



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE  
GESTIÓN DE RIESGOS EN LA INOCUIDAD DE  
LECHUGAS, BERROS Y ESPINACAS MÍNIMAMENTE  
PROCESADAS**

**TESIS**

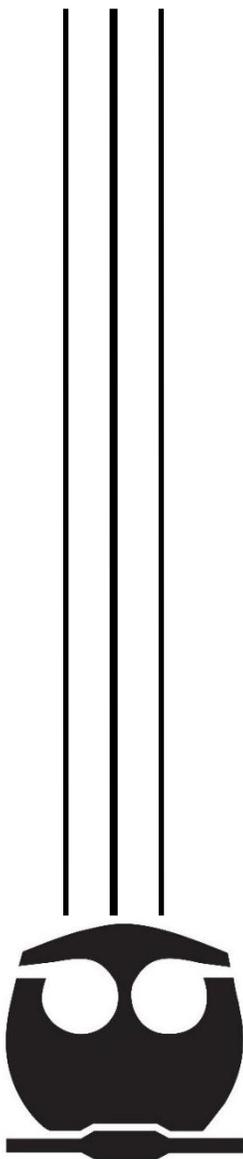
**QUE PRESENTA**

**DANIELA ISABEL JARDINES GUARNEROS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**ASESORA: Dra. NORMA RUTH LOPEZ SANTIAGO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX. 2024**





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: PROFESOR: COSBERT VAZQUEZ JULIO CESAR**

**VOCAL: PROFESOR: LÓPEZ SANTIAGO NORMA RUTH**

**SECRETARIO: PROFESOR: DIAZ CARRILLO MARIA ESTHER**

**1ER. SUPLENTE: PROFESOR: LEÓN FÉLIX MARCO ANTONIO**

**2° SUPLENTE: PROFESOR: ALMANZA RODRIGUEZ CARLOS ALBERTO**

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM**

**ASESOR DEL TEMA:**

**DRA. NORMA RUTH LÓPEZ SANTIAGO**

**SUSTENTANTE:**

**DANIELA ISABEL JARDINES GUARNEROS**

## CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS .....	v
Listado de Figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Introducción .....	viii
Objetivos.....	xii
I. MARCO TEÓRICO .....	13
1 LA AGRICULTURA EN MÉXICO .....	13
2. GENERALIDADES, MÉTODO DE CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE LAS LECHUGAS, BERROS Y ESPINACAS EN MÉXICO .....	14
2.1. Lechuga.....	14
2.2. Berro.....	17
2.3. Espinaca.....	20
3. INOCUIDAD EN EL PROCESAMIENTO DE HORTALIZAS.....	22
4 Enfermedades transmitidas por alimentos .....	24
4.1 Enfermedades causadas por hortalizas frescas.....	25
4.2 Principales microorganismos presentes en hortalizas frescas.....	25
5 BROTES DE ENFERMEDADES ASOCIADAS A LECHUGAS, BERROS Y ESPINACAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS.....	26
5.1 Brotes asociados a espinacas mínimamente procesadas .....	27
5.2 Brotes asociados a lechugas mínimamente procesadas.....	27
5.3 Brotes asociados a berros mínimamente procesados.....	28
6 HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS .....	28
7 DESINFECTANTES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS .....	29
8 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS.....	31
8.1 Contexto internacional y nacional .....	31
8.2 Codex Alimentarius.....	31
8.3 HACCP – Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control .....	32
8.4 GFSI- La iniciativa global de inocuidad alimentaria .....	33
8.5 Organización internacional de Normalización (ISO) .....	33

8.6	ISO 22000 Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria .....	34
8.7	Identificación de peligros y determinación de los niveles aceptables .....	34
9	BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA COMO PRERREQUISITO.....	35
10	Algunos estudios.....	36
II.	MARCO METODOLÓGICO .....	37
11	ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	37
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
12.	PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE LA INOCUIDAD EN EL MANEJO DE LECHUGA MÍNIMAMENTE PROCESADA .....	44
13.	PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE LA INOCUIDAD EN EL MANEJO DE BERROS.....	48
14.	PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE LA INOCUIDAD EN EL MANEJO DE ESPINACAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS .....	51
15.	DISCUSIÓN GENERAL .....	60
	CONCLUSIONES .....	64
	REFERENCIAS .....	65

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutritivo de algunos tipos de lechuga .....	15
Tabla 2. Top 10 en volúmenes de producción. Principales entidades .....	16
Tabla 3. Composición nutrimental del berro** .....	19
Tabla 4. Composición nutritiva de las espinacas por 100 g de producto comestible.....	21
Tabla 5. Patógenos asociados a hortalizas. Signos y síntomas .....	25
Tabla 6. Ejemplos de patógenos que han sido aislados de productos frescos .....	26
Tabla 7. Principales brotes detectados por la FDA de enfermedades transmitidas por alimentos asociadas a espinacas mínimamente procesadas durante el 2023, 2022 y 2021 .....	27
Tabla 8. Principales brotes detectados por la FDA de enfermedades transmitidas por alimentos asociadas a lechugas mínimamente procesadas durante el 2023, 2022 y 2021	28
Tabla 9. Actividades necesarias para el logro de objetivos .....	39
Tabla 10. Identificación de los factores de riesgo que intervienen en la obtención de la inocuidad de lechuga, berro y espinacas mínimamente procesadas. PESTEL .....	41
Tabla 11. Perfil del producto terminado de tres hortalizas de hoja mínimamente procesadas (lechugas, berros y espinacas).....	43
Tabla 12. Criterios de evaluación de riesgos.....	44
Tabla 13. Análisis de peligros para lechuga mínimamente procesada: materias primas ....	46
Tabla 14. Análisis de peligros del proceso de una lechuga mínimamente procesada. ....	47
Tabla 15. Análisis de peligros para berros mínimamente procesados: materias primas .....	49
Tabla 16. Análisis de peligros del proceso de berros mínimamente procesados.....	50
Tabla 17. Análisis de peligros para espinacas mínimamente procesadas: materias primas	52
Tabla 18. Análisis de peligros del proceso de espinacas mínimamente procesados .....	53
Tabla 19. Plan maestro para la elaboración de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas .....	55
Tabla 20. Ejemplo de informe de desviación .....	56
Tabla 21. Ejemplo de orden de acción correctiva en línea de producción .....	57
Tabla 22. Ejemplo de orden de acción correctiva en producto terminado y almacenado....	58
Tabla 23. Ejemplo de orden de acción correctiva derivada de la queja de clientes .....	59

## Listado de Figuras

Figura 1. Lactuca sativa L. ....	15
Figura 2. Volumen de la producción nacional 2010-2019 (miles de toneladas) .....	16
Figura 3. Ventas internacionales de lechugas repolladas, frescas o refrigeradas en el segundo trimestre en México en el 2023. ....	17
Figura 4. Berro .....	18
Figura 5. Espinaca .....	20
Figura 6. Ventas internacionales de espinacas cocidas con agua, vapor o refrigeradas en el segundo trimestre en México en el 2023. ....	22
Figura 7. Árbol de decisiones para identificar los PCC .....	38
Figura 8. Diagrama de proceso de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas. Fuente: adaptado de MR. LUCKY®, 2023 .....	43

## Resumen

Este proyecto tuvo como objetivo generar una propuesta para la gestión de riesgos de la inocuidad de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas debido a que estas tres hortalizas han sido asociadas a brotes de ETAS como se muestra en el marco teórico del presente trabajo, así como en la actualidad, el estilo de vida de la sociedad, las demandas de productos saludables han posicionado a las hortalizas mínimamente procesadas en uno de los principales productos consumidos. Para lograrlo se plantearon tres objetivos específicos: a) Identificar los factores de riesgo para garantizar la inocuidad de lechugas, berros y espinacas, b) Identificar los principales puntos críticos de control en el manejo de lechugas berros y espinacas y c) Elaborar una propuesta para la gestión de riesgos de la inocuidad en el manejo de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas.

Se investigaron las generalidades de la agricultura en México, métodos de cultivo y producción de lechugas, berros y espinacas, así como los factores relacionados en la inocuidad en el procesamiento de hortalizas tales como las enfermedades transmitidas por alimentos y los principales microorganismos asociados a hortalizas frescas, así mismo los principales desinfectantes empleados en la industria de alimentos, la definición de alimentos mínimamente procesado y los principales sistemas de gestión de inocuidad de los alimentos para poder tomar como base lo establecido en ellos, específicamente los 7 principios del sistema HACCP. Con la información anterior se generó un análisis PESTEL para identificar a los actores principales en la generación de hortalizas frescas, se generó un diagrama de proceso para las tres hortalizas estudiadas, así como análisis de peligros de materias primas y de proceso, con esta información se pudieron determinar los Puntos Críticos de Control para cada hortaliza y se estableció el monitoreo de estos en el Plan Maestro realizado, los formatos anteriores forman la guía “general”.

Los PCC identificados fueron: 1) Lavado y desinfección para evitar microorganismos patógenos en producto terminado y 2) Detección de restos de metal en producto terminado.

## Introducción

Al hablar sobre la calidad de los alimentos se deben mencionar cuales son las características que la determinan, las positivas y las negativas; entre estos últimos se encuentran la contaminación a la que pudo estar expuesto y su grado de descomposición; entre las características positivas encontramos su origen, los métodos de procesamiento sus propiedades sensoriales y nutrimentales, la manera en que se encuentra en el mercado y la inocuidad; refiriéndose a inocuidad como la ausencia de contaminantes químicos, físicos y biológicos (Mercado, 2007).

La inocuidad alimentaria es una de las características más importantes que se debe evaluar en un alimento, “...*la disponibilidad de alimentos de buena calidad sanitaria es un reclamo universal y su demanda es mayor conforme la población adquiere conciencia de la importancia que tiene para su salud el consumo de alimentos contaminados con cualquier tipo de patógenos y sustancias tóxicas...*” (Avenidaño et al, 2006). Radica en la correcta aplicación e implementación de métodos de control, para reducir riesgos provenientes de peligros biológicos, químicos y físicos, que pudieran afectar al consumidor (Avenidaño et al, 2007). Se ha establecido que la correcta ejecución de las medidas de prevención puede presentar beneficios en los resultados obtenidos por lo que la importancia de una cultura sobre la inocuidad alimentaria en el entorno interno y externo de una organización es, en buena medida, un aliado para lograr los objetivos establecidos (Nyarugwe et al, 2020).

Para el caso particular de las hortalizas, se emplean métodos como las buenas prácticas agrícolas con los que se busca reducir los riesgos de contaminación (Avenidaño et al, 2007). De acuerdo con la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* (FAO) se entiende por Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) “*al conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, producción, procesamiento y el transporte de los alimentos. Están orientadas a obtener productos inocuos, mejorar las condiciones de los trabajadores y proteger el medio ambiente.*” (FAO, 2023). Debido a la importancia de las BPA se ha promovido su aplicación en las escuelas de agronomía con el fin de mejorar la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas de producción, sin embargo,

actualmente el concepto presenta una mayor relevancia debido a la relación directa que tienen las cadenas de producción y el producto final, como pueden ser alimentos de consumo inmediato como las frutas y hortalizas. En este contexto en los mercados importadores de frutas y hortalizas frescas la *Food and Drug Administration (FDA)* por parte de Estados Unidos y la *Euro-Retailer Produce Working Group Good Agricultural Practices (EUREPGAP)* por parte de Europa, han sido los responsables de promover las buenas prácticas agrícolas de frutas y hortalizas frescas en América Latina (FAO, 2007).

En México la entidad responsable de preservar, mejorar y vigilar las condiciones sanitarias y de inocuidad agroalimentaria es el *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)* a través de acciones regulatorias sanitarias como lo son la vigilancia epidemiológica para alimentos de campo, pecuarios y pesqueros (Representación Agricultura Nayarit, 2018) y de sistemas de reducción de riesgos de contaminación durante las producciones primarias, el cuál es de carácter voluntario. El SENASICA implementó el Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (PSIA) y el Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024, los cuales tienen como objetivo lograr la autosuficiencia alimentaria y fortalecer la sanidad e inocuidad del sector agropecuario y acuícola para la producción de alimentos nutritivos a través de vigilancia epidemiológica y el establecimiento de medidas fitosanitarias cuyos objetivos son el monitoreo, prevención, control y erradicación de las plagas y enfermedades que puedan presentarse en la producción agrícola así como implementar medidas para reducir la incidencia de contaminantes químicos, físicos y biológicos (SENASICA, 2021).

### **Planteamiento del problema**

Producir alimentos inocuos es una preocupación y responsabilidad de los fabricantes ya que deben asegurar que la producción de estos se realice bajo estándares de calidad, en México es responsabilidad del estado realizar inspecciones al producto final (Mercado, 2007) de acuerdo con el numeral 12 del artículo 39 la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal el cual estipula lo siguiente: “...*Realizar el control higiénico e inspección sobre preparación, posesión, uso, suministro,*

*importación, exportación y circulación de comestibles y bebidas...*” (LOAPF, 1976), debido a lo anterior, en México, la Secretaría de Salud, a través de COFEPRIS, es la responsable de realizar análisis de calidad e inocuidad en los alimentos (LOAPF, 1976) con el fin de establecer detalles sobre su composición y estado ya que estos serán el reflejo de las prácticas empleadas en la manipulación y fabricación de éstos, y a las condiciones del entorno en donde sean producidos (Barnes et al, 2022) lo cual hace posible la aplicación de medidas en las que se identifiquen los puntos que pueden presentar un riesgo y, de esta manera, tener un control adecuado de la producción, planeación y documentación de los alimentos reduciendo la inspección en el producto final al enfocarse en las etapas de producción (Tejeda, 2006).

En el contexto de las hortalizas frescas puede presentarse el caso en que constituyan un peligro debido a las enfermedades que están relacionadas con su ingesta, poniendo en duda la inocuidad que puedan tener. Existen diversos factores que pueden contribuir a la presencia de microorganismos patógenos, tales como: contaminación del agua, en relación con residuos fecales de individuos y/o animales, un mal sistema de desinfección y lavado de frutas y hortalizas, la limpieza de las áreas y la higiene de los trabajadores, condiciones de almacenamiento, empaque y distribución etc., debido a esto se resalta la necesidad de la aplicación de medidas y controles de inocuidad que promuevan un cambio para la obtención de productos que no causen daños al consumidor (CIAD, 2002).

### **Justificación e importancia**

Las enfermedades transmitidas por alimentos son una problemática para la salud pública (Barnes et al, 2022) y es aquí donde la inocuidad alimentaria cobra relevancia a nivel nacional e internacional debido a que se relaciona directamente con la seguridad alimentaria (Cervantes et al, 2009), la cual de acuerdo con la FAO, se define como aquella que *“a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”* (FAO,2023) En el caso de las hortalizas de hoja, que han tenido un aumento de consumo como

productos frescos listos para comer, se les ha asociado con el incremento de enfermedades transmitidas por alimentos y se ha determinado que la implementación de BPA contribuye favorablemente a una disminución en estos brotes (Jongman & Korsten, 2018).

Así la implementación de herramientas, metodologías y sistemas que permitan tener un mayor control en cada etapa en los procesos de producción de hortalizas frescas repercutirá en sus atributos de calidad e inocuidad lo que favorecerá el control y la disminución de las enfermedades transmitidas por alimentos, debido a que durante cada etapa del proceso de producción se encuentra el riesgo de presentar un peligro químico, físico y biológico, además de que esto generaría una mayor competitividad en el mercado ya que los consumidores han comenzado a valorar a estos dos atributos como de los principales para su adquisición (Pérez et al, 2018).

# Objetivos

## ***OBJETIVO GENERAL***

Desarrollar una propuesta para la gestión de riesgos de la inocuidad en el procesamiento de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas.

## ***OBJETIVOS PARTICULARES***

1. Identificar los factores de riesgo que intervienen en la obtención de la inocuidad de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas.
2. Identificar los principales puntos críticos de control en el manejo de lechugas berros y espinacas mínimamente procesadas.
3. Elaborar una propuesta para la aplicación de la gestión de riesgos de la inocuidad en el manejo de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas.

# I. MARCO TEÓRICO

## 1 LA AGRICULTURA EN MÉXICO

En México se conoce como tierra de labor a aquella destinada al cultivo, en 1950 la superficie de esta se encontraba en 19.9 millones de m<sup>2</sup>, creció a 31.1 millones de m<sup>2</sup> en 1990 y para el año 2000 se redujo hasta 21.7 millones de m<sup>2</sup>, es importante resaltar que no se dispone de toda esta superficie de forma permanente pues no toda es sembrada y cosechada cada año, y dichos cambios son reflejo de aumento o reducciones de acuerdo con factores naturales y de mercado. Dentro de los factores naturales que afectan las superficies de cultivo se encuentra la ubicación, relieve, condiciones climáticas y características de los suelos y todo en conjunto forman tierras aptas para la agricultura. La proporción de uso de la tierra es heterogénea en los estados del país, por ejemplo, en Tlaxcala, Guanajuato y Morelos, las tierras de labor son más de la mitad de su superficie en comparación de Coahuila, Quintana Roo y Campeche en donde menos del 5% de la superficie puede ser utilizada para el cultivo debido a que las condiciones extremas de sequía no lo permiten. Y es así como estos factores determinan la cantidad de superficie dedicada a cada tipo de cultivo (Coll-Hurtado & Godínez, 2003).

