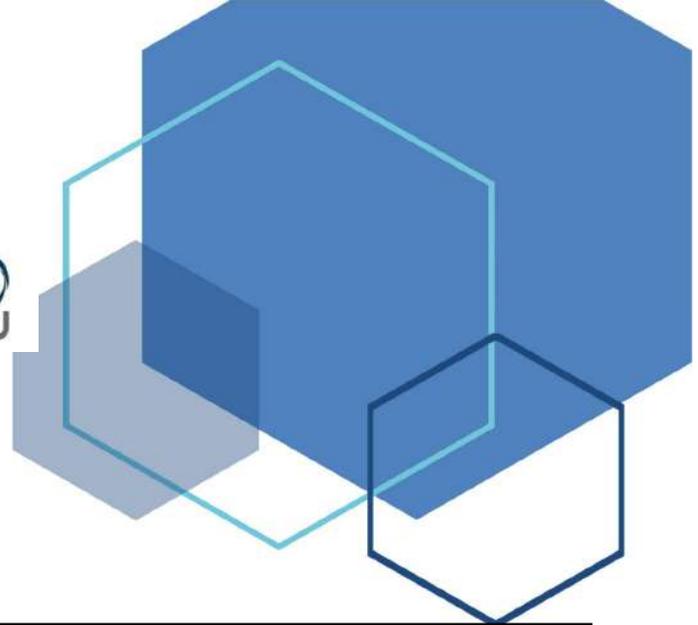




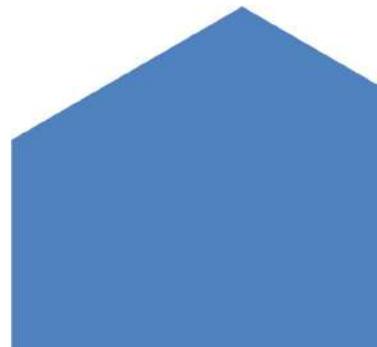
GOBIERNO DE MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



MANUAL GRÁFICO DE INOCUIDAD DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS





GOBIERNO DE
MÉXICO

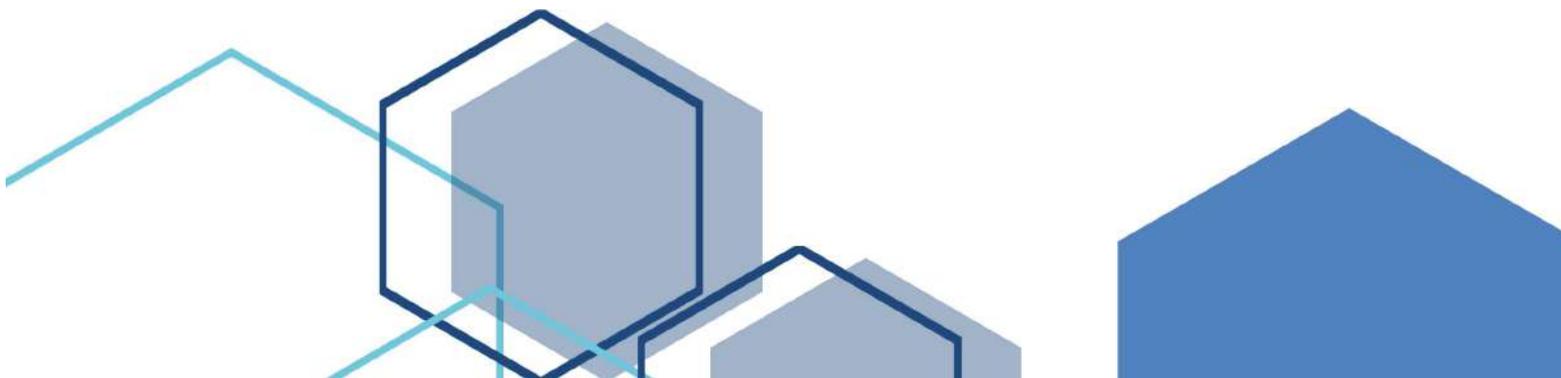


CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



El presente Manual forma parte de la iniciativa de disminución del desperdicio de alimentos a través de la conservación, transformación y agregación de valor de los productos agrícolas que no cumplen con los estándares de calidad o que son altamente perecederos.

Pretendemos, además, crear conciencia, hacer un acercamiento e informar sobre soluciones tecnológicas integrales, la infraestructura disponible e información adicional para combatir las pérdidas y el desperdicio de alimentos promoviendo los autodiseños, equipos y materiales y recuperación de saberes para una producción agroecológica y sustentable.





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Programa F003 Desarrollo de Innovaciones Tecnológicas para una agricultura mexicana libre de agroinsumos tóxicos.

