclado con el resto puesto que considerando los factores antes mencionados podría tenerse contacto con heces fecales o bien el trabajador en campo no tuvo la higiene necesaria y al tener contacto con el producto para devolverlo, se considera un factor con un riesgo alto.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					X
	Importante					
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 16. Matriz de evaluación de riesgo para el producto con contacto al suelo.

Transporte contaminado

La caja y remolque en el cual se transporta el producto debe ser lavado y sanitizado de manera recurrente para evitar que *Salmonella spp* llegue al producto.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					X
	Importante					
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 17. Matriz de evaluación de riesgo para el transporte contaminado.

Empaque

Uso de Agua en los procesos de empaque: para uso higiénico (Lavado de manos), procedimientos operacionales, lavado de producto, tratamiento cuarentenario, enjuague del fruto.

Es posible que se utilicen mantos freáticos y estos estén contaminado o bien el agua se contamine por un mal sistema de drenaje o bien se utilizan aguas superficiales y esta agua es utilizada cuando el producto al llegar a la Unidad de Empaque (UE) es lavado para con la finalidad de retirar la materia orgánica presente.

Para el caso de pozos como fuente de abasto de agua, se debe cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-003-CNA-1996 “Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para evitar la contaminación de acuíferos” y la NOM-004-CNA-1996 “Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general”.

El riesgo de tener agua contaminada con *Salmonella* spp es alto.

Mayor probabilidad ----- Difusión ----- Menor probabilidad	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					X
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 18. Matriz de evaluación de riesgo para el agua contaminada

Agua no potabilizada

En función de la región fitosanitaria de la que proviene el producto, se sumerge en agua potable a diferentes temperaturas para llevar acabo el tratamiento cuarentenario correspondiente. El riesgo de utilizar agua no potabilizada es alto.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					X
	Baja					
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 19. Matriz de evaluación de riesgo para el agua no potabilizada

Agua potabilizada de manera incorrecta

Se sugiere que el agua utilizada en el tratamiento hidrotérmico cumpla con lo señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, permite la adición de cloro, compuestos de cloro, ozono luz ultravioleta como métodos para llevar a cabo la potabilización del agua. Se debe vigilar preparación y almacenamiento de las disoluciones empleadas para potabilizar el agua.

El riesgo de utilizar agua potabilizada de manera incorrecta es bajo.

Mayor probabilidad ----- Difusión ----- Menor probabilidad	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante				X	
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 20. Matriz de evaluación de riesgo para el agua potabilizada de manera incorrecta.

Tratamiento de hidrotermia

Existen cuatro especies de moscas de la fruta de importancia económica: la mosca de los cítricos, la mosca del mango, la mosca de la guayaba y la mosca de los zapotes, son nativas de América y se distribuyen en las áreas tropicales y subtropicales. Causan daños al alimentarse de frutos provocando pérdidas económicas al país si no se controlan.

En 1992 en México fue puesta en marcha la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta (CNMF) con el objetivo de controlar, suprimir y erradicar. La CNMF se ha sustentado en el concepto de manejo integrado de plagas e incluye acciones de trampeo y muestreo de frutos, el uso de métodos de control. El establecimiento y mantenimiento de zonas libres de moscas de la fruta ha permitido la exportación de frutos sin tratamiento cuarentenario de postcosecha; asimismo, al estar ausente la plaga no se realizan actividades de control.

El objetivo de realizar los tratamientos cuarentenarios tales como hidrotermia o irradiación es matar a la larva de la mosca de la fruta presente en los frutos tropicales, como el mango. La hidrotermia es el uso de agua caliente como tratamiento fitosanitario y se ha utilizado desde la década de 1960, este tratamiento es efectivo, pues el agua caliente es mejor conductor del calor que el aire, siempre y cuando circule apropiadamente a través del producto.

Los mecanismos que influyen en la mortalidad de los insectos por calor son: desestabilización de los fosfolípidos de la membrana celular, que deriva en fallas del sistema nervioso del insecto. Además, las altas temperaturas desnaturalizan las proteínas y alteran el metabolismo a nivel de la glicólisis. (Manual de tratamientos fitosanitarios, SENASICA, 2016)

Las temperaturas a las cuales son sometidas las frutas bajo este tratamiento depende de la sensibilidad de la plaga, en el caso de la mosca de la fruta (*Anastrepha*) en mango. El tratamiento se hace con una inmersión del fruto en agua a temperatura variable de 45 a 65°C para eliminar la larva de la mosca de la fruta, el tiempo del tratamiento está en función del tamaño y peso del mango, pero varía de 2 a 30 minutos según sea el caso.