En el 2020 en México de acuerdo con los datos recopilados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP) (SIAP, 2020):

- Se contaba con 24.6 millones de hectáreas para la agricultura.
- Se cultivaron 20.7 millones de hectáreas.
- Participaron 5.8 millones de personas en la preparación y cosecha de la tierra.
- El sector agrícola generó 262.5 millones de toneladas de productos lo que se traduce en 675 mil millones de pesos.
- De los 55.4 millones de mexicanos que trabajan, 5.4 millones lo hacen en actividades agrícolas.
- Con respecto al perfil de trabajadores agropecuarios y pesqueros:

12% presentó un nivel de instrucción de medio superior y superior

28.4% presentó la secundaria completa

27.7% presentó primaria completa

31.9% presentó primaria incompleta

Adicionalmente en el 2020 México se encontró en los siguientes lugares a nivel mundial (SIAP, 2020):

12° en producción mundial de alimentos

11° en producción mundial de cultivos agrícolas

11° en producción mundial de ganadería primaria

15° en producción mundial pesquera y acuícola

## **2. GENERALIDADES, MÉTODO DE CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE LAS LECHUGAS, BERROS Y ESPINACAS EN MÉXICO**

### **2.1. Lechuga**

La lechuga (*Lactuca sativa L.*), Figura 1, pertenece a la familia de las asteráceas o compuestas, es una planta herbácea cuyo órgano comestible son sus hojas, que se caracterizan por ser lampiña, brillante y con un color verde característico que son los rasgos buscados por los consumidores (Carrasco & Sandoval, 2016), es una de las principales hortalizas de hoja de consumo fresco y se caracteriza por ser baja en sodio, grasas y bajo contenido calórico, además presenta un contenido alto de fibra, ácido fólico, vitamina C y minerales esenciales como el hierro (Yang et al, 2022).

Su valor nutrimental varía entre grupos varietales, como en la variedad lechuga romana (Cos) y las que no forman cabeza, conocidas como “de hojas sueltas” en las cuales se presenta un mayor valor nutrimental y esto se presenta, probablemente a una mayor proporción de tejido verde que es producido en estas variedades, como se presenta a continuación en la Tabla 1 (Estrada & Vallejo, 2004).



**Figura 1. Lactuca sativa L.**  
Tomada de: Zenz, 2016

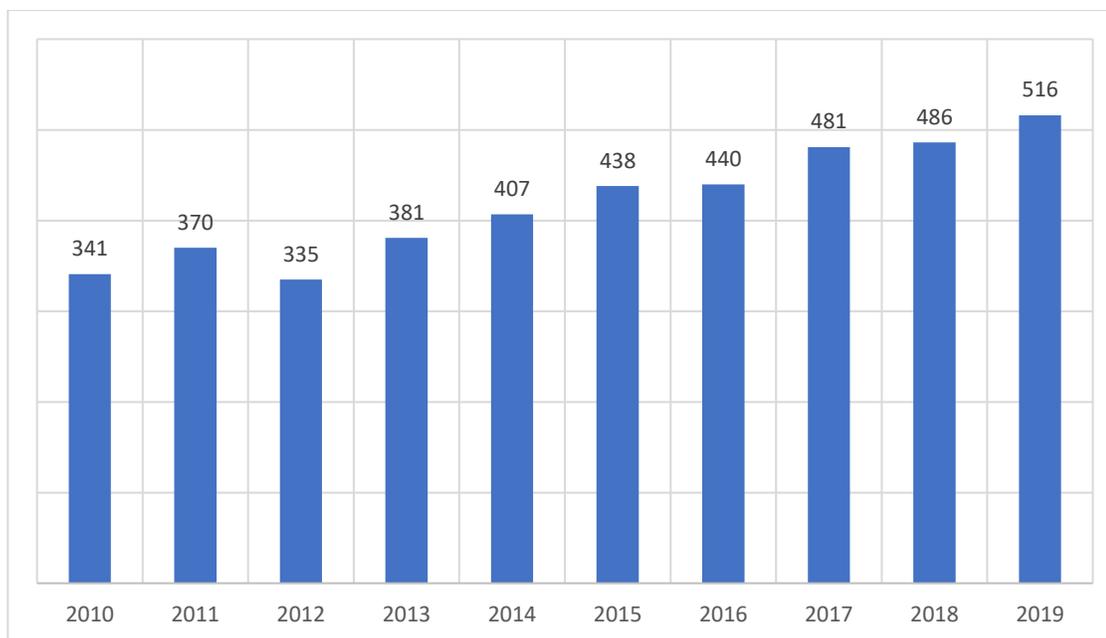
**Tabla 1. Valor nutritivo de algunos tipos de lechuga**

Composición química	Lechuga romana	Lechuga iceberg	Lechuga francesa	Lechuga mini-romana
Agua (%)	94.00	95.00	---	---
Calorías (%)	10.00	16.00	---	---
Proteínas (g)	1.30	8.90	---	---
Grasas (g)	0.30	0.10	---	---
Carbohidratos (g)	3.50	2.90	---	---
Calcio (mg)	68.00	20.00	35.00	55.00
Fósforo (mg)	25.00	22.00	---	---
Hierro (mg)	1.40	0.50	---	1.50
Vitamina A (V.I)	1.90	300.00	970.00	5.60
Tiamina (mg)	0.50	0.60	---	---
Riboflavina (mg)	0.08	0.06	---	---
Niacina (mg)	0.40	0.30	---	---
Vitamina C (mg)	18.00	6.00	8.00	13.00

\*La determinación se realizó por 100 g de hoja fresca. Fuente: (Estrada & Vallejo, 2004).

### **A. Producción en México de lechuga**

De acuerdo con los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el 2017 se produjeron 481.000 toneladas, en 2018 se produjeron 486.000 toneladas, en 2019 se obtuvieron 516.000 toneladas y en 2020 se obtuvo un total de 539.000 toneladas. En la Figura 2 se presentan datos del volumen de producción nacional durante el periodo de 2010-2019.



**Figura 2. Volumen de la producción nacional 2010-2019 (miles de toneladas)**  
 Elaboración propia, Fuente: (SIAP,2020)

En la Tabla 2 se muestran las principales entidades productoras de lechuga (SIAP, 2020).

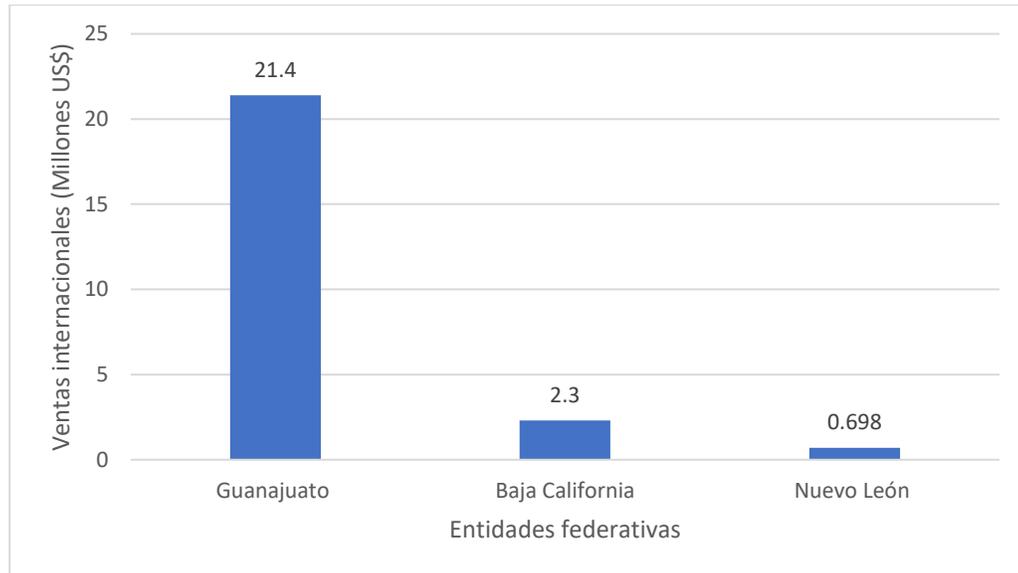
**Tabla 2. Top 10 en volúmenes de producción. Principales entidades**

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (toneladas)	Variación (%) 2018-2019
1	Guanajuato	Centro-Occidente	181,015	26.7
2	Zacatecas	Noreste	79,963	-8.5
3	Puebla	Centro	66,234	-2.1
4	Aguascalientes	Centro-Occidente	46,488	-14.2
5	Baja California	Noroeste	31,480	27.4
6	Querétaro	Centro-Occidente	23,905	-10
7	Sonora	Noroeste	15,672	10.7
8	San Luis Potosí	Centro-Occidente	14,590	36.5
9	Michoacán	Centro-Occidente	13,644	-12.2
10	Tlaxcala	Centro	13,525	14.8
	Resto		29,132	-5.5
	Total nacional		515,647	6

Fuente: (SIAP,2020)

Como se observa en la figura 2 durante el 2010 y el 2019 se incrementó la producción de lechuga, lo que podemos asociar con un aumento en el consumo y en la comercialización de esta, así mismo, en la tabla 2 se observa que la principal entidad

federativa productora de lechuga es Guanajuato, de esta entidad, como se observa en la figura 3 se desprende la mayor cantidad de ventas internacionales, seguido por el estado de Baja California y Nuevo León, siendo Estados Unidos el principal destino comercial de esta hortaliza en el 2022 (Secretaría de Economía, 2023):



**Figura 3. Ventas internacionales de lechugas repolladas, frescas o refrigeradas en el segundo trimestre en México en el 2023.**  
Fuente: Secretaría de Economía, 2023

## B. Generalidades sobre el cultivo de lechuga

La lechuga se desarrolla en climas suave y en climas tropicales (Estrada & Vallejo, 2004), la temperatura óptima para germinación se encuentra en el intervalo de 18 a 20°C, para la fase de cultivo la temperatura requerida para el día oscila entre los 14-18°C mientras que durante la noche se requiere una temperatura de 5-8°C. Para la realización del cultivo es necesario suelos ligeros y franco-arenosos que presentan un buen drenaje y que presenten un pH entre 6.7 y 7.4 (Fernández, 2010).

### 2.2. Berro

El berro (*Nasturtium officinale*), Figura 4, pertenece a la familia *Brassicaceae* es una planta perenne de rápido crecimiento. Antiguamente el berro era utilizado como un remedio medicinal en las civilizaciones persa, griega y romana, actualmente se ha considerado al berro como un elemento representativo de la cocina mediterránea cuyos usos son principalmente en ensaladas y sopas (Medellín, 2021).

Su nombre científico deriva del vocablo latín *nasitordium* que a su vez se compone de *nasus*=nariz y *tordium*=atormentado o torcido que hace alusión al sabor característico que esta hortaliza presenta y que genera un gesto de desagrado hacia algunos consumidores.



**Figura 4. Berro**  
**Fuente: Belli, 2007**

En cuestión nutrimental el berro es una excelente fuente de vitamina B6, B1, B2, E y C, así como de carotenos, manganeso, fibra, hierro, cobre y calcio. Con respecto a su contenido de calcio este es tres veces mayor que el contenido de fósforo lo que representa un beneficio debido a que el consumo excesivo de fósforo está relacionado con osteoporosis. El berro, debido a que presenta bajas calorías y poca grasa se recomienda en programas en donde el objetivo es la reducción de peso y el control del colesterol (Saavedra et al, 2011). En la Tabla 3, se muestra la composición nutrimental del berro.

#### **A. Producción de berro en México**

El municipio de Cuautla es rico en manantiales y ríos, el río Cuautla, cruza la entidad de norte a suroeste y el agua de este río es empleada para labores agrícolas como lo es la producción de berro (*Nasturtium officinale*), esta hortaliza fue introducida en este municipio en la década de los cuarenta y el cultivo se ha extendido a otros municipios como lo son Cuautlixco y Santa Inés, sin embargo solo en Cuautla y en Cuautlixco existen asociaciones de productores: la Asociación de productores de

berro en Cuautlixco y la Asociación de productores de berro, zacate y hortalizas, dichas asociaciones constan de 63 miembros, sin embargo, existen productores independientes de berro, como es el caso del ejido de Santa Inés (Morelos), por lo que no hay un registro del total de productores de esta hortaliza, además, la producción de berro, debido a su bajo impacto, no figura dentro de la lista de hortalizas que se producen en el municipio (Medellín et al, 2020).

**Tabla 3. Composición nutrimental del berro\*\***

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>
Energía	11 kcal
Proteína	2.30 g
Grasa total	0.10 g
Fibra dietética	0.5 g
Ácido pantoténico	0.31 mg
Piridoxina	0.129 mg
Vitamina A	3191 IU
Vitamina C	43 mg
Vitamina E	1 mg
Vitamina K	250 mcg
Calcio	120 mg
Cobre	0,077 mg
Manganeso	0.244 mg
Fósforo	60 mg
β-caroteno	1914 mcg
Luteína- zeaxantina	5767 mcg

Fuente: Saavedra et al, 2011, \*\* La determinación se realizó en 100 g de berro fresco.

## **B. Generalidades sobre el cultivo de berro**

El berro suele crecer en las orillas de ríos y arroyos y su forma tradicional de producción es a través de camas preparadas en el suelo que se sitúan cerca de ríos para el aprovechamiento de la corriente. Es tolerante al frío incluyendo temperaturas de -15°C y el crecimiento óptimo del berro se da en un pH de 7.2. Las camas empleadas para la producción del berro son construidas con nueve metros de ancho por aproximadamente 50 a 70 cm de largo con paredes de concreto y junto a ellas se encuentran caminos con el fin de facilitar su producción y recolección, todo lo anterior se realiza al aire libre y cuando termina la cosecha del berro se hace un recorte en la planta y se nivela con el fin de que vuelva a crecer (Medellín, 2021).

### 2.3. Espinaca

La espinaca (*Spinacia oleracea*), Figura 5, que “...probablemente, proviene de la antigua Persia (actualmente Irán), en el siglo VII llegó a China como regalo para el emperador. Los moros la introdujeron en España en el siglo XI y de ahí partió al resto de Europa” (SADER, 2016). Esta planta pertenece a la familia *Chenopodiaceae* y en su primera fase forma una roseta de hojas para después emitir un tallo (Arias et al, 2010).



**Figura 5. Espinaca**  
**Fuente: Ferdous, 2018**

La espinaca se caracteriza por su alto contenido de agua y por ser rica en vitaminas y minerales, como se muestra en la Tabla 4 (Acosta et al, 2004), además, es una buena fuente de fitonutrientes como el beta- caroteno y la luteína lo que le proporciona propiedades antioxidantes, la espinaca presenta mayor cantidad de fibra en sus tallos en comparación a sus hojas (SADER, 2022).

Las tres de las variedades de espinaca con mayor consumo son (SIAP, 2019):

- Espinaca de hoja rizada o savoy: reconocida como la variedad más consumida y la que presenta hojas onduladas y crujientes.
- Espinaca de hoja lisa: Se consume cocida, de hojas grandes, lisas y tiernas.
- Espinaca baby: su tamaño es menor en comparación a las anteriores, es de hoja lisa y contiene una menor concentración de ácido oxálico.

**Tabla 4. Composición nutritiva de las espinacas por 100 g de producto comestible**

<b>Nutrimento</b>	<b>Cantidad</b>
Proteínas (g)	3.2-3.77
Lípidos (g)	0.3-0.65
Carbohidratos (g)	3.59-4.3
Vitamina A (U.I)	8.100-9.420
Vitamina B1 (mg)	110
Vitamina B2 (mg)	200
Vitamina C (mg)	59
Calcio (mg)	81-93
Fósforo (mg)	51-55
Hierro (mg)	3.0-3.1
Valor energético (Cal)	26

Fuente: (Revista digital universitaria, 2004)

### **A. Producción de espinacas en México y ventas internacionales**

Se reportó que anualmente la producción de espinacas genera un total de 48, 544 toneladas, en donde lideran las siguientes entidades (SADER, 2022):

- Guanajuato (aproximadamente 12 mil toneladas)
- Puebla (aproximadamente 11 mil toneladas)
- Baja california (aproximadamente 10 mil toneladas)

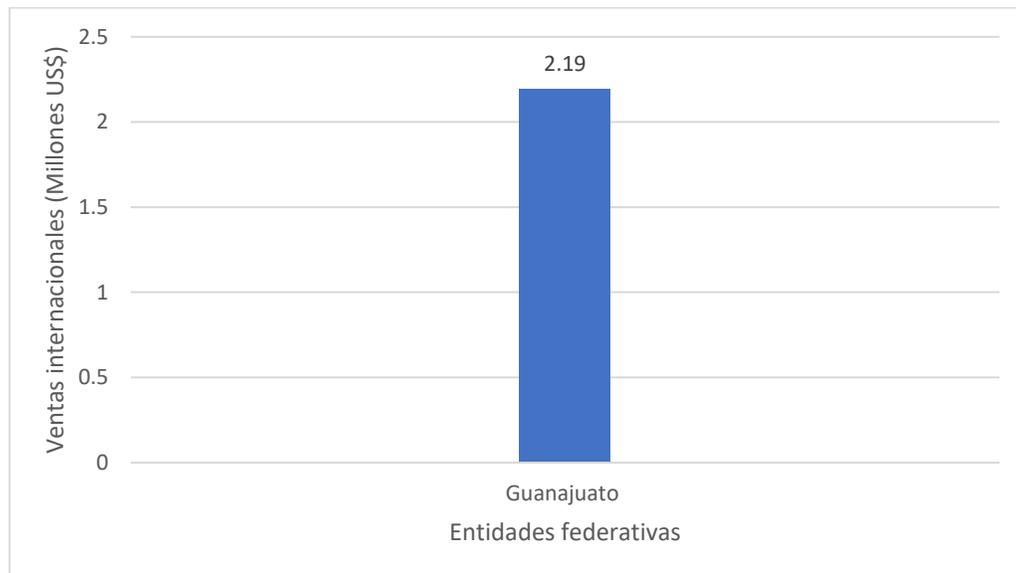
Como se observa en la Figura 6 el Guanajuato es la entidad federativa que lidera la venta internacional de espinacas en México, en donde se reportó que en 2022 los principales destinos comerciales de esta hortaliza son Estados Unidos y Canadá (Secretaría de Economía, 2023).