Proyecto 315966 Soluciones tecnológicas integrales y articulaciones estratégicas para combatir las pérdidas y el desperdicio de la cadena productiva del sector agrícola a través de su transformación en alimentos nutritivos e inocuos para la población vulnerable

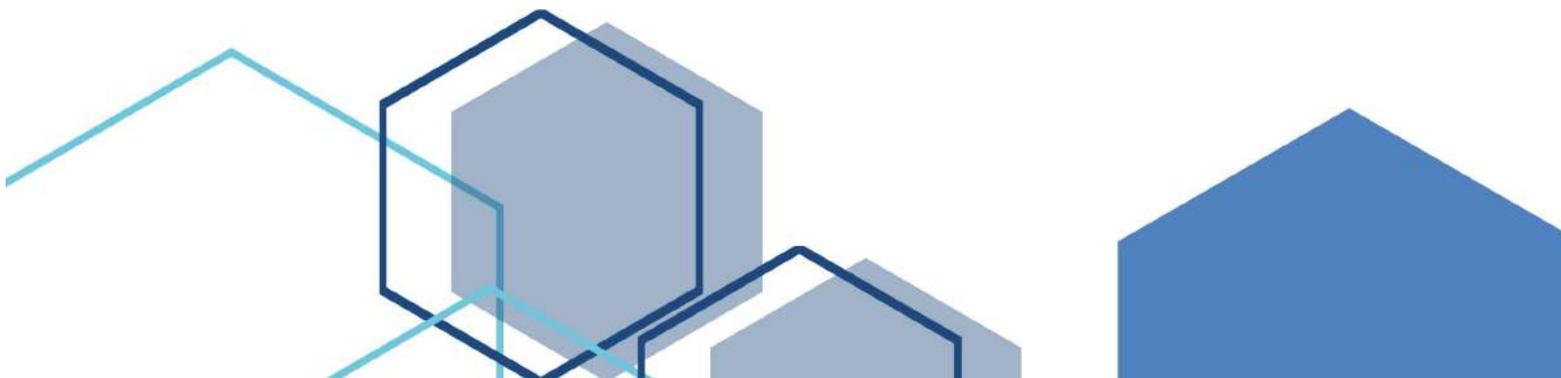
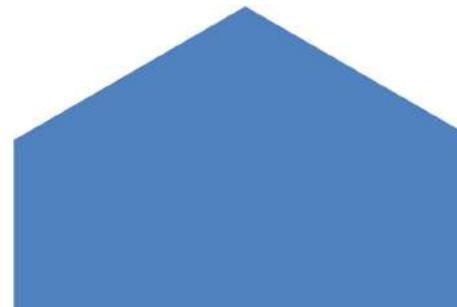
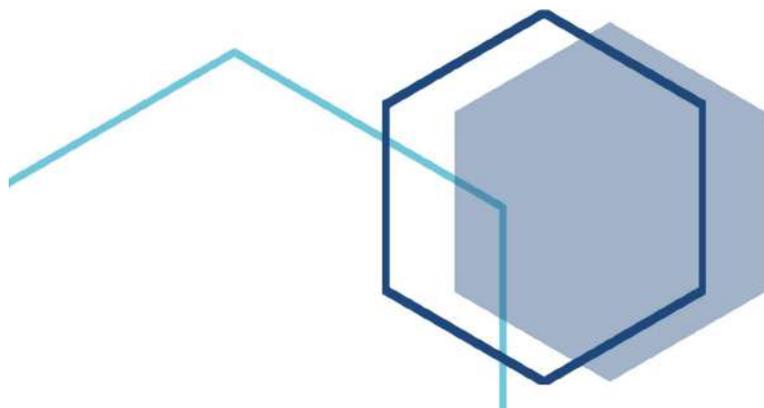


TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN	6
<i>¿Qué es la inocuidad alimentaria?</i>	7
<i>Cinco claves para la inocuidad de los alimentos</i>	9
<i>Buenas Prácticas agrícolas (BPA)</i>	10
<i>Tecnología de Barreras en el empaque de Brócoli (Brasica oleracea L.) para exportación</i>	11
<i>Plaguicidas e impacto al medioambiente</i>	12
<i>Determinación de trazas de plaguicidas mediante técnicas instrumentales</i>	14
<i>Análisis microbiológicos en alimentos según normativa</i>	15
<i>Determinación de microorganismos indicadores en alimentos (NOM-210-SSA1-2014)</i>	16
<i>El Manejo poscosecha de frutas y hortalizas</i>	17
<i>Alternativa de tratamiento poscosecha para papaya (Carica papaya L.) usando extractos naturales de acción preventiva contra microorganismos deteriorativos ...</i>	20
<i>Manejo de desechos orgánicos: composteo</i>	21
<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	22
<i>Sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) usando humedales artificiales.</i>	23
COMENTARIOS FINALES	24
REFERENCIAS	25



AGRADECIMIENTOS

La conceptualización de este Manual ha sido posible gracias al apoyo de los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los sectores social, público y privado, del Banco de alimentos de Tepatitlán, del Banco de alimentos de Monterrey, del Instituto Tecnológico de Tepic, del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA) y del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ).