El proceso que se realiza para el mango se describe en la figura 21

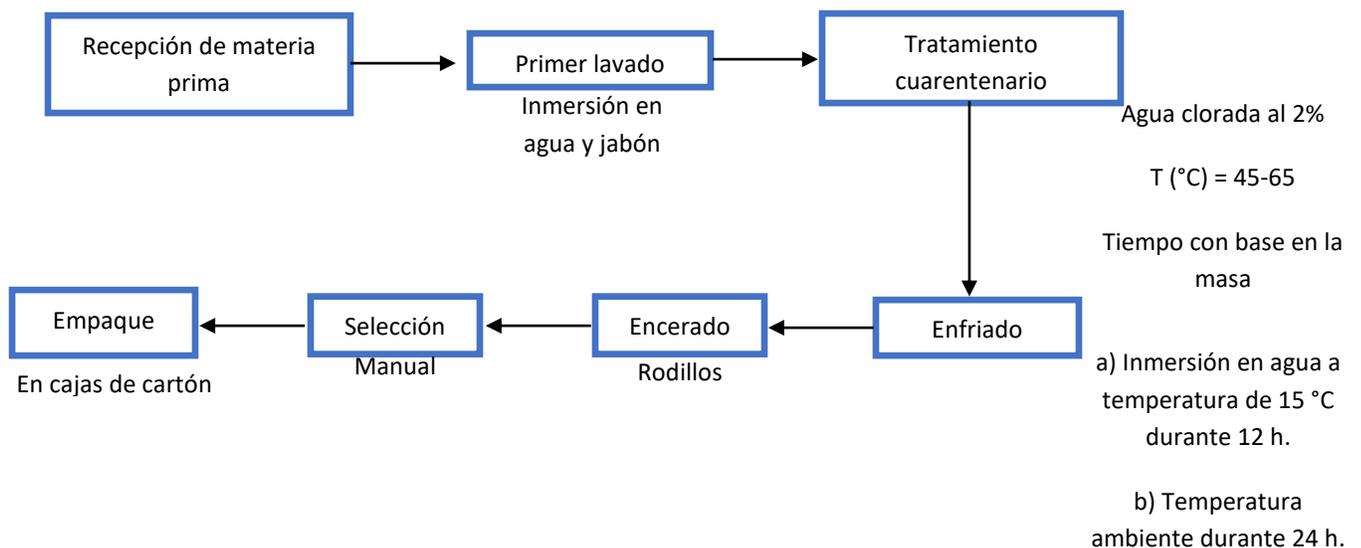


Figura 21. Diagrama de flujo para el tratamiento de hidrotermia del mango mexicano.

Con base en el proceso que se lleva a cabo, se consideran factores como el agua potabilizada, y el agua utilizada para el primer lavado, tratamiento cuarentenario y enfriado si es que se sigue el inciso a. Los factores antes mencionados ya fueron evaluados dentro de la matriz que se ha planteado.

Considerando que se llevan a cabo las buenas prácticas establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y lo visto durante las visitas que se tuvieron a las unidades de empaque, el riesgo se evalúa como bajo.

Menor probabilidad ----- Mayor probabilidad Difusión	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					
	Baja		X			
	Insignificante					
		Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico
		Menor Impacto-----Mayor Impacto Exposición				

Figura 22. Matriz de evaluación de riesgo para el tratamiento de hidrotermia

Irradiación

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación que presenta interesantes beneficios pues prolonga el tiempo de comercialización de los productos y mejora la calidad higiénico-sanitaria de los mismos. La radiación se puede definir como la emisión y propagación de energía a través del espacio o de un medio material. Las radiaciones clasificadas como ionizantes incluyen los Rayos X, Rayos Gamma (γ), los Rayos Catódicos o Rayos Beta (β). Para la radiación de alimentos se utilizan los rayos gamma pues son muy penetrantes debido a la corta longitud de onda que tienen. En la mayoría de las experiencias se han utilizado como fuentes de estos rayos el núcleo excitado de elementos tales como el Co 60 y el Cs 137 , siendo el Co 60 el más utilizado en aplicaciones industriales. Para eliminar *Salmonella* spp se requiere un intervalo de radiación de 3.7 a 4.8 kilo Grey (kGy), unidad en la cual es medida la absorción de radiación.

Se ha demostrado que la irradiación a dosis de 2 a 5 KGy es eficaz para destruir microorganismos patógenos, así como sus esporas y de naturaleza no vírica, y no tiene riesgo alguno para la salud. La radiación es eficaz en alimentos preenvasados, eliminando de este modo la contaminación cruzada. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha autorizado dosis de radiación de incluso 7 kGy por ser absolutamente inocuas para el consumo humano (Suárez,2001). Se realizó la visita a una planta irradiadora de alimentos en el estado de Hidalgo, donde después de recorrer la planta y evaluar este factor en la matriz planteada, se considera un riesgo bajo.

Menor probabilidad ----- Difusión ----- Mayor probabilidad	Catastrófico					
	Importante					
	Tolerable					
	Baja					
	Insignificante	X				
	Insignificante	Baja	Tolerable	Importante	Catastrófico	
	Menor Impacto-----Mayor Impacto					
	Exposición					

Figura 23. Matriz de evaluación de riesgo para la irradiación de alimentos.

A continuación, se muestra una tabla donde se condensan los resultados de las figuras anteriores.

Probabilidad de la presencia de <i>Salmonella</i> spp en mango mexicano		
Etapa	Factor	Riesgo
Producción y cosecha	Uso de agua contaminada para riego	B
	Uso de agua contaminada para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes	A
	Defecación en campo	A
	Falta de vigilancia de la salud del personal	A
	Falta de estaciones sanitarias y de lavado en campo	A
	Falta de desinfección de utensilios de cosecha y herramienta	A
	Producto con contacto con el suelo	A
	Transporte contaminado	A
Empaque	Mantos freáticos contaminados	B
	Mal sistema de drenaje	A
	Uso de aguas superficiales	B
	Agua no potabilizada	A
	Agua potabilizada de manera incorrecta	B
	Tratamiento de hidrotermia	A
	Irradiación	B

Tabla 5. Evaluación del riesgo de los factores que lleven a la presencia de *Salmonella* spp en mango mexicano. Acotaciones: A: Alta, M: Moderada, B: Baja.