### **B. Generalidades sobre el cultivo de espinaca**

Esta hortaliza se cultiva mejor en estaciones frescas y soporta bajas temperaturas, aunque las plantas que son muy nuevas y que están próximas a su recolección no son tan resistentes. La temperatura es un factor que afecta el crecimiento y la producción del cultivo, a los 5°C la planta puede crecer, pero sobre los 25°C el crecimiento se resiste (Eccaff & Giaconi, 1998).

Se debe plantar en hileras de al menos 20 cm de distancia entre sí ya que esto permite la germinación de las semillas sin la competencia por el espacio. El cultivo

requiere un suelo con un pH en el intervalo de 6.5-7 y es resistente al frío ya que puede desarrollarse entre un intervalo de temperatura de 1-24°C (SIAP, 2019).



**Figura 6. Ventas internacionales de espinacas cocidas con agua, vapor o refrigeradas en el segundo trimestre en México en el 2023**

Fuente: Secretaría de Economía, 2023

### 3. INOCUIDAD EN EL PROCESAMIENTO DE HORTALIZAS

Durante el proceso de producción de las hortalizas existe la posibilidad de que se presenten contaminantes físicos, químicos y biológicos que puedan presentar un riesgo en el producto y, por consiguiente, un riesgo en la salud de los consumidores es por ello por lo que establecer una planificación integrada y sistémica en donde se garantice la calidad e inocuidad de las hortalizas es un desafío.

Al establecer estas planificaciones, así como el establecimiento de sistemas en la producción de hortalizas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Enfoque económico:** permite que, a través de la obtención de ganancias, se satisfagan las necesidades de los consumidores.
- **Medio ambiente:** permite, a través de un modelo sustentable, que los recursos necesarios para la producción de alimentos sean utilizados adecuadamente.

- **Tecnología:** se refiere a los métodos de producción y transformación de alimentos mediante los avances tecnológicos para obtener hortalizas con garantía de calidad e inocuidad.
- **Aspectos sociales:** referidos a un desequilibrio en el crecimiento de eslabones en la cadena productiva de alimentos en el sector agropecuario, en las barreras comerciales que producen una alteración en el costo-beneficio y el desarrollo económico sostenible.

Lo escrito anteriormente se complementa con la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) las cuáles se definen como un conjunto de normas y principios que deben ser aplicados durante las etapas de producción agrícolas con el fin de obtener alimentos de calidad, inocuos y que contribuyan a la seguridad alimentaria (Cuggino et al, 2018).

A continuación, se mencionan algunas de las BPA que deben ser empleadas en el procesamiento de hortalizas en general de acuerdo con la guía técnica de producción de lechuga con buenas prácticas agrícolas (Rikolto, 2019):

- **Biológicas.** Realizar una buena preparación y desinfección de suelos y herramientas para manipular las hortalizas, se deberá prohibir el paso de animales de granja dentro de las parcelas de cultivo, así como el ingreso de alimentos, utilizar agua de riego proveniente de fuentes limpias, establecer un sistema de riego en donde se resguarden los registros de las evaluaciones, inspecciones y reparaciones de las fuentes de agua empleadas contribuyen a la inocuidad de las hortalizas (Universidad de Maryland, 2012), disponer de servicios sanitarios y áreas de lavado de mano con jabón para los trabajadores a la par de los servicios sanitarios.
- **Químicas.** Diferenciar las bodegas de almacenamiento de productos químicos como fertilizantes y plaguicidas de la bodega de producto terminado. Realizar las aplicaciones de productos agroquímicos de acuerdo con las recomendaciones de dosificación. No transportar sustancias químicas (volátiles, explosivas y tóxicas) junto con las hortalizas.

**Físicos.** Evitar los residuos de madera, materiales de construcción y objetos cortopunzantes dentro de las canastas de cosecha de hortalizas.

#### **4 Enfermedades transmitidas por alimentos**

De acuerdo con la PHAO, se define como brote de Enfermedad transmitida por alimentos (ETA) cuándo dos o más personas desarrollan un malestar que es semejante después de ingerir un mismo alimento y se apunta a este como el origen de la enfermedad (PHAO, 2022).

Se ha establecido que para que una ETA se presente debe cumplir las siguientes características (PHAO, 2022).

- El microorganismo patógeno debe presentarse en una cantidad suficiente para que pueda ser generador de infección o toxinas.
- El alimento debe presentar las características necesarias para que se favorezca el desarrollo del patógeno.
- Es necesario que el alimento permanezca en un intervalo de tiempo y temperatura adecuados para el desarrollo del patógeno y, de ser el caso, sus toxinas.
- La porción ingerida del alimento con el patógeno y/o toxinas debe ser la suficiente para que se sobrepase la barrera de susceptibilidad del individuo.

Se clasifica a las enfermedades transmitidas por alimentos en (López, 2012):

- **Infecciones:** las cuales son el producto del consumo de alimentos o agua que se encuentran contaminados por microorganismos patógenos como bacterias, virus o parásitos.
- **Intoxicaciones:** las cuales se producen debido al consumo de alimentos que se encuentran contaminados por toxinas (sustancias químicas) producidas por algunos microorganismos patógenos.
- **Toxiinfecciones:** se conoce otro tipo de ETA que combina las clasificaciones anteriores: la toxiinfección, que es el resultado de la presencia de una infección a través de microorganismos generadores de toxinas (Rasgado, 2014).

#### 4.1 Enfermedades causadas por hortalizas frescas

Es conocido que las hortalizas son producidas en campos abiertos que se encuentran expuestos a una contaminación microbiana durante las etapas de producción, tales como el riego, el suelo, la maquinaria, los trabajadores, el entorno mismo y las actividades posteriores a la cosecha. De esta manera, los microorganismos mayormente asociados a las enfermedades transmitidas por el consumo de productos frescos como las hortalizas son las bacterias patógenas (Iwu & Okoh, 2019), como se muestra a continuación en la Tabla 5:

**Tabla 5. Patógenos asociados a hortalizas. Signos y síntomas**

Agente etiológico	Periodo de incubación	Signos y síntomas
<i>Listeria monocytogenes</i>	De 3 a 70 días	Fiebre, cefalea, náuseas, vómito, sepsis y meningitis.
<i>Salmonella spp</i>	De 18 a 36 días	Diarrea, dolor abdominal, escalofríos, fiebre, náusea. vómito
<i>Shigella spp</i>	De 1 a 3 días	Diarrea (con moco y sangre), vómito, náusea y fiebre
<i>Bacillus cereus</i>	De 1 a 5 horas	Náusea y vómito
<i>Campylobacter jejuni</i>	De 2 a 7 días	Dolor abdominal, diarrea (con moco y fiebre), náuseas, vómito
<i>Staphylococcus spp</i>	De 1 a 8 horas	Diarrea, náusea, vómito, astenia
<i>E. coli O157:H7</i>	De 1 a 10 días	Diarrea acuosa, seguida de diarrea sanguinolenta y dolor abdominal
<i>Vibrio cholerae</i>	De 1 a 3 días	Diarrea acuosa y profusa, vómito, dolor abdominal, deshidratación y colapso.

Fuente: modificado de Kader, 2011; SNDIF, 2015.

Las enfermedades causadas por frutas y hortalizas son comunes en los países en desarrollo debido a que las estrategias para el control de la inocuidad de los alimentos tales como proyectos, programas, capacitaciones y publicaciones son puestas en práctica con dificultad por las autoridades gubernamentales (FAO, 2009).

#### 4.2 Principales microorganismos presentes en hortalizas frescas

Consumir vegetales crudos como ensaladas, champiñones salados, ensaladas de repollo ha sido asociado a brotes de enfermedades debido a la presencia de microorganismos patógenos como lo son: *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli* (Castro et al, 2006). Además de los

mencionados anteriormente se asocian también a los siguientes microorganismos: “*Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Campylobacter*, cepas patógenas de *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia pseudotuberculosis*, norovirus, virus de hepatitis A y parásitos como *Cyclospora cayetanensis*, *Guardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*” (FAO, 2003). En la Tabla 6 se muestra una recopilación de microorganismos patógenos que han sido aislados en hortalizas frescas, en donde se menciona lechuga, berros y espinacas.

**Tabla 6. Ejemplos de patógenos que han sido aislados de productos frescos**

Patógeno	Producto
<i>Aeromonas spp.</i>	Germinados de alfalfa, espárragos, brócoli, coliflor, lechuga, pimiento, espinaca
<i>Bacillus cereus</i>	Germinados de berro, germinados de mostaza, germinados de frijol, germinados de frijol de soya
<i>Campylobacter jejuni</i>	Champiñones
<i>E.coli 0157:H7</i>	Col, apio, cilantro, lechuga, piña
<i>Listeria monocytogenes</i>	Germinados de frijol, col, pepino, papas, rábano, tomates
<i>Salmonella spp</i>	Alcachofa, germinado de frijol, hojas de betabel, col, melón cantalupo, coliflor, apio, berenjena, endivias, hinojo, lechuga, mostaza, berro, perejil, pimiento, rábano, espinaca
<i>Shigela spp.</i>	Perejil, cilantro
<i>Staphylococcus spp</i>	Zanahoria, lechuga, perejil, rábano, germinados
<i>Vibrio cholerae</i>	Col

Fuente: (Kader, 2011)

## 5 BROTES DE ENFERMEDADES ASOCIADAS A LECHUGAS, BERROS Y ESPINACAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) 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 como el origen de la enfermedad...*” (OPS, 2023).

De acuerdo con el Centro para el Control y Prevención de las Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés), se identificaron 78 brotes de enfermedades transmitidas por alimentos asociados a hortalizas de hoja verde durante el periodo de 2014 y 2021 (CDC, 2023). En mayo de 2023 la FDA comunicó que la empresa Lēf Farms se encontraba retirando del mercado ensaladas de hortalizas de hoja verde debido a una posible contaminación con *Escherichia coli 0157:H7* y en México, de acuerdo

con la Ventanilla Única del Comercio Exterior Mexicano (VUCEM) en 2022 se realizaron importaciones de ensaladas procedentes de EUA (SENASICA, 2023).

### 5.1 Brotes asociados a espinacas mínimamente procesadas

Durante el periodo del 15 al 27 de octubre del 2021 la FDA y el CDC investigaron brotes multi estatales (Iowa, Indiana, Michigan, Minnesota, Misuri, Ohio y Dakota del Sur) de *E.coli* O157:H7 asociados al consumo de espinacas tiernas mínimamente procesadas de la marca Josie´s Organics. A partir del 6 de enero del 2022 los CDC declararon la terminación del brote. Durante el brote se identificaron un total de 15 enfermedades, 4 hospitalizaciones y 0 muertes (FDA, 2021). A continuación, en la tabla 7 se presentan brotes de ETAS asociados a espinacas mínimamente procesadas detectados por la FDA durante el 2023, 2022 y 2021.

**Tabla 7. Principales brotes detectados por la FDA de enfermedades transmitidas por alimentos asociadas a espinacas mínimamente procesadas durante el 2023, 2022 y 2021**

Fecha	Descripción del producto	Descripción del motivo del retiro	Empresa
10-04-23	Ensaladas prefabricadas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Meijer
12-05-23	Productos de col rizada y espinacas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Alimentos Lancaster
06-06-23	Productos de col rizada, espinacas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Alimentos Lancaster
23-12-22	Micro vegetales	Posible contaminación con <i>Salmonella spp</i>	Mercado de alimentos Wegmans, Inc.
19-01-22	Espinacas picadas congeladas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Desarrollo de alimentos congelados
27-12-21	Múltiples productos de ensalada fresca	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Fresco expreso
15-10-21	Espinaca baby	Posible contaminación con <i>E.coli</i> O157:H7	Josie´s Organics
28-07-21	Espinacas tiernas	Posible contaminación con <i>Salmonella spp</i>	Granjas brillantes
21-07-21	Ensaladas verdes	Posible contaminación con <i>Salmonella spp</i>	Granjas brillantes

Fuente: FDA, 2023

### 5.2 Brotes asociados a lechugas mínimamente procesadas

Durante abril del 2023, la FDA informó que la empresa Revolution Farms procedente de Caledonia, Michigan, se encontraba retirando del mercado diversos productos a base de lechuga, tales como Great Lakes Gourmet 5, Green Sweet Crisp 5 oz,

Michigan Spring Mix 5 oz, entre otros, debido a que durante una inspección rutinaria del Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural de Michigan (MDARD por sus siglas en inglés) se encontró que estos se encontraban contaminados de *Listeria monocytogenes*. Dichos productos habían sido distribuidos en los estados de Michigan, Ohio, Indiana, Illinois, Kentucky y Wisconsin (SENASICA, 2023). A continuación, en la tabla 8 se presentan brotes de ETAS asociados a lechuga mínimamente procesada detectados por la DFA durante los años 2023, 2022 y 2021.

**Tabla 8. Principales brotes detectados por la FDA de enfermedades transmitidas por alimentos asociadas a lechugas mínimamente procesadas durante el 2023, 2022 y 2021**

Fecha	Descripción del producto	Descripción del motivo del retiro	Empresa
10-04-23	Ensaladas prefabricadas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Meijer
07-04-23	Kits de lechuga y ensaladas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Revolution Farms
05-04-23	Kits de lechuga y ensaladas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Revolution Farms
12-05-23	Productos de col rizada y espinacas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Alimentos Lancaster
3-11-22	Productos de lechuga fresca	Posible contaminación con <i>Salmonella spp</i>	Kalera sociedad anónima
01-07-22	Ensaladas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Dole verduras frescas, Inc.
27-12-21	Múltiples productos de ensalada fresca	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Fresco expreso
12-22-23	Ensaladas	Posible contaminación con <i>Listeria monocytogenes</i>	Dole verduras frescas, Inc.

Fuente: FDA, 2023

### 5.3 Brotes asociados a berros mínimamente procesados

De acuerdo con la Agencia de Normas Alimentarias de Gran Bretaña (FSA, por sus siglas en inglés) se dio a conocer que a partir del 1° de agosto del 2013 se retiraron del super mercado Sainsbury's a manera preventiva seis líneas de productos que contenían berros, tales como: SO berros ecológicos 75g, hojas de berro de Sainsbury's 75g, by Sainsbury's berros twin pack 2x35g, entre otros, debido a un brote de *E.coli* O157:H7 que afectó a 15 personas (BBC, 2013).

## 6 HORTALIZAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Las hortalizas mínimamente procesadas surgen como una respuesta a las necesidades de los consumidores de alimentos que no requieran una gran cantidad

de tiempo para ser preparados así como mantener sus propiedades organolépticas intactas (Alegre et al, 2020), y se define como hortalizas mínimamente procesadas a aquellas hortalizas que son sometidas a uno o más procesamientos después de su periodo de cosecha, los cuáles pueden ser los siguientes (Finger et al, 2023): selección, corte, desinfección, enjuague, centrifugado, empaque, almacenamiento y transporte. En la elaboración de hortalizas mínimamente procesadas una de las características más importantes es el lavado de los productos, así como su sanitización, ya que estos pasos del proceso le brindan inocuidad al producto terminado (Finger et al, 2023).

## 7 DESINFECTANTES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Las hortalizas frescas contienen una gran cantidad de microorganismos los cuáles pueden detonar enfermedades transmitidas por alimentos, por lo que además de realizarle a las hortalizas un proceso de lavado es necesario también realizar un proceso de desinfección para reducir la carga microbiológica a un nivel seguro (Ajay et al, 2022). Se define como desinfección “...a la reducción del número de microorganismos presentes, por medio de agentes químicos y/o métodos físicos, a un nivel que no comprometa la inocuidad o la aptitud del alimento, bebida o suplemento alimenticio...” (NOM 251, 2009). A continuación, se presentan los desinfectantes mayormente utilizados en la industria de hortalizas frescas:

- **Cloro.** El cloro es uno de los productos más aplicados a los productos frescos, este puede usarse en forma de gas, así como también como hipoclorito de sodio o calcio después de mezclarlo debidamente con agua, una vez mezclado el hipoclorito de sodio o calcio se convierte en ácido hipocloroso y iones de hipoclorito, los cuales cuentan con actividad antimicrobiana. El cloro es eficaz contra bacterias, mohos, levaduras y virus, sin embargo, no es eficaz frente a esporas, esta eficacia se ve afectada por el pH, la temperatura y el tipo de producto. Con todo lo anterior se considera que, para un tratamiento efectivo de saneamiento aplicado a frutas y hortalizas enteras o cortadas, es necesario una concentración de 50-200 ppm con un tiempo de contacto de 1-2 minutos, que de acuerdo con la FDA (Administración de alimentos y medicamentos), son

suficientes para poder mejorar la vida útil de los productos agrícolas pelados o cortados (Ajay et al, 2022).