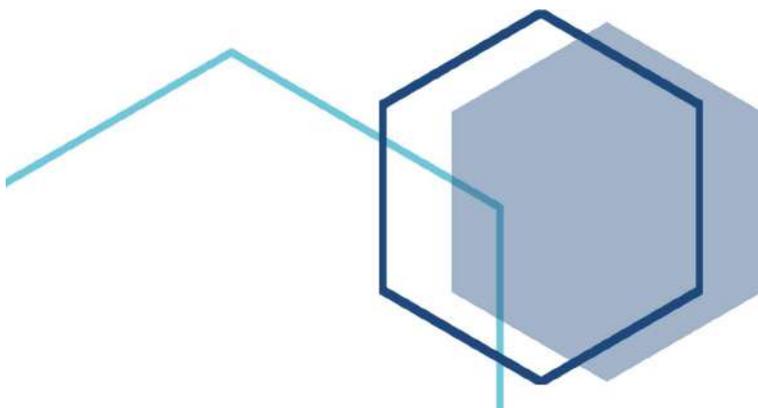
El presente Manual de inocuidad alimentaria, específicamente en frutas y vegetales de México forma parte del proyecto ***Soluciones tecnológicas integrales y articulaciones estratégicas para combatir las pérdidas y el desperdicio de la cadena productiva del sector agrícola a través de su transformación en alimentos nutritivos e inocuos para la población vulnerable, clave 315966*** del Programa F003 dentro de la Convocatoria 2021: Desarrollo de Innovaciones Tecnológicas para una agricultura mexicana libre de agroinsumos tóxicos.

Agradecemos a todos los colaboradores investigadores que han hecho posible este documento, a todas las instituciones por el soporte brindado para realizar los ajustes desde un punto de vista práctico, técnico, tecnológico y el aporte social para cada sección. Se realizó un trabajo importante para el desarrollo de estrategias de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de conocimiento que garanticen el desarrollo de alimentos de calidad y nutritivos que conformen una dieta saludable. La información aquí presentada fue realizada por diferentes estudiantes asociados al proyecto, quienes mostraron un gran interés en participar en iniciativas de apoyo a la sociedad en general.

Gracias a todos los integrantes del grupo de trabajo.

Ángela Suárez Jacobo

09 de enero de 2022



INTRODUCCIÓN

La inocuidad es la característica que tiene un alimento de no causar daño a la salud de las personas que los consumen, por efectos de algún contaminante químico, físico o biológico. Dentro de estos efectos se pueden encontrar contaminantes químicos como los antibióticos, plaguicidas, etc., los biológicos como las bacterias, mohos o virus, etc., y los físicos como trazas metálicas, madera, plástico, etc. Existe la necesidad en nuestra sociedad de contar con alimentos libres de estos contaminantes que además cumplan con ciertas características organolépticas y nutricionales adecuadas para la población, en especial, la vulnerable. El 7 de junio, se celebra el Día Mundial de la Inocuidad de los Alimentos con la finalidad de generar conciencia sobre la necesidad de fortalecer las acciones para prevenir, manejar y detectar los riesgos de contaminación de los alimentos, entre los actores relacionados con los procesos productivos y de consumo, involucrando de esta manera a autoridades, al sector público y privado y sociedad civil [1, 2].

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), busca implementar los planes de gestión de la inocuidad de alimentos a lo largo de la cadena de producción de alimentos dentro de nuestro país a través de ciertos controles o certificaciones como el Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC), las Buenas Prácticas de Producción (BPP), Buenas Prácticas de Manejo o Manufactura (BPM), Análisis de Riesgo y Procedimientos Operacionales de Sanitización Estándar (POES), además de los Análisis de Riesgo y Puntos Críticos de Control (HACCP), certificaciones nacionales como México Calidad suprema, sello TIF, y las internacionales tales como, ISO 2200, SGF, etc., respaldan la inocuidad alimentaria y la salud de los consumidores. Sin embargo, es importante resaltar que cada cadena productiva representará diferentes acciones, planes o estrategias para poder alcanzar la inocuidad en cada etapa del proceso de la cadena productiva.

Como parte de las estrategias, se encuentra la de informar a nuestra sociedad la importancia de la inocuidad de los alimentos y la forma de como alcanzara, es por ello que se sugirió la propuesta de elaborar el presente Manual de Inocuidad específicamente para frutas y vegetales de México como parte del proyecto ***Soluciones tecnológicas integrales y articulaciones estratégicas para combatir las pérdidas y el desperdicio de la cadena productiva del sector agrícola a través de su transformación en alimentos nutritivos e inocuos para la población vulnerable***, del Programa F003 Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los sectores social, público y privado, y seleccionado dentro de la Convocatoria 2021: Desarrollo de Innovaciones Tecnológicas para una agricultura mexicana libre de agroinsumos tóxicos. El presente Manual entonces, representa una guía práctica que contemplan información y ejemplos que permiten dar a conocer estrategias aplicadas para mantener la inocuidad de nuestros alimentos durante la producción, el transporte y la elaboración, e incluso en nuestros hogares.

¿QUÉ ES LA INOCUIDAD ALIMENTARIA?

La Organización Mundial de la Salud [1] define la inocuidad alimentaria es la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso a que se