- **Dióxido de Cloro.** El dióxido de cloro es un agente oxidante, por lo que presenta propiedades bactericidas y fungicidas y, gracias a esto, es empleado en procesos de desinfección de agua potable y de alimentos (CIGITOX, 2021). El dióxido de cloro en comparación al cloro no genera reacción con compuestos que contengan nitrógeno o amoníaco formando de esta manera compuestos peligrosos. Su eficiencia se ha comprobado contra esporas de *Bacillus* spp y *Clostridium* spp por lo que en 1998 el dióxido de cloro fue aprobado para el lavado de frutas y hortalizas bajo las siguientes concentraciones: 200 ppm para equipos de procesamiento y 3 ppm para contacto directo con los productos (Lorente, 2015).
- **Ácido peracético.** El ácido peracético es una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido acético, esta mezcla es capaz de desinfectar frutas y hortalizas, su efectividad depende de la generación de especies reactivas de oxígeno, oxida las proteínas, el ADN, las enzimas y los metabolitos después de que ingresa a las bacterias, provocando la muerte, así mismo tiene la capacidad de desnaturalizar las proteínas por lo que puede actuar como esporicida y ovicida, se conoce también su efectividad contra biopelículas debido a su independencia del pH pues presenta acción bactericida hasta pH 7.5. Para emplear el ácido peracético la FDA (Administración de alimentos y medicamentos) y la EPA (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos) han establecido un límite de 80-100 ppm durante 5 minutos de ácido peracético para el uso en el tratamiento de frutas y hortalizas (Ajay et al, 2022).
- **Fosfato trisódico.** El fosfato de sodio es una sustancia química alcalina. Debido a sus características químicas y a su alto pH presenta un efecto antimicrobiano ya que altera la membrana citoplasmática, se ha establecido que debe ser empleado en una concentración del 2% - 15% para lavar y desinfectar productos frescos (Ajay et al, 2022).
- **Plata coloidal.** Se han conocido las propiedades antibacterianas de la plata desde hace varios siglos debido a que la plata y sus derivados actúan como

biocidas mediante su unión con grupos sulfhidrilos o tioles de las proteínas. Las sales de plata tienen como sitio de acción a los constituyentes citoplasmáticos y la interacción con grupos específicos tanto sulfhidrilo como amino a través de mecanismos de coagulación general, ataque a ácidos nucleicos y a ribosomas. El ion plata muestra propiedades antibacterianas con concentraciones de 0.1 µg / L así como 1.9 µg / L para presentar actividad fungicida (Coutiño & Pérez, 2007).

## **8 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS**

### **8.1 Contexto internacional y nacional**

Actualmente la globalización en la que se encuentra inmersa la industria de alimentos y la agricultura ha generado la creación de estándares en Sistemas de Gestión de Calidad con una función reguladora y certificadora internacionalmente cuya máxima preocupación es la inocuidad alimentaria, a continuación, se mencionan algunos de los esquemas de gestión de inocuidad de los alimentos más importantes (Kohl, 2020): Codex Alimentarius, HACCP- Hazard Analysis and Critical Control Points, GFSI- Global Food Safety Initiative. Por otro lado, se encuentra también el modelo establecido por la Organización Internacional de Normalización (ISO) a través de la cual se desarrolla la normativa ISO 22000 que es de observancia generalizada en la Unión Europea y es una herramienta que garantiza la inocuidad en los alimentos (SNDIF, 2015).

### **8.2 Codex Alimentarius**

El *Codex Alimentarius* es un conjunto de normas, textos y directrices que son aceptadas internacionalmente cuya finalidad es preservar la salud de los consumidores a través de garantizar alimentos inocuos y de calidad internacionalmente, además de asegurar que durante el comercio de alimentos las prácticas realizadas durante su producción sean equitativas. Estas normas garantizan que los alimentos son inocuos y pueden comercializarse refiriendo con esto la eliminación de las barreras comerciales. En la actualidad la comisión del Codex está conformada por 189 miembros, de los cuales 188 son Estados miembros y 1 Organización miembro la cuál es la Unión Europea (FAO, 2022).

### **8.3 HACCP – Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control**

El análisis de peligros y puntos críticos de control es un enfoque sistemático empleado en la gestión de inocuidad de alimentos y en el cual se identifican los peligros que cuya probabilidad de ocurrencia durante todas las etapas de la cadena de suministros es alta y, a su vez, establecer controles que para disminuir o evitar su incidencia. El sistema HACCP se basa en 7 principios que son aceptados internacionalmente los cuáles son los siguientes (Mortimore & Wallas, 2015):

- Realizar un análisis de peligros
- Determinar Puntos Críticos de Control (PCC)
- Establecer límites críticos
- Establecer un sistema de seguimiento del control PCC
- Establecer acciones correctivas a tomar al monitorear es un indicativo de que un PCC no se encuentra bajo control
- Establecer procedimientos de verificación para asegurar que el sistema está funcionando de manera correcta.
- Establecer la documentación a todos los procedimientos y generar los registros adecuados a estos principios y su aplicación

En la metodología HACCP se ha categorizado a los peligros como: físicos, químicos o biológicos. Realizar un análisis de peligros conlleva la realización de dos pasos fundamentales (Gehring & Kirkpatrick, 2020): Identificación de peligros y Evaluación de peligros.

Para realizar la identificación de peligros se debe examinar cada paso del proceso y con ello determinar si los peligros pueden ser reducidos, controlados o mejorados a un nivel aceptable. Generalmente para identificar lo anterior se utiliza una “lluvia de ideas del análisis de peligros” (Gehring & Kirkpatrick, 2020).

Al efectuar la evaluación de peligros detectados se debe considerar la probabilidad de ocurrencia del peligro (riesgo) que generalmente se basa en el proceso de producción y el impacto para el consumidor (gravedad) que a menudo se determina considerando consecuencias asociadas al consumo, impacto físico o las enfermedades y brotes informados (Gehring & Kirkpatrick, 2020).

#### **8.4 GFSI- La iniciativa global de inocuidad alimentaria**

La iniciativa global de seguridad alimentaria (Global Food Safety Initiative, GFSI:) Es una organización cuya finalidad es garantizar el abasto de alimentos inocuos para los consumidores en todo el mundo a través de proveer sistemas de gestión de inocuidad de alimentos que mantienen una mejora continua. Los principales objetivos de la iniciativa (GFSI, 2019):

- Armonización y estándares de programas de certificación de inocuidad alimentaria a través de evaluaciones comparativas de requisitos actualizados mejorando con esto la armonización global y disminuyendo las barreras comerciales.
- Construcción de capacidades de inocuidad alimentaria dedicados a industrias y proveedores a través del programa de mercados globales con el fin de que mejoren sus sistemas de inocuidad alimentaria y puedan conseguir una certificación.
- Asociaciones público – privadas: con los reguladores gubernamentales de inocuidad alimentaria y con otras instancias públicas partiendo de diálogos en programas conjuntos que contribuyan a la armonización en cuestión a las regulaciones de inocuidad y la reducción de las barreras comerciales.

#### **8.5 Organización internacional de Normalización (ISO)**

La organización internacional de normalización es carácter independiente, no gubernamental e internacional, que cuenta con una membresía de 166 organismos (ISO, 2021), su objetivo es el desarrollo de estándares internacionales que garanticen la calidad, seguridad y eficiencia de productos, servicios y sistemas, de esta manera se facilitará el comercio internacional (Ema, 2021).

En México se aplica la NMX-F-CC-22004-NORMEX-IMNC-2018-Sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos y la NOM-251-SSA1-2009: Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, en donde se aplica los sistemas de Buenas prácticas de Manufactura (BPM) y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), el cuál es opcional u obligatorio para un proceso de certificación (COFEPRIS, 2016) con el fin de garantizar la inocuidad en los

alimentos. Además, la secretaría de Turismo (SECTUR) otorga un reconocimiento a los prestadores de servicios de alimentos y bebidas el “Distintivo H”, por lo que de esta manera se pretende que se cumpla la inocuidad y calidad de los alimentos que son preparados en hoteles, restaurantes, etc. (SNDIF, 2015).

### **8.6 ISO 22000 Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria**

La ISO 22000 es aplicable a cualquier organización de suministro alimentario, su origen se remonta al 1 de septiembre del 2005 y es la primera norma internacional para sistemas de gestión de la inocuidad alimentaria, y se basa en los principios del sistema HACCP y en la norma ISO 9001:2015 (NQA, 2018). Los principales objetivos de la norma ISO 22000 se enlistan a continuación (ISO 22000, 2018):

- Mantener la actualización, planificación, implementación y la operación adecuada del SGIA (Sistema de gestión de inocuidad alimentaria) con el fin de proporcionar alimentos que sean inocuos.
- Garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios aplicables a la inocuidad de alimentos.
- Realizar la valoración y evaluación de los requisitos de inocuidad alimentaria que fueron acordados con los clientes y demostrar su conformidad con ellos.
- Mantener una comunicación eficaz con las partes interesadas sobre los temas de inocuidad de los alimentos dentro de la cadena alimentaria.
- Asegurar que la política de inocuidad de los alimentos establecida por la organización sea cumplida.
- Buscar que el SGIA de la organización sea certificado o registrado por una organización externa.

### **8.7 Identificación de peligros y determinación de los niveles aceptables**

Para la determinación de puntos críticos de control e identificación de peligros se emplea el sistema HACCP de acuerdo con la FAO pues presenta fundamentos científicos y un carácter sistemático para garantizar la inocuidad de los alimentos. En el sistema HACCP la determinación de un Punto Crítico de Control (PCC) se logra a través de un árbol de decisiones, en donde deberá de considerarse el tipo de

operación (producción, almacenamiento, etc.), de manera que esta información será orientativa para la determinación de los PPC. Al identificar un peligro en una fase en donde no exista una medida de control se deberá modificar el proceso en la fase necesaria de manera que se incluya una medida de control (FAO, 1997).

Es preciso que para cada punto crítico de control identificado se establezca y empleen un límite crítico para determinar la aceptabilidad de un producto ya que son un indicativo de la inocuidad del mismo y pueden establecerse límites para factores como lo son la temperatura, el pH, tiempo, humedad, exigencias de tiempo y temperatura para un proceso térmico, límites máximos de contaminantes físicos, químicos y biológicos, etc., y pueden ser consultados a través de normativas o reglamentos oficiales que deben ser establecido por las autoridades competentes en relación al control de alimentos (PAHO, 2019).

## **9 BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA COMO PRERREQUISITO**

De acuerdo con SENASICA se define a las Buenas Prácticas de Manufactura como *“... el conjunto de procedimientos, actividades, condiciones y/o controles de tipo general con el objeto de garantizar la calidad y la inocuidad de los productos mediante la disminución de los riesgos de contaminación física, química o biológica; sin perjuicio de otras disposiciones legales aplicables en materia de Salud Pública y ambiente...”* (SENASICA, 2020).

Los prerrequisitos están referidos al control de aspectos que puedan presentar un peligro a la inocuidad alimentaria (Mena, 2014). Son procedimientos que están establecidos para controlar condiciones básicas de un establecimiento para producir alimentos de forma segura, algunos de los procedimientos son los siguientes (Altamirano, 2014):

- Plan de limpieza y desinfección y procedimientos operativos estándar de sanidad (POES)
- Buenas Prácticas de Manufactura (transporte, capacitación, diseño de equipos y de instalaciones, almacenamiento, mantenimiento preventivo a equipos e instalaciones)

- Control de agua, plagas, químicos, proveedores y manejo de basura
- Trazabilidad

## 10 Algunos estudios

Acerca de la bibliografía localizada sobre el tema podemos destacar la tesis del año 2023 “*Gestión de riesgos de la inocuidad de los alimentos: el caso de las hortalizas,*” propuesta que es tratada a través de los lineamientos de la ISO 22000:2018, en donde el tema es abordado a través del análisis de gestión de riesgos de una comercializadora hipotética, siendo fiel en la descripción del trabajo a los estándares de la ISO 22000:2018 y obteniendo los resultados a través de matrices de riesgo en donde, de manera general, se identifican los principales riesgos asociados a la producción de las hortalizas. Si bien, el presente trabajo parte de interrogantes semejantes que la tesis mencionada, en el presente trabajo se llegó a los resultados a través del seguimiento de los siete puntos establecidos en la metodología HACCP, estableciendo análisis de peligros de materias primas y de proceso para la obtención de los puntos críticos de control de lechugas berros y espinacas mínimamente procesados.

Por otra parte, otras fuentes realizan el análisis de repercusiones en materia de exportación ya que su discusión se centra en la necesidad e importancia que tienen las hortalizas mínimamente procesadas inocuas para fines económicos y sociales.

Finalmente, los materiales más abundantes son principalmente elaborados por el Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Consisten principalmente en guías y manuales los cuáles contienen información sobre temas importantes para la producción primaria Agroalimentaria los cuáles constan de lineamientos voluntarios para minimizar contaminaciones físicas, químicas o biológicas durante la producción de alimentos en el campo.

## II. MARCO METODOLÓGICO

### 11 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La estrategia seguida para la elaboración de la propuesta fue la siguiente:

#### **A. Identificación de los factores de riesgo que intervienen en la obtención de la inocuidad de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas**

La identificación de los actores del proceso se llevó a cabo de acuerdo con el apartado 4 de la norma ISO 22000:2018 a través de la herramienta PESTEL

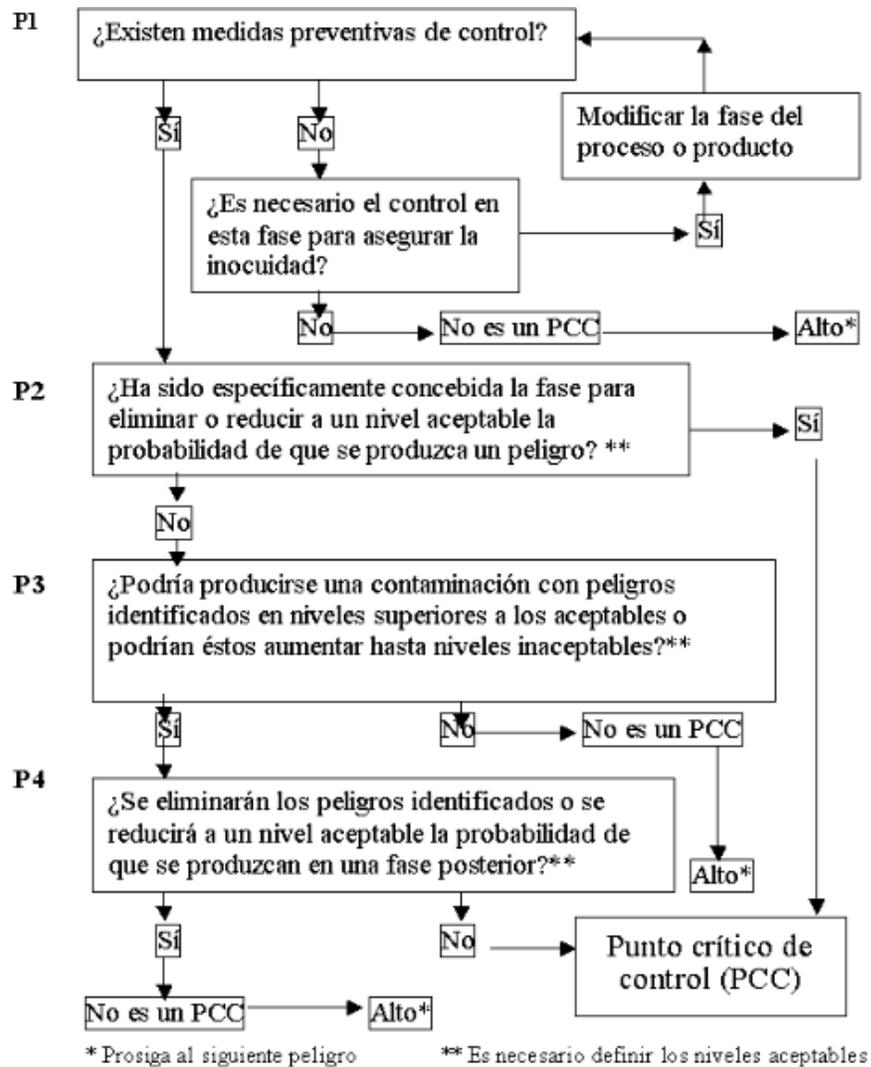
#### **B. Identificación y clasificación de los principales peligros asociados a la inocuidad de lechuga, berro y espinaca mínimamente procesadas**

Para realizar la correcta identificación de los principales peligros y riesgos se procedió a realizar un análisis de peligros de las materias primas utilizadas en cada proceso de cada hortaliza, lo anterior se realizó empleando una matriz de riesgos la cuál evaluó la importancia de cada peligro considerando la probabilidad de ocurrencia de ocurrencia y su gravedad tomando en cuenta la experiencia, datos epidemiológicos e información científica (evaluación de la prevalencia cuantitativa o cualitativa, así como la frecuencia de ocurrencia, los niveles típicos, nivel máximo posible, entre otras cosas) para así eliminar o reducir a un nivel aceptable dichos peligros para la producción segura de alimentos. De esta forma se efectuó un balance entre la probabilidad y la gravedad del peligro a través de una matriz para establecer su significación” (SNDIF, 2015).

#### **C. Elaboración de diagrama de proceso para realizar la identificación y clasificación de los puntos críticos de control**

Para la identificación y clasificación de puntos críticos de control se incluyó en el marco teórico una investigación de los principales peligros, microorganismos y enfermedades causadas por hortalizas frescas con el fin de tener referencias para establecer los PCC, esta información se utilizó en conjunto para elaborar un análisis de peligros de proceso de cada hortaliza estudiada, en donde se establecieron los pasos del proceso que son esenciales para garantizar la

inocuidad en las hortalizas estudiadas, dicho análisis se apoyó de la herramienta “secuencia de decisiones para identificar PCC” contenida en la NOM-251-SSA1-2009, Figura 5, con el fin de establecer lo más correctamente posible los puntos críticos de control de las hortalizas. La información contenida en la *Figura 5* se utilizó para la toma de decisiones al momento de definir un PCC.



**Figura 7. Árbol de decisiones para identificar los PCC**

Fuente: FAO, 2003

#### D. Elaboración de guía “general “

La elaboración de la guía que sea de carácter “general” se realizó tomando como base los 7 principios del sistema HACCP, los cuáles son aceptados internacionalmente y son mencionados en el marco teórico. La guía consistió en lo siguiente:

- Realización de un análisis de peligros para materias primas.
- Realización de un análisis de peligros del proceso de cada hortaliza mínimamente procesada para identificar los puntos críticos de control.
- Realización de un plan maestro en donde se enlista el peligro, sus límites críticos, el monitoreo, las acciones correctivas, la verificación y los registros que se deben utilizar para cada punto crítico identificado.

Así mismo, se realizaron dos ejemplos de registros con los que se puede dar seguimiento a alguna acción correctiva identificada.

En la Tabla 9 se muestra un resumen de los objetivos y las actividades que se realizan para lograr el cumplimiento de estos.

**Tabla 9. Actividades necesarias para el logro de objetivos**

Objetivo	Meta	Actividades
Identificación de los factores de riesgo que intervienen en la obtención de la inocuidad de lechuga, berro y espinacas mínimamente procesadas	Identificación de factores de riesgo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Generación de análisis PESTEL</li></ul>
Identificar los Puntos Críticos de Control en el proceso de producción de lechugas berros y espinacas mínimamente procesadas	Identificar correctamente los PCC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigación bibliográfica de posibles peligros asociados a hortalizas</li><li>• Elaboración de matriz de riesgos</li><li>• Realización de análisis de peligros de materias primas y de proceso</li></ul>
Proporcionar herramientas a los productores de hortalizas mínimamente procesadas que permita un avance y una mejora en la producción y distribución de hortalizas.	Elaboración de una guía de uso general para la implementación de un sistema de gestión de riesgos de la inocuidad de hortalizas mínimamente procesadas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboración de plan maestro, a través de la utilización de los siete puntos del método HACCP, para mantener un control de los puntos críticos de control identificados.</li></ul>

Fuente: autoría propia.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El primer paso para el desarrollo de la propuesta de gestión de riesgos es realizar la identificación de los factores que son clave para poder garantizar hortalizas mínimamente procesadas inocuas, como se observa en la Tabla 10, este punto se realizó de acuerdo con el numeral 4 de la ISO 22000:2018, la cual establece que la organización debe determinar cuáles son las cuestiones (internas y externas) que puedan afectar el objetivo final (ISO 22000:2018).

Para la identificación y ejemplificación del contexto que se presenta en el desarrollo de hortalizas mínimamente procesadas se utilizó la herramienta PESTEL (análisis de factores políticos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales), el cuál es una técnica de análisis que permite la identificación del contexto en el que se mueve una organización y que a su vez permite la generación de estrategias para la mejora en las organizaciones ya que se encuentra compuesto de categorías políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ecológicas y legales (Leyva-Vázquez & Smarandache, 2019).

En la elaboración del análisis PESTEL se incluyeron factores con una gran relevancia, tales como la implementación de normas internacionales, datos presentados en el “Análisis de producción y consumo de hortalizas” del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), en donde se menciona la creciente tendencia por el consumo de alimentos orgánicos como las hortalizas frescas, esto derivado de una serie de decisiones por parte del mercado mundial de estos productos al comenzar a clasificarlos por su precio y calidad, lo cual ha elevado su consumo (CEDRSSA, 2020), lo anterior impacta en el contexto social de la comercialización de las hortalizas mínimamente procesadas, así como también es influyente el entorno político por parte del comercio exterior y los acuerdos comerciales que deriven de ellos, al igual que el entorno ecológico derivado de la contaminación como resultado de consumo de recursos naturales y de la utilización de productos químicos, lo que impacta negativamente en la producción de hortalizas frescas (CEDRSSA, 2020). Además de la identificación de algunos de los aspectos principales se decidió

catalogarlos como Amenazas / Oportunidades, establecer la clasificación y posteriormente determinar el impacto del aspecto dentro de la organización con el fin de priorizar los aspectos de alto impacto y, como se observa en la Tabla 8, para el ejemplo planteado, se determinó que los aspectos políticos, económicos, sociales y legales son factores clave para la obtención de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas inocuas.

**Tabla 10. Identificación de los factores de riesgo que intervienen en la obtención de la inocuidad de lechuga, berro y espinacas mínimamente procesadas. PESTEL**

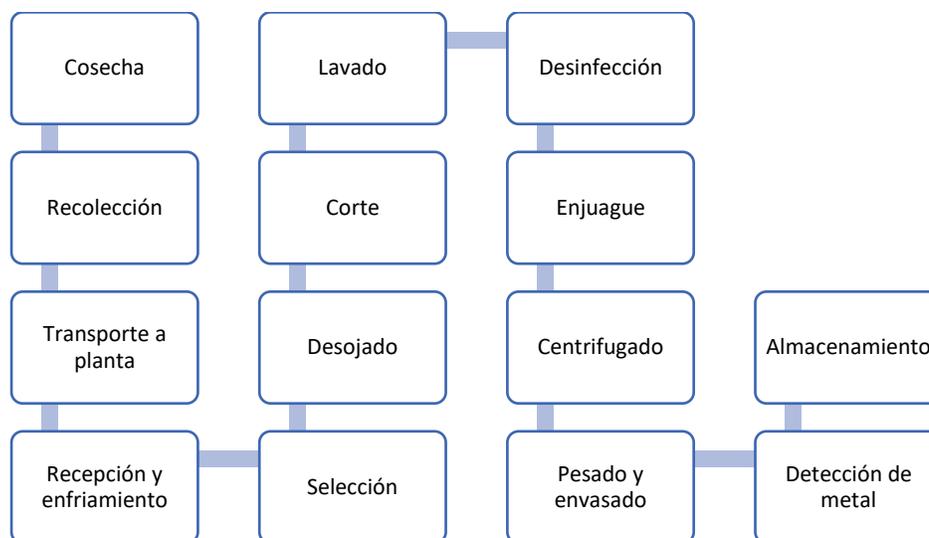
Aspecto	Descripción	Amenaza/ oportunidad	Clasificación	Impacto
<b>Político:</b> Influencias globales de exportación e importación	Tarifas y barreras al comercio agrícola*	Amenaza	Alta	Alta
<b>Económico:</b> factores económicos actuales o futuros que pueden afectar en la ejecución de los objetivos de la empresa	Inflación provocada por factores internos como sequías, cambios climáticos y seguridad pública y factores externos como tendencias económicas internacionales*	Amenaza	Alta	Alta
<b>Social:</b> Influencia demográfica, factores de estilo de vida, tendencias en consumidor.	Tendencia al alza del consumo de frutas y hortalizas*	Oportunidad	Alta	Alta
<b>Tecnológico:</b> nuevas técnicas analíticas, equipos de proceso, influencia internacional.	Técnicas para mejorar la detección de peligros, técnicas de muestreo más precisas	Amenaza	Medio	Medio
<b>Ecológico:</b> contaminación del área circundante.	Contaminación del agua por la aplicación excesiva de nutrientes (nitratos y fosfatos), sustancias químicas como desinfectantes, contribución a la liberación de gases de efecto invernadero*	Oportunidad	Medio	Medio
<b>Legal:</b> Cambios y nuevas regulaciones de salud e inocuidad nacionales e internacionales.	Actualización de normas nacionales e internacionales*	Amenaza	Alta	Alta

Fuente: elaboración propia \*Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la soberanía Alimentaria: CEDRSSA, 2020.

Como se puede observar en la Tabla 10 a manera de ejemplo se determinó que el contexto de la inocuidad de las hortalizas mínimamente procesadas se encuentra dividido en seis aspectos fundamentales, se observa que el entorno político se

convierte en una amenaza de alto impacto debido a que para poder comercializar hortalizas se pueden presentar barreras al comercio agrícola lo que implicaría una menor competitividad contra las hortalizas locales del país o países destino, como lo podrían ser Estados Unidos, Canadá, Argelia, Japón y Turquía, quienes en 2022 fueron los principales destinos comerciales de hortalizas, plantas, raíces y tubérculos alimenticios de México de acuerdo a la Secretaría de Economía (Secretaría de Economía, 2023), así mismo, el entorno económico puede impactar en el cumplimiento de las medidas necesarias para garantizar la inocuidad de las hortalizas lo que se encuentra directamente relacionado con el entorno tecnológico ya que al haber limitaciones económicas las posibilidades de recurrir a las innovaciones tecnológicas para garantizar inocuidad disminuye y, con ello, se repercute al entorno legal, ya que con lo anterior existe la posibilidad de no cumplir adecuadamente con las regulaciones necesarias, tales como el reconocimiento en Sistemas de Reducción de Riesgos de contaminación (SRRC) del SENASICA, necesaria en EUA para la importación de productos agropecuarios (SENASICA, 2016). Lo anterior, en conjunto, repercute al entorno social y ecológico ya que las tendencias actuales en los consumidores son las demandas de procesamiento y consumo de productos inocuos y amigables con el medio ambiente.

Por otro lado, durante toda la cadena de la producción de hortalizas existe la probabilidad de que se genere una contaminación (biológica, química o física) que ponga en riesgo la inocuidad del producto, es por ello por lo que la implementación de Sistemas de Gestión de Inocuidad de Alimentos (SGIA) que se encuentre generado bajo fundamentos científicos obtenidos a través de análisis de riesgo es primordial para obtener una correcta caracterización de los peligros (Cuggino et al, 2018). En este capítulo se presenta el perfil de producto terminado, Tabla 11, en la Figura 8 el diagrama de proceso de las tres hortalizas mínimamente procesadas (lechuga, berro y espinaca), elaborado con el fin de identificar los PCC a través de un análisis de peligros, el perfil del producto terminado de una hortaliza mínimamente procesada, así como los criterios de evaluación de riesgos generados y utilizados en el análisis de peligros de las materias primas para cada hortaliza y el plan maestro a seguir para cada PCC detectado.



**Figura 8. Diagrama de proceso de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas.**  
**Fuente: adaptado de MR. LUCKY®, 2023**

**Tabla 11. Perfil del producto terminado de tres hortalizas de hoja mínimamente procesadas (lechugas, berros y espinacas)**

Logotipo de la organización	Perfil de producto terminado
<b>Información general del producto</b>	
<b>Descripción del producto:</b> Hortaliza mínimamente procesada (lechuga, berro y espinaca)	
<b>Uso intencionado y consumidor / cliente:</b> Listo para consumir; público en general	
<b>Otros usos del producto:</b> Elaboración de jugos, sopas, cremas y decoración.	
<b>Método de almacenaje y distribución:</b> Refrigeración (4°C)	
<b>Información sobre la vida de anaquel/trazabilidad:</b> 3-7 días; aa/mm/dd/lote/turno	
<b>Información técnica del producto</b>	
<b>Conservadores:</b> N/A	
<b>Actividad del agua (Aw)*:</b> 0.95- 1.00 (lechugas, berros y hortalizas)	
<b>pH: **</b> 5.5-6.8 (espinaca), 5.8-6.0 (lechuga), 5.88-6.18 (berros)	
<b>Requerimientos de empaque:</b> Película de polipropileno	
<b>Información sobre la inocuidad alimentaria</b>	
<b>Potencial del mal uso por el consumidor/cliente:</b> Ninguno	
<b>Peligros inherentes al producto/proceso:</b> Patógenos	
<b>Medidas de control correspondientes:</b> Programa de prerrequisitos	
<b>Firma oficial:</b> Comercializadora de hortalizas	<b>Título:</b> Gerente de planta
<b>Fecha:</b> enero 2023	

Fuente: \*Cardona, 2019; \*\*food tech, 2023

## 12. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE LA INOCUIDAD EN EL MANEJO DE LECHUGA MÍNIMAMENTE PROCESADA

Los análisis de riesgo son una herramienta para determinar cualitativa y/o cuantitativamente la probabilidad de que un peligro ocurra, generalmente la estimativa del riesgo es determinada a través de datos epidemiológicos y bibliografía (PHAO, 2017). En la Tabla 12, se presenta Criterios de evaluación de riesgos elaborada para el análisis de las tres hortalizas estudiadas, la cual consta de criterios de evaluación, los cuáles fueron programados en una hoja de cálculo para detectar la gravedad y la probabilidad del riesgo.

**Tabla 12. Criterios de evaluación de riesgos**

Criterios de evaluación			LEYENDA				
			GRAVEDAD (IMPACTO)				
			MUY BAJO 1	BAJO 2	MEDIO 3	ALTO 4	MUY ALTO 5
PROBABILIDAD	MUY ALTA	5	5	10	15	20	25
	ALTA	4	4	8	12	16	20
	MEDIA	3	3	6	9	12	15
	BAJA	2	2	4	6	8	12
	MUY BAJA	1	1	2	3	4	5

De acuerdo con los colores del semáforo de riesgos:

	Riesgo muy grave, se requieren medidas preventivas urgentes. No es recomendable la iniciación de un proyecto sin aplicar medidas preventivas urgentes y sin acotar sólidamente el riesgo.
	Riesgo muy importante. Medidas preventivas obligatorias. Se debe controlar fuertemente las variables de riesgo
	Riesgo apreciable. Estudiar económicamente, si es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. Si no fuera posible, mantener las variables controladas.
	Riesgo marginal. Se vigilará, aunque no requiere medidas preventivas de partida

Fuente: adaptado de Department of Defense Standard Practice, System Safety, Mil-Std-882e.

Se elaboró el Perfil de Producto terminado, Tabla 11, para identificar las características del producto, se realizó el análisis de peligros de las materias primas utilizadas, en donde, con ayuda de los criterios de evaluación de riesgos se determinó la clasificación del riesgo de cada materia prima y si es crítica o no lo es.

En la Tabla 13 se puede observar que los peligros que presentan los microorganismos patógenos que pudiera contener la lechuga se clasifican como un riesgo muy grave lo que puede impactar en el análisis de peligros del proceso, como se muestra en la Tabla 14.

Con relación al material de empaque se puede observar que las clasificaciones de riesgo de sus peligros no generan el suficiente impacto para no poder obtener un producto inocuo.

En la Tabla 14 se presenta el análisis de peligros del proceso asociado a una lechuga mínimamente procesada, se puede observar los peligros (biológicos, químicos y físicos) en cada etapa del proceso y, de acuerdo con su naturaleza, se determinaron los prerrequisitos que deberían estar implementados para minimizar el riesgo.

Siguiendo esta línea lógica se determinaron los puntos críticos de control del proceso que para el procesamiento de una lechuga mínimamente procesada son los siguientes: Lavado y sanitización y Detección de metal.

Los PPC se encuentran relacionados con peligros biológicos lo que nos está indicando que este es uno de los factores más importantes que se debe cuidar para poder generar hortalizas mínimamente procesadas inocuas, esta determinación se confirma con el análisis anterior (Tabla 13) en la cual se clasificaron a los peligros biológicos como riesgo “muy grave” y de lo cual se analizará más adelante.

Con respecto al segundo PCC, el cuál es referido a la detección de metal el cual debe ser monitoreado ya que en un estudio de la FDA en el que se presentaron 10,923 quejas en un periodo de un año el 25% estuvieron asociadas a la presencia de objetos extraños contenidos en alimentos, estos riesgos se presentan debido a las malas prácticas agrícolas y de manufactura en distintos puntos de la cadena productiva de hortalizas (PAHO, 2021).

**Tabla 13. Análisis de peligros para lechuga mínimamente procesada: materias primas**

Materias primas utilizadas en la planta	Peligros conocidos	Evaluación de riesgos		Valor del riesgo	Clasificación del riesgo	¿Esta es una materia prima crítica? (SÍ / NO)
		Probabilidad	Gravedad			
<b>Lechuga</b>	B: <i>Staphylococcus spp</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>E.coli</i> 0157:H7 <i>Clostridium botulinum</i> <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Aeromonas spp</i>	Alto (4)	Alto (4)	16	Muy grave	Sí
	Q: altas concentraciones de agroquímicos	Baja (2)	Baja (2)	4	Apreciable	No
	F: restos de madera, plástico o vidrios	Baja (2)	Muy baja (1)	2	Marginal	No
<b>Empaque de polipropileno de baja densidad</b>	B: <i>Salmonella spp</i>	Muy bajo (1)	Bajo (2)	2	Marginal	No
	Q: pigmentos químicos en exceso	Muy bajo (1)	Bajo (2)	2	Marginal	No
	F: restos de plástico, metal, cabello, fragmentos de material o envase.	Bajo (2)	Bajo (2)	4	Apreciable	No

Q: Químico, F: Físico y B: Biológico.

Fuente: elaborado a partir de Kader, 2011; FDA, 2021; Rikolto, 2019

**Tabla 14. Análisis de peligros del proceso de una lechuga mínimamente procesada.**

Etapas del Proceso	Identificación de peligros	Programas de apoyo que previenen la introducción de los peligros	Paso de control o eliminación	¿Es el control del paso esencial para la inocuidad?
<b>Cosecha y Recolección</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: altas concentraciones de agroquímicos	BPA	Ninguno	No
	F: pedazos de madera, herramientas de campo	BPA	Ninguno	No
<b>Recepción</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Transporte a planta / recepción y enfriamiento</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Selección, Desojado y Corte</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Lavado y desinfección</b>	B: patógenos (campo y personal) <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp, E.coli 0157:H7, Clostridium botulinum, Listeria monocytogene</i>	BPA, BPH	Lavado y sanitización	<b>Si, PCC #1</b>
	Q: altas y bajas concentraciones de desinfectante	BPM	Control de concentraciones de detergente y enjuague	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Enjuague y Centrifugado</b>	B: patógenos del personal y del equipo, <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp</i>	BPM, POES, BPH	Ninguno	No
	Q: químicos de limpieza	BPM, POES	Ninguno	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Pesado y envasado</b>	B: patógenos del personal y del equipo, <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp</i>	BPM, POES, BPH	Ninguno	No
	Q: químicos de limpieza	BPM, POES	Ninguno	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Detección de metal</b>	B: NA	--	--	No
	Q: NA	--	--	No
	F: metal, varios	BPM	Detección de metal	<b>Si, PCC #2</b>
<b>Almacenado</b>	B: patógenos, plagas	BPM, MIP	Mantener mínimo a 4°C	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No

\*Q: Químico, F: Físico y B: Biológico. \*BPA: buenas prácticas agrícolas. \*BPM: buenas prácticas de manufactura. \*MIP: manejo integral de plagas \*POES: procedimientos operativos estandarizados de saneamiento. elaborado a partir de Kader, 2011; FDA, 2021; Rikolto, 2019

### **13. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE LA INOCUIDAD EN EL MANEJO DE BERROS**

En la Tabla 15, se presenta el análisis de peligros para las materias primas utilizadas en la elaboración de berros mínimamente procesados.

Debido a la naturaleza del producto los peligros asociados a las materias primas empleadas son iguales al caso anterior, lo que nos permite observar que los peligros microbiológicos asociados a los berros y catalogados como riesgo “muy grave” están referidos a la prevención y el saneamiento del agua que son herramientas que deben estar presentes en la producción de cualquier hortaliza pues a través de ellas se conserva la calidad y la seguridad microbiológica de los productos frescos cortados (Kokkinos et al, 2017), sin embargo, estos peligros serán controlados durante el proceso a través de los prerrequisitos.

Para el caso de la segunda materia prima, la cuál es el empaque, la clasificación de sus riesgos de acuerdo con la evaluación de la matriz de riesgos se encuentran como “marginal” y como “apreciable”, lo que nos indica que no es una materia prima crítica.

En la Tabla 16 se presenta el análisis de peligros del proceso de berros mínimamente procesados, en donde se puede observar los puntos críticos de control establecidos, los cuáles son iguales que en el proceso de lechugas mínimamente procesadas.

Se observa que el primer PCC es lavado y sanitización ya que a través de este paso se pretende que la presencia de microorganismos disminuya hasta un nivel aceptable, obteniendo de esta manera berros mínimamente procesados inocuos.

Para el segundo PCC el cuál es la detección de metales se deberá plantear monitoreos continuos al equipo para asegurar el correcto funcionamiento de este.

**Tabla 15. Análisis de peligros para berros mínimamente procesados: materias primas**

Materias primas utilizadas en la planta	Peligros conocidos	Evaluación de riesgos		Valor del riesgo	Clasificación del riesgo	¿Esta es una materia prima crítica? (SÍ / NO)
		Probabilidad	Gravedad			
<b>Berros</b>	B: <i>Staphylococcus spp</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>E.coli</i> 0157:H7 <i>Clostridium botulinum</i> <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Aeromonas spp</i>	Alto (4)	Alto (4)	16	Muy grave	Sí
	Q: altas concentraciones de agroquímicos	Baja (2)	Baja (2)	4	Apreciable	No
	F: restos de madera, plástico o vidrios	Baja (2)	Muy baja (1)	2	Marginal	No
<b>Empaque de polipropileno de baja densidad</b>	B: <i>Salmonella spp</i>	Muy bajo (1)	Bajo (2)	2	Marginal	No
	Q: pigmentos químicos en exceso	Muy bajo (1)	Bajo (2)	2	Marginal	No
	F: restos de plástico, vidrio, metal, cabello, fragmentos de material o envase.	Bajo (2)	Bajo (2)	4	Apreciable	No

Q: Químico, F: Físico y B: Biológico.

Fuente: elaborado a partir de Kader, 2011; FDA, 2021; Rikolto, 2019

**Tabla 16. Análisis de peligros del proceso de berros mínimamente procesados**

Etapas del Proceso	Identificación de peligros	Programas de apoyo que previenen la introducción de los peligros	Paso de control o eliminación	¿Es el control del paso esencial para la inocuidad?
<b>Cosecha y Recolección</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: altas concentraciones de agroquímicos	BPA	Ninguno	No
	F: pedazos de madera, herramientas de campo	BPA	Ninguno	No
<b>Recepción</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Transporte a planta / recepción enfriamiento</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Selección, desojado y corte</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Lavado y desinfección</b>	B: patógenos (campo y personal) <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp, E. coli 0157:H7, Clostridium botulinum, Listeria monocytogene</i>	BPM, BPH	Lavado y sanitización	<b>Si PCC #1 (B)</b>
	Q: altas y bajas concentraciones de desinfectante	BPM	Control de concentraciones de detergente y enjuague	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Enjuague y centrifugado</b>	B: patógenos del personal y del equipo, <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp</i>	BPM, POES, BPH	Ninguno	No
	Q: químicos de limpieza	BPM, POES	Ninguno	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Pesado y envasado</b>	B: patógenos del personal y del equipo, <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp</i>	BPM, POES, BPH	Ninguno	No
	Q: químicos de limpieza	BPM, POES	Ninguno	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Detección de metal</b>	B: NA	--	--	No
	Q: NA	--	--	No
	F: metal, varios	BPM	Detección de metal	<b>Si PCC #2 (F)</b>
<b>Almacenado</b>	B: patógenos, plagas	BPM, MIP	Mínimo a 4°C	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No

\*Q: Químico, F: Físico y B: Biológico. \*BPA: buenas prácticas agrícolas. \*BPM: buenas prácticas de manufactura. \*MIP: manejo integral de plagas \*POES: procedimientos operativos estandarizados de saneamiento. *elaborado a partir de Kader, 2011; FDA, 2021; Rikolto, 2019*

#### **14. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS DE LA INOCUIDAD EN EL MANEJO DE ESPINACAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS**

En la Tabla 17 se presenta el análisis de riesgos elaborado para las materias primas de espinacas mínimamente procesadas.

Al igual que en los dos casos anteriores, los peligros microbiológicos asociados a las espinacas se clasifican como “muy graves” ya que las condiciones microbiológicas con las que llegan las hortalizas frescas a una planta procesadora no son adecuadas, se ha encontrado que este es uno de los factores esenciales para que las hortalizas de hoja entera sean asociadas a brotes de ETA en comparación con otros tipos de alimentos ya que la contaminación se realiza en el entorno previo o posterior de la cosecha. Es común encontrar la presencia de patógenos, siendo el agua de riego contaminada con heces de animales y desechos humanos la mayor ruta posible para que se genere la contaminación. Sin embargo, la escasez de agua, el costo que genera o contar con un suministro inconsistente generalmente conduce a la utilización de agua de poca calidad (Jongman & Korset, 2017).

En la Tabla 18, al igual que en los dos casos anteriores se obtuvieron dos PCC: lavado y desinfectado y detección de metales. Como se observa en la información bibliográfica citada en el presente trabajo a pesar de que las condiciones de cultivo son diferentes para cada hortaliza los peligros físicos, químicos y biológicos que pudieran provocar ETAS son semejantes y pueden presentarse de igual manera en cada hortaliza. Tomando estas semejanzas se puede construir un Plan Maestro de carácter “general” en donde se establezcan los límites críticos, monitoreo, frecuencias, acciones correctivas, etc., que serán pertinentes para asegurar lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas inocuas.

**Tabla 17. Análisis de peligros para espinacas mínimamente procesadas: materias primas**

Materias primas utilizadas en la planta	Peligros conocidos	Evaluación de riesgos		Valor del riesgo	Clasificación del riesgo	¿Esta es una materia prima crítica? (SÍ / NO)
		Probabilidad	Gravedad			
Espinaca	B: <i>Staphylococcus spp</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>E.coli</i> 0157:H7 <i>Clostridium botulinum</i> <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Aeromonas spp</i>	Alto (4)	Alto (4)	16	Muy grave	Sí
	Q: altas concentraciones de agroquímicos	Baja (2)	Baja (2)	4	Apreciable	No
	F: restos de madera, plástico o vidrios	Baja (2)	Muy baja (1)	2	Marginal	No
Empaque de polipropileno de baja densidad	B: <i>Salmonella spp</i>	Muy bajo (1)	Bajo (2)	2	Marginal	No
	Q: pigmentos químicos en exceso	Muy bajo (1)	Bajo (2)	2	Marginal	No
	F: restos de plástico, vidrio, metal, cabello, fragmentos de material o envase.	Bajo (2)	Bajo (2)	4	Apreciable	No

Q: Químico, F: Físico y B: Biológico.

Fuente: elaborado a partir de Kader, 2011; FDA, 2021; Rikolto, 2019

**Tabla 18. Análisis de peligros del proceso de espinacas mínimamente procesados**

<b>Etapas del Proceso</b>	<b>Identificación de peligros</b>	<b>Programas de apoyo que previenen la introducción de los peligros</b>	<b>Paso de control o eliminación</b>	<b>¿Es el control del paso esencial para la inocuidad?</b>
<b>Cosecha y Recolección</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: altas concentraciones de agroquímicos	BPA	Ninguno	No
	F: pedazos de madera, herramientas de campo	BPA	Ninguno	No
<b>Recepción</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Transporte a planta / recepción y enfriamiento</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Selección, desojado y corte</b>	B: patógenos (campo y personal)	BPA, BPH	Ninguno	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No
<b>Lavado y desinfección Envasado</b>	B: patógenos (campo y personal) <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp, E.coli 0157:H7, Clostridium botulinum, Listeria monocytogene</i>	BPM, BPH	Lavado y sanitización	<b>Si PCC #1 (B)</b>
	Q: altas y bajas concentraciones de desinfectante	BPM	Control de concentraciones de detergente y enjuague	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Enjuague y centrifugado</b>	B: patógenos del personal y del equipo, <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp</i>	BPM, POES, BPH	Ninguno	No
	Q: químicos de limpieza	BPM, POES	Ninguno	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Pesado y envasado</b>	B: patógenos del personal y del equipo, <i>Staphylococcus spp, Salmonella spp</i>	BPM, POES, BPH	Ninguno	No
	Q: químicos de limpieza	BPM, POES	Ninguno	No
	F: metal, varios	BPM	--	No
<b>Detección de metal</b>	B: NA	--	--	No
	Q: NA	--	--	No
	F: metal, varios	BPM	Detección de metal	<b>Si PCC #2 (F)</b>
<b>Almacenado</b>	B: patógenos, plagas	BPM, MIP	Mínimo a 4°C	No
	Q: NA	--	--	No
	F: NA	--	--	No

\*Q: Químico, F: Físico y B: Biológico. \*BPA: buenas prácticas agrícolas. \*BPM: buenas prácticas de manufactura. \*MIP: manejo integral de plagas \*POES: procedimientos operativos estandarizados de saneamiento. *elaborado a partir de Kader, 2011; FDA, 2021; Rikolto, 2019*

En la Tabla 19 se presenta el Plan Maestro el cuál puede ser empleado de igual manera en el procesamiento de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas ya que, como se mostró anteriormente, a través de los análisis de peligros de materia prima y proceso los peligros latentes y el tratamiento que se realiza a las tres hortalizas son semejantes, teniendo como consecuencia los mismos puntos críticos de control.

La relevancia de este Plan Maestro es que sintetiza la información que es necesaria para la correcta inspección de los PCC, tales como el establecimiento de los límites críticos, el monitoreo de estos, así como la manera en que se van a monitorear y la frecuencia. Para el caso del primer PCC detectado, los límites críticos se basan en asegurar la correcta concentración de la solución desinfectante que, como se observa en la siguiente tabla, es el paso de control o eliminación del peligro, por lo que los monitoreos, acciones correctivas, verificación y registros se presentan de acuerdo con los requisitos y acciones necesarias para este peligro.

Para el caso del segundo PCC de control detectado el cuál es la detección de metal, se observa el mismo desarrollo de control descrito en el párrafo anterior (establecimiento de límites críticos, monitoreo y frecuencias), el cuál es ajustado a las necesidades del peligro.

Como parte de la elaboración de la guía “general” a continuación se presentan dos ejemplos de formatos de informes de desviación y de orden de acción correctiva que son empleados como medidas de seguimiento y de vigilancia para cualquier incidencia que pueda presentarse durante el proceso y que sean referentes a los Puntos Críticos de Control identificados.

Los formatos que se muestran a continuación en las Tablas 20, 21, 22 y 23 respectivamente serán desarrollados contemplando a manera de ejemplo, una desviación en el PCC de lavado y desinfectado y de detección de metal.

**Tabla 19. Plan maestro para la elaboración de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas**

PCC	Peligro significativo	Límites críticos	Monitoreo	Acción(es) correctiva(s)	Verificación	Registros
Lavado y sanitización	<i>Staphylococcus spp</i> , <i>Salmonella spp</i> , <i>E.coli 0157:H7</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	<p><b>Concentración de hipoclorito de sodio:</b> 100-200 ppm</p> <p><b>*Staphylococcus spp:</b> 100 UFC/g</p> <p><b>*Salmonella spp:</b> ausencia en 25 g de muestra</p> <p><b>*Listeria monocytogenes:</b> ausencia en 25 g</p> <p><b>*E.coli 0157:H7:</b> ausencia en 25 g</p>	<p>¿Qué?: concentración de desinfectante</p> <p>¿Cómo?: a través de tiras reactivas para la determinación de cloro en agua al momento de preparar la solución, muestreo microbiológico</p> <p>Frecuencia: en cada lote de producción</p> <p>¿Quién?: inspector de calidad</p>	<p>Paro de línea y retención de producto hasta último monitoreo satisfactorio</p> <p>Realizar ajuste a la concentración de desinfectante</p> <p>Documentar acción correctiva</p>	<p>Análisis microbiológico de producto terminado al término de cada lote</p> <p>Verificación de concentración (ppm) de cloro al término de la preparación de la solución</p>	<p>Bitácora de análisis microbiológicos de producto terminado</p> <p>Bitácora de preparación y dosificaciones de desinfectante</p> <p>Formato de concentraciones y usos de desinfectantes</p>
Detección de metal	Metal	<p>**&lt; 1.5mm Ferroso</p> <p>**&lt; 2.5mm No-Ferroso</p> <p>**&lt; 3.0mm Acero Inoxidable</p>	<p>¿Qué?: Concentración de desinfectante</p> <p>¿Cómo?: Frecuencia: en cada lote de producción</p> <p>¿Quién?: inspector de calidad</p>	<p>Paro de línea y retención de producto y reparación de equipo.</p> <p>Reprocesar producto detenido</p> <p>Documentar acción correctiva</p>	<p>Calibración diaria del equipo detector de metal</p>	<p>Bitácora de registros de detección de metal</p> <p>Registros de calibración de equipo detector</p>

\*Valores establecidos de acuerdo a la NOM-210-SSA1-2014. Determinación de microorganismos patógenos. \*\*Mejía & García, 2020. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 20. Ejemplo de informe de desviación**

<b>Logo de la empresa</b>	<b>INFORME DE DESVIACIÓN SISTEMA HACCP</b>	
<b>Fecha:</b> 20 de agosto 2023	<b>Punto crítico de control:</b> lavado y sanitización	
<b>Ubicación:</b> área de lavado	<b>Equipo:</b> lavador industrial de vegetales	
<b>Rango especificado:</b> 100-200 mg/kg	<b>Nivel real:</b> 60 mg/kg	
<b>Antecedentes:</b> No se cuentan con antecedentes		
<b>Acción correctiva actual:</b> Se realizó un paro de línea, se retuvo el producto del último lote que es el que se lavó con una concentración baja de desinfectante y se procedió a relavar con agua a la concentración correcta.		
<b>Acción correctiva futura:</b> monitorear la concentración de agua con desinfectante al momento de su preparación y durante cada lote.		
<b>Disposición de la producción:</b> Una vez que el producto fue relavado se liberó		

Fuente: elaboración propia

**Tabla 21. Ejemplo de orden de acción correctiva en línea de producción**

<b>Logo de la empresa</b>	<b>ORDEN DE ACCIÓN CORRECTIVA</b>		
<b>Problema:</b> concentración baja de la solución desinfectante	<b>X</b>	<b>Mayor</b>	<b>Menor</b>
<b>Acción temporal tomada:</b> paro de línea, retención de producto correspondiente al último lote, relavado de producto con concentración de desinfectante correcta.			
<b>Acción correctiva a largo plazo:</b> monitoreo de la concentración de la solución al momento de su preparación y al comenzar el lavado de un nuevo lote en el formato correspondiente			
<b>Asignada a / fecha de entrega:</b> inspector de calidad / monitoreo permanente			
<b>Preparado por:</b> Inspector de calidad	<b>Fecha:</b> 20 agosto 2023		
<b>Revisado por:</b> supervisor de calidad e inocuidad	<b>Fecha:</b> 20 agosto 2023		
¿La acción correctiva fue efectiva?: Si, fue efectiva			
<b>Comentarios:</b> sin comentarios			
<b>Acción correctiva:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Abierta</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Cerrada</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 22. Ejemplo de orden de acción correctiva en producto terminado y almacenado**

<b>Logo de la empresa</b>	<b>ORDEN DE ACCIÓN CORRECTIVA</b>		
<b>Fecha de notificación: 20 de septiembre del 2023</b>			
<b>Problema:</b> identificación de presencia de microorganismos patógenos en producto empacado y almacenado en planta a través de análisis microbiológicos de rutina		<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Mayor</b> <b>Menor</b>
<b>Acción temporal tomada:</b> identificación del producto con el lote correspondiente al problema y almacenar en zona de cuarentena para posteriormente someter el lote a reproceso (relavado) para comercializar nuevamente.			
<b>Acción correctiva a largo plazo:</b> elaboración de una bitácora de análisis microbiológicos para lotes reprocesados con el fin de asegurar la inocuidad del producto, inspeccionar continuamente la concentración de desinfectante utilizada, así como los formatos de revisión de lavado y desinfectado de hortalizas.			
<b>Disposición de la producción:</b> Una vez que el producto fue relavado se liberó			
<b>Asignada a / fecha de entrega:</b> inspector de calidad / monitoreo permanente			
<b>Preparado por:</b> Inspector de calidad		<b>Fecha:</b> 20 julio 2023	
<b>Revisado por:</b> supervisor de calidad e inocuidad		<b>Fecha:</b> 21 julio 2023	
<b>¿La acción correctiva fue efectiva?:</b> Si, fue efectiva			
<b>Comentarios:</b> se realiza hincapié sobre las buenas prácticas de higiene a los colaboradores			
<b>Acción correctiva:</b>		<input type="checkbox"/>	<b>Abierta</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Cerrada</b>

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Ejemplo de orden de acción correctiva derivada de la queja de clientes

Logo de la empresa	<b>ORDEN DE ACCIÓN CORRECTIVA</b>	
<b>Fecha de notificación: 20 de octubre del 2023</b>		
<b>Problema:</b> se reporta por parte de dos clientes que al momento de estar consumiendo su producto detectaron un trozo de metal, el cuál estuvieron a punto de ingerir. El producto pertenecía al mismo lote en ambos casos		
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Mayor</b>	<b>Menor</b>
<b>Acción temporal tomada:</b> interrumpir la distribución del lote del producto, retirar el lote de los puntos de venta en donde ya se haya distribuido, realizar la trazabilidad del lote del producto y emitir una alerta sanitaria con la entidad gubernamental indicada.		
<b>Acción correctiva a largo plazo:</b> mantenimiento preventivo al equipo detector de metal, revisión de los formatos de detección de metal		
<b>Disposición de la producción:</b> el producto será puesto en cuarentena y será desechado		
<b>Asignada a / fecha de entrega:</b> inspector de calidad / monitoreo permanente		
<b>Preparado por:</b>	Inspector de calidad	<b>Fecha:</b> 20 octubre 2023
<b>Revisado por:</b>	supervisor de calidad e inocuidad	<b>Fecha:</b> 21 octubre 2023
<b>¿La acción correctiva fue efectiva?:</b> Si, fue efectiva		
<b>Comentarios:</b> sin comentarios		
<b>Acción correctiva:</b>	<input type="checkbox"/> <b>Abierta</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Cerrada</b>

Fuente: elaboración propia

## 15. DISCUSIÓN GENERAL

Como primer resultado se obtuvieron los aspectos destacados del análisis PESTEL, los cuales son el legal, social, económico y político, este análisis para comprender el contexto de una organización es funcional, ya que se identifican las oportunidades y las amenazas para el logro de una meta en una organización. La mayoría de las cadenas de suministro generan la meta de superar límites y barreras nacionales, todo esto con ayuda de las mejoras tecnológicas, tal como es el caso de México y, como se mencionó anteriormente, los principales destinos comerciales de las lechugas y las espinacas son Estados Unidos y Canadá, sin embargo, lo anterior genera un mayor riesgo en la inocuidad de los alimentos, ya que estos sufren transformaciones y un transporte más largo, por lo que estas tendencias aúnan marcos regulatorios, tecnológicos, ambientales, etc., con el fin de no generar repercusiones de inocuidad en los alimentos en el otro extremo de la cadena de suministros (Henson & Humphrey, 2009).

El análisis el perfil del producto terminado es útil para poder categorizar o agrupar al producto (FAO, 2005), el valor de la actividad de agua presentada (aw) es referida al agua que no se encuentra unida a los alimentos y que por lo tanto se encuentra con disponibilidad de ser utilizada por microorganismos, así como el valor de pH, el cuál es un factor determinante para el crecimiento y supervivencia de los mismos, todo esto nos indica las condiciones y resguardo que debe tener un producto (Chapman & Sain, 2017).

Por otro lado, para la elaboración del diagrama de proceso se determinó que se estableciera de forma general ya que a pesar de que existe una diferencia entre los requerimientos nutrimentales y climáticos de cada hortaliza, al llegar a una planta procesadora el tratamiento operativo que se le realizará a cada hortaliza es el mismo pues se trata de alimentos mínimamente procesados.

La implementación de las matrices de riesgo como herramienta para la gestión de estos es muy viable ya que pueden ser utilizadas, creadas y adaptadas a las necesidades de cualquier distribuidora de hortalizas frescas o procesadora de

alimentos en general. A través de ellas se puede recopilar información para la detección oportuna de riesgos, esto mediante el análisis de las posibles entradas de los diversos peligros (químicos, físicos y biológicos) durante la elaboración de los alimentos (Franz, 2018). Esta herramienta se utilizó para clasificar los riesgos contenidos en las materias primas empleadas en el procesamiento de cada hortaliza estudiada. Para los tres casos y de acuerdo con la matriz, se determinó que para cada hortaliza los riesgos “muy graves” se asociaron a los peligros biológicos, esto se debe a que los procesamiento previos que tiene la hortaliza no se realizan bajo estándares de inocuidad, tal es el caso del agua de riego utilizada, el cuál es un factor determinante para desencadenar la formación de peligros biológicos debido a que en la agricultura comercial y en pequeña escala es común la utilización de agua proveniente de arroyos, lagos, aguas subterráneas y de preseas que no son acreedoras de los estándares de calidad deseados para el riego y, en ciertos casos, la utilización de aguas residuales se debe a su bajo costo, sin embargo, sus características microbiológicas pueden introducir patógenos a los productos agrícolas (Douti et al, 2021), tales como *Salmonella spp* así como *E. coli O157:H7* (Jongman & Korsten, 2018).

En las Tablas 14, 16 y 18 se identifican dos Puntos Críticos de Control del proceso. Este primer punto está referido al lavado y desinfectado ya que las lechugas, los berros y las espinacas podrían contener contaminantes patógenos superficiales que pueden ser capaces de sobrevivir en las superficies de alimentos hasta el punto donde sean capaces de crecer y colonizar. La etapa del proceso mencionada tiene como objetivo la reducción de los restos de suciedad y de contaminantes patógenos y al tener este tipo de alimentos la característica de la ausencia de un tratamiento térmico durante su elaboración el correcto lavado y desinfectado son fundamentales para garantizar la inocuidad (Cuggino et al, 2018).

El segundo PCC de control identificado se trata de la detección de metal, la PAHO indica que estos peligros son el resultado de prácticas o controles deficientes durante el proceso y que estos pueden causar enfermedades o lesiones tales como cortes en la boca, garganta, dientes y lesiones gastrointestinales (PAHO, 2023).

Para el tratamiento de la información anterior y, en especial de los PCC detectados, se elaboró un Plan Maestro, en el cual se estableció que la concentración del hipoclorito de sodio empleado como desinfectante debe ser monitoreado constantemente y registrado en la documentación pertinente, ya que si el proceso de desinfección no es el correcto, es decir, si se emplea una concentración baja existe el riesgo de que las células de los microorganismos, al no ser controlados adecuadamente, puedan proliferar cuando el producto ya ha sido envasado y se encuentran en algún punto de venta provocando un riesgo en la salud de los consumidores (Kwak et al, 2013).

Para el segundo PCC de control se establecieron los milímetros de metal que puedan ser detectados por un equipo con el fin de que estos peligros no lleguen al consumidor final, es por ello que la calibración del equipo detector es fundamental para que la detección sea oportuna.

Se debe establecer y aplicar un límite crítico de concentración de sustancias químicas, ausencia, presencia o cantidades aceptable de microorganismos o sustancias biológicas y materiales físicos, cuando existe una evidencia (científica o epidemiológica) que demuestra que el alimento puede presentar un riesgo en la salud y como resultado de un análisis de riesgos (Cuggino et al, 2018).

Como se observa anteriormente en las gráficas de ventas internacionales de lechuga (figura 3) y espinaca (figura 6) la implementación de medidas que generen hortalizas inocuas de gran consumo es una necesidad ya que en las tablas 7 y 8 se pueden observar diversos brotes de ETAS asociados a dichas hortalizas. Para el caso específico del berro no se identificaron más brotes del que es reportado por la BBC, sin embargo, el microorganismo que indican es asociado a los berros (*E.coli* O157:H7) también ha sido asociado a lechugas y espinacas por lo que los berros al ser un producto que se comercializa de igual manera como mínimamente procesado de acuerdo con la información recabada se debe tener el mismo cuidado en su procesamiento.

En los formatos elaborados a manera de ejemplo (Tablas 20, 21, 22 y 23) se describen las acciones correctivas inmediatas a seguir para una incidencia de los

puntos críticos detectados. Para ambos puntos críticos de control estas acciones se fundamentan en la contención del producto no inocuo y la implementación de medidas que, a través de un reproceso, lo vuelvan inocuo, o de ser el caso, contener el producto para desecharlo. Para este proyecto en específico estas acciones son: mediciones de concentración de desinfectante, calibración y monitoreo de instrumentos detectores de metal y generación de bitácora para la inspección microbiológica de productos en reproceso.

## CONCLUSIONES

Se generó un análisis PESTEL en el cual se determinó que los factores de riesgo que intervienen en la obtención de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesadas inocuas y los cuáles son: el político, económico, social y legal.

Los Puntos Críticos de Control en el manejo de lechugas, berros y espinacas mínimamente procesados fueron los siguientes:

- Lavado y desinfectado: correspondiente al control de las concentraciones de desinfectante empleado durante el lavado y desinfección de las hortalizas para evitar la presencia de microorganismos patógenos en el producto terminado.
- Detector de metales: metales presenten en el producto terminado.

El presente trabajo puede ser aplicado no solo a hortalizas mínimamente procesadas de mayor consumo como lo son la lechuga y las espinacas si no también puede ser aplicado a hortalizas mínimamente procesadas de menor consumo como es el caso del berro o alguna otra hortaliza de hoja verde, con el objetivo de producir alimentos inocuos, cumpliendo así el objetivo de establecer una propuesta para la aplicación de la gestión de riesgos que puede ser aplicada a hortalizas de hoja mínimamente procesadas.

## REFERENCIAS

- Acosta, J., Ladrón, V. Quiñones, E., Quiróz, C., Pimentel, L. (2004). Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*. Volumen 5 Número 7 ISSN: 1067-6079
- Ajay V. Chinchkar, Anurag Singh, Veer Singh, S., Mukundrao Acharya, A. y Meenatai G. Kamble. (2022). Sanitizantes y desinfectantes potenciales para frutas y verduras frescas: una revisión exhaustiva. *Revista de Procesamiento y Conservación de Alimentos*, 46 (10), e16495. <https://doi.org/pbidi.unam.mx:2443/10.1111/jfpp.16495>
- Alegre Vilas, I., Abadias Seró, M., Colás Medà, P., Collazo Cordero, C. y Viñas Almenar, I. (2020). Bioconservación frente a patógenos de transmisión alimentaria en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. *Arbor*, 196 (795): a543. <https://doi.org/10.3989/arbor.2020.795n1007>
- Altamirano, C. (2014). Refrigeración y congelación como prerrequisito para la implementación del sistema HACCP. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Recuperado el 22 de octubre del 2023 en <http://132.248.9.195/ptd2014/marzo/0710917/Index.html>
- Arias, L., Espinosa, L., Fuentes, L., Garzón, C. Gil, R., Jiménez, J., Niño, N., Rodríguez, M. (2010). El cultivo de la espinaca y su manejo fitosanitario en Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano, p.16.
- Avendaño, B., Lugo, S., Mungaray, A y Schwentesius, R. (2006). La inocuidad alimentaria en México. Las hortalizas frescas de importación. Mexicali, Baja California, México. Miguel Ángel Porrúa. (p. 5-6)
- Avendaño, B., Schwentesius, R., Lugo, S. (2007). La inocuidad alimentaria en la exportación de hortalizas mexicanas a Estados Unidos. *Comercio exterior*, 57(1), (7-18)
- Barnes, J., Whiley, H., Ross, K., & Smith, J. (2022). Defining Food Safety Inspection. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 789. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020789>

- BBC NEWS. (2013). Los berros retirados del mercado Sainsbury's procedían de granjas del reino unido. Recuperado el 16 de octubre del 2023 en <https://www.bbc.com/news/uk-england-hampshire-24082128>
- Berro (*Nasturtium officinale*). Recuperado el 10 de octubre del 2021 en <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3233716>
- Carrasco, G., Sandoval, C. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga. Madrid, España. Mundi- Prensa, p. 3, 16.
- Castro, J., Gómez, A., Noguera, Y., Rojas, M., Santos, E., Zúñiga, A. (2006). Calidad sanitaria de ensaladas de verduras crudas, listas para su consumo. Industria alimentaria. Alfa editores técnicos, p. 9-10.
- CDC (2023). Lechuga, otras verduras de hoja verde y seguridad de los alimentos. Recuperado el 16 de octubre del 2023 en <https://www.cdc.gov/foodsafety/es/communication/leafy-greens.html#:~:text=Entre%20el%202014%20y%20el,hoja%20verde%20durante%20este%20periodo>
- Cervantes, C., Espinosa, R., Hernández, C., Hernández, O., Illescas, I., Rosas, M. (2009). Inocuidad alimentaria asegurada a través de las Buenas Prácticas Ganaderas. Rev Med UV. 2009;9(Suppl: 1):54-56.
- CEDRSSA (2020). Análisis de la producción y consumo de hortalizas. Recuperado el 5 de junio del 2022 en [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/88Ana%CC%81lisis\\_produccio%CC%81n\\_consumo\\_hortalizas.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/88Ana%CC%81lisis_produccio%CC%81n_consumo_hortalizas.pdf)
- Chapman, B., Sain, A. (2017). Identificación de peligros y riesgos para la seguridad alimentaria en los mercados de agricultores. En: Harrison, J. (eds) Seguridad alimentaria para los mercados de agricultores: una guía para mejorar la seguridad de los alimentos locales. Microbiología de los alimentos y seguridad alimentaria (). Springer, Cham. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-66689-1\\_9](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-66689-1_9)
- CIAD (2002). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, 6. Recuperado el 25 de septiembre del 2021 en

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120191/Manual\\_de\\_Buenas\\_Practicas\\_Agricolas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120191/Manual_de_Buenas_Practicas_Agricolas.pdf)

CIGITOX. (2021). Centro de investigación, gestión e información toxicológica.

Boletín de realidades del dióxido de cloro. Recuperado el 3 de octubre del 2023 en <http://www.cigitox.unal.edu.co/boletines/Boletin4-dioxido-de-cloro.pdf>

COFEPRIS. (2016). Preguntas frecuentes sobre la certificación de alimentos.

Recuperado el 28 de agosto del 2023 en

<https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/preguntas-frecuentes-sobre-la-certificacion-de-alimentos#:~:text=S%C3%AD%2C%20dado%20que%20el%20SRRC,de%20alimentos%20para%20consumo%20humano.>

Coll-Hurtado, A. y M. de L. Godínez Calderón (2003), La agricultura en México: un atlas en blanco y negro, Colec. Temas Selectos de Geografía de México (I.5.4), Instituto de Geografía, UNAM, México, 152 p.

Coutiño, E., Pérez, R. (2007). Los compuestos de plata y la salud. *Altepepaktli: salud de la comunidad, Vol. 3 (5).* 29-38.

Cuggino, SG, Pérez Agostini, A., Kopp, S., Novo, R. (2018). Quality and Safety Management Systems in the Production of Vegetables. In: Pérez-Rodríguez, F., Skandamis, P., Valdramidis, V. (eds) Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Plant Industry. Food Microbiology and Food Safety. Springer, Cham. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-68177-1\\_2](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-68177-1_2)

Department of Defense Standard Practice, System Safety, MIL-STD-882E. (2012). Recuperado el 30 de junio del 2023 en <https://www.dau.edu/cop/armyesh/DAU%20Sponsored%20Documents/MIL-STD-882E.pdf>

Douti, N. B.; Amuah, E. E. Y.; Abanyie, S. K.; Amanin-Ennin, P (2021). Irrigation water quality and its impact on the physicochemical and microbiological contamination of vegetables produced from market gardening: a case of the

- Veja Irrigation Dam, U. E. R., Ghana. Journal of Water and Health; Vol. 19 (2). 203-215. 13p.
- Ema. (2021). Organización internacional de normalización (ISO). Recuperado el 04 de octubre del 2021 en [https://www.ema.org.mx/portal\\_v3/index.php/iso-casco](https://www.ema.org.mx/portal_v3/index.php/iso-casco)
- Espinaca (***Spinacia oleracea***). Recuperado el 11 de octubre del 2021 en <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7440982>
- Escaff, M., Giaconi, V. (1998). Cultivo de Hortalizas. Santiago de Chile. Ed. Universitaria, p. 189.
- Estrada, I., Vallejo, A. (2004). Cap. 9 El cultivo de la lechuga. En la Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, p. 315.
- FAO. (2007). Aplicación de programas para el mejoramiento de la calidad e inocuidad en la cadena de suministro de frutas y hortalizas: beneficios y desventajas. Estudio de casos de América Latina. Recuperado el 29 de agosto de 2021, de <http://www.fao.org/3/a1505s/a1505s00.pdf>.
- FAO. (2015). CODEX ALIMENTARIUS. Higiene de los alimentos. Textos básicos. Roma, 2da edición. Recuperado el 02 de octubre del 2021 en <http://www.fao.org/3/y1579s/y1579s00.htm>
- FAO. (2021). Codex Alimentarius. Normas Internacionales de los alimentos. Consultado el 03-04-2022 en <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/home/es/>
- FAO. (2009). Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico. Estudios de casos en Costa Rica, El salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Recuperado el 03 de octubre del 2023 en <https://www.fao.org/3/i0480s/i0480s.pdf>
- FAO. (1997). Higiene de los alimentos. Textos básicos. Segunda edición. Roma. Recuperado el 27 de septiembre del 2021 en <https://www.fao.org/3/Y1579S/y1579s00.htm>

- FAO. (2005). Higiene de los alimentos. Textos básicos. Tercera edición. Roma. Recuperado el 25 de agosto del 2023 en <https://www.fao.org/3/y5307s/y5307s00.htm#Contents>
- FAO. (2004). Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos en “Consulta de expertos de la FAO sobre la inocuidad de los alimentos: Ciencia y Ética”. Recuperado el 24 de septiembre del 2021 en <https://www.fao.org/3/j0776s/j0776s00.htm#Contents>
- FAO. (2004). Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las Frutas y Hortalizas frescas: un enfoque práctico para multiplicadores. Recuperado el 03 de septiembre de 2021, en <http://www.fao.org/3/y5488s/y5488s00.htm#Contents>
- FAO. (2017). Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas (CXC 53-2003). Recuperado el 6 de septiembre de 2021, en [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B53-2003%252FCXC\\_053s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B53-2003%252FCXC_053s.pdf)
- FAO. (2003). Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de micotoxinas. Apéndice IV. Ejemplo de un árbol de decisiones para identificar los PCC. Recuperado el 20 de enero del 2023, en <https://www.fao.org/3/y1390s/y1390s0g.htm>
- FAO. (2023). Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA) Centroamérica. Recuperado el 28 de septiembre del 2023, en <https://www.fao.org/in-action/pesa-centroamerica/temas/conceptos-basicos/es/>
- FAO. (2023). Buenas Prácticas Agrícolas. Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. Recuperado el 28 de septiembre del 2023 en [https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1600644/#:~:text=Las%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20\(bpa,pe%C3%ADngros%20qu%C3%ADmicos%2C%20f%C3%ADsicos%20y%20microbiol%C3%B3gicos](https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1600644/#:~:text=Las%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20(bpa,pe%C3%ADngros%20qu%C3%ADmicos%2C%20f%C3%ADsicos%20y%20microbiol%C3%B3gicos)

- FDA. (2021). Investigación del brote de E. coli O157:H7- Espinacas (noviembre del 2021). Recuperado el 16 de octubre del 2023 en <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-o157h7-spinach-november-2021>
- FDA. (2023). Retiros del mercado y alertas de seguridad. Recuperado el 17 de octubre del 2023 en <https://www.fda.gov/safety/recalls-market-withdrawals-safety-alerts>
- Fernández, Z. (2010). Evaluación de la calidad sanitaria y nutrimental de lechuga (*Lactuca sativa*) cultivada con distintas aguas de riego. Tesis de licenciatura. Facultad de química. UNAM.
- Finger, J. de AFF, Costa, DA, Alves, VF, Baroni, WSGV, Malheiros, P. da S., Alves, EA, Maffei, DF, & Pinto, UM (2023). Verduras mínimamente procesadas: perfil del consumidor, hábitos de consumo y percepciones de riesgo microbiológico. *Tendencias de protección alimentaria*, 43 (2), 167–178. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.4315/FPT-22-027>
- Franz, E. (2018). Quantification of risks to human health associated with microbiological contamination of fresh vegetables. In: Pérez-Rodríguez, F., Skandamis, P., Valdramidis, V. (eds) *Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Plant Industry*. Food Microbiology and Food Safety. Springer, Cham. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-68177-1\\_7](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-68177-1_7)
- Gehring, KB, Kirkpatrick, R. (2020). Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC). En: Demirci, A., Feng, H., Krishnamurthy, K. (eds) *Ingeniería de Seguridad Alimentaria. Serie Ingeniería de Alimentos*. Springer, Cham. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-030-42660-6\\_8](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-030-42660-6_8)
- GFSI. (2019). Alimentos inocuos para los consumidores en todas partes. PDF. Recuperado el 05-04-2022 en [https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/GFSI-General-Presentation\\_SP.pdf](https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/GFSI-General-Presentation_SP.pdf)

- Henson, S. Humpher, J. (2009). Los efectos de las normas privadas relativas a la inocuidad alimentaria en la cadena alimentaria y en los procesos normativos públicos. Documento elaborado para la FAO y la OMS. Recuperado el 29 de agosto del 2023 en <https://www.fao.org/3/i1132s/i1132s.pdf>
- ICAMEX. Secretaría del campo. Cultivo de lechuga. Recuperado el 23 de agosto del 2021, en <https://icamex.edomex.gob.mx/lechuga>.
- ISO. (2021). Sobre nosotros. Recuperado el 11 de octubre del 2021 en <https://www.iso.org/about-us.html>
- ISO 22000 (2018). Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria. Norma internacional. Segunda edición, Suiza.
- Jongman, M. y Korsten, L. (2017). Evaluación de la calidad del agua de riego y la seguridad microbiológica de hortalizas de hoja verde en diferentes sistemas de producción. *Revista de Seguridad Alimentaria*, 37 (3), e12324. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1111/jfs.12324>. Último acceso el 7 de agosto del 2023.
- Jongman, M., & Korsten, L. (2018). Irrigation water quality and microbial safety of leafy greens in different vegetable production systems: a review. *Food Reviews International*, 34(4), 308–328. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1080/87559129.2017.1289385>
- Kader, A. (2011). Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. UCANR Publications, p. 342-343.
- Kohl, H. (2020). Industry-Specific Standards for Management Systems. In: Standards for Management Systems. Management for Professionals. Springer, Cham. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-030-35832-7\\_3](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-030-35832-7_3)
- Kokkinos, P., Kozyra, L., Lazic, S., Söderberg, K., Vasickova, P., Bouwknecht, M., Rutjes, S., Willems, K., Moloney, R., AM de Roda Husman., Kaupke, A., Legaki, E., D'Agostino, M., Cook, N., C.-H. von Bonsdorff., Rzezutka, A., Petrovic, T., Maunula, L., Pavlik, I., Vantarakis, A. (2017). Virological quality or irrigation water in green leafy vegetables and red fruit production chains. *Food Environ Virol* 9, 72-78. Disponible en <https://doi->

org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s12560-016-9264-2 último acceso el 6 de diciembre del 2021

Kwak, SJ, Jo, HJ y Yoon, KS Efecto del estrés inducido por el desinfectante con hipoclorito de sodio (NaClO) sobre la cinética de crecimiento y los cambios morfológicos en las esporas de *Escherichia coli* y *Bacillus cereus* . *Food Sci Biotechnol* 23, 815–821 (2014). <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s10068-014-0110-8>

Lechuga (*Lactuca sativa* L). Recuperado el 10 de octubre del 2021 en <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=642664>

Leyva-Vázquez, M & Smarandache, F. (2019). Neutrosophic Computing and Machine Learning (NCML): An International Book Series in Information Science and Engineering. Infinite Study. Recuperado el 3 de septiembre 2022 [https://books.google.com.mx/books?id=ytcxEAAAQBAJ&dq=an%C3%A1lisis+pestel&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.mx/books?id=ytcxEAAAQBAJ&dq=an%C3%A1lisis+pestel&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

Lugo, Y., Urzua, E. (2017). Inocuidad alimentaria en el mercado. Inocuidad y Trazabilidad en los alimentos mexicanos. CIATEJ. Recuperado el 30 de agosto 2021 en [https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_5c9cee7713603.pdf](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5c9cee7713603.pdf).

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF). Artículo 39. (1976). Recuperado el 5 de octubre del 2023 en <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LOAPF.pdf>

López, G. (2012). *Guía para elaborar un manual sobre la fisiología de la higiene y la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos mediante factor humano*. Trabajo monográfico de actualización. Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Lorente, S. (2015). UF1355 – Supervisión de las operaciones preliminares y técnicas de manipulación. (2015). España: Editorial Elearning, S.L.. Recuperado el 03 de octubre del 2023 en [ooks.google.com.mx/books?id=b3TaEAAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&pg=PT43&dq=uso+del+dióxido+de+cloro+en+alimentos&hl=es&source](https://books.google.com.mx/books?id=b3TaEAAAQBAJ&newbks=0&printsec=frontcover&pg=PT43&dq=uso+del+dióxido+de+cloro+en+alimentos&hl=es&source)

=newbks\_fb&redir\_esc=y#v=onpage&q=uso%20del%20dióxido%20de%20cloro%20en%20alimentos&f=false

- Martínez-Martínez, T., Gallardo, A., García, C. (2018). Inocuidad en el manejo de productos hortofrutícolas. *Agro Productividad*, 6(1).
- Medellín, M., Perdomo, F., Rodríguez, M., Saldarriaga, H., Sotelo, H., Villegas, O. (2020). PRODUCCIÓN DE BERRO EN CUAUTLA, MORELOS, MÉXICO. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 43 (4-A): 543 – 548
- Medellín, M. (2021). Caracterización agronómica del berro (*Nasturtium officinale* R. Br.) y respuesta a diferentes soluciones nutritivas en un sistema hidropónico. Tesis de doctorado en ciencias agropecuarias y desarrollo rural. Facultad de ciencias agropecuarias. UAEM. Consultado el 9 de marzo del 2022 en <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2002/MEMMXG00T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mena, M. (2014). Prerrequisitos y sistema HACCP en la industria alimentaria. [Memoria trabajo de fin de grado. Universidad de Valladolid]. Recuperado el 22 de octubre del 2023 en <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/7187/TFG-M-N155.pdf;jsessionid=42198D36A56D57569F3226D5402F5AE1?sequence=1>
- Mercado, C. (2007). Los ámbitos normativos, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria: una visión integral. *Agroalimentaria*, 24, (119-131)
- Mejía, Y., García, R. (2020). Validación del proceso de detección de metales en la línea de queso blanco en una compañía lechera. Tesis de Especialidad. Colombia. Recuperado el 22 de agosto del 2023 en [https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3145/Mejia\\_Garc%C3%ADa\\_2020.pdf?sequence=4](https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3145/Mejia_Garc%C3%ADa_2020.pdf?sequence=4)
- Mortimore, S., & Wallace, C. (2015). *HACCP: a food industry briefing* (Second edition). Wiley Blackwell.
- Muñoz, L. & Torres, D. (2023). Verduras al instante: “De la huerta a tu mesa” [Tesis de Maestría]. Recuperado el 30 de septiembre del 2023 en

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/193397/Tesis%20-%20Lissette%20Mu%C3%B1oz%20-%20Parte%20I..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- NQA. (2018). ISO 22000:2018 GUÍA DE IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA. Recuperado el 03 de octubre del 2021 en <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFS%20and%20PDFs/NQA-ISO-22000-Guia-de-implantacion.pdf>
- OPS. (2023). Enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA). Recuperado el 16 de octubre del 2023 en [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0)
- PAHO. (2019). 3. Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). Recuperado el 02 de octubre del 2021 en <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2017/food-safety-hacpp-cha-analisis-peligros-puntos-criticos-control.pdf>
- PAHO. (2023). Inocuidad en alimentos. Peligros físicos. Recuperado el 25 de agosto del 2023 en [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10885:2015-peligros-fisicos&Itemid=0&lang=en#gsc.tab=0](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10885:2015-peligros-fisicos&Itemid=0&lang=en#gsc.tab=0)
- PAHO. (2022). Enfermedades transmitidas por alimentos. Recuperado el 4 de Septiembre de 2021, en <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>
- Panorama Agroalimentario 2020. SIAP. Recuperado el 23 de Agosto de 2021 en [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020)
- Pérez-Rodríguez F., Skandamis P., Valdramidis V. (2018) Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Vegetable Industry. In: Pérez-Rodríguez F., Skandamis P., Valdramidis V. (eds) Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Vegetable Industry. Food Microbiology and Food Safety.

Springer, Cham. [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-68177-1\\_1](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/978-3-319-68177-1_1)

Rasgado, S. (2014). Alimentos vegetales mínimamente procesados (IV gama) una revisión con enfoque tecnológico y de prevención de las Enfermedades transmitidas por alimentos. Trabajo monográfico de actualización. Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Representación Agricultura Nayarit. (2018). Regulación Sanitaria de la SAGARPA/SENASICA. Recuperado el 26 de septiembre del 2023 en <https://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/regulacion-sanitaria-de-la-sagarpa-senasica?idiom=es#:~:text=La%20SENASICA%20cuenta%20con%20un,se%20requiere%20para%20la%20salud.>

Rikolto en Latinoamérica (2019). Producción de lechugas con buenas prácticas agrícolas. Guía técnica No. 2. En Proyecto de gestión del conocimiento para la producción sostenible de hortalizas en Nicaragua, Honduras y Guatemala. Recuperado el 7 de octubre del 2021 en [https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia\\_de\\_lechuga.pdf](https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_de_lechuga.pdf)

SADER (2016). Mitos y realidades de la espinaca. Recuperado el 21 de septiembre del 2021 en <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mitos-y-realidades-de-la-espinaca>

SADER (2022). PRODUCCIÓN DE ESPINACA recuperado el 20-02-2022 en <https://www.gob.mx/agricultura/bajacalifornia/articulos/sembradas-10-mil-870-hectareas-con-hortalizas-en-el-valle-de-mexicali?idiom=es>

Saavedra del R, Gabriel, Blanco M, Carlos, Pino Q, María Teresa y Aspe D, Cristian (2011) *Hortalizas saludables: El Berro*. Tierra Adentro. no. 95. Recuperado el 15 de noviembre 2021 en <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/5253>

Secretaría de Economía. (2023). Hortalizas, Plantas, Raíces y Tubérculos Alimenticios. Recuperado el 01 de octubre del 2023 en <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/vegetables->



- Shingai P. Nyarugwe, Anita R. Linnemann, Pieter A. Luning (2020). Prevailing food safety culture in companies operating in a transition economy - Does product riskiness matter? *Food Control*, Volume 107, 106803-106803.
- SIAP. (2019). Espinaca. Recuperado el 4 de septiembre de 2021 en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/501233/Espinaca\\_compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/501233/Espinaca_compressed.pdf)
- SIAP (2018). Lactuca sativa: tipos y variedades que se producen En México. Recuperado el 21 de septiembre del 2021 en <https://www.gob.mx/siap/articulos/lactuca-sativa-l-tipos-y-variedades-que-se-producen-en-mexico?idiom=esv>
- SNDIF (2015). Manual de inocuidad. Recuperado el 02 de octubre del 2021 en [http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/manual\\_inocuidad.pdf](http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/manual_inocuidad.pdf)
- Tejeda, B. (2006). Subsistemas de control a control de calidad. En: *Administración de servicios de alimentación. Calidad, nutrición, productividad y beneficios*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. p. 249.
- Then, JM. Baines, RN. (2015). Computing and Electronics in Agriculture. vol. 114, 231-236. 6p
- Universidad de Maryland. (2012). Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: un manual de capacitación para los capacitadores. Recuperado el 03 de octubre del 2023 en <https://jifsan.umd.edu/docs/gaps/es/Manual%20Completo.pdf>
- Xiao Yang, Gil, MI, Qichang Yang y Tomas-Barberan, FA (2022). Compuestos bioactivos en lechuga: destacando los beneficios para la salud humana y los impactos de las prácticas previas y posteriores a la cosecha. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21 (1), 4–45. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1111/1541-4337.12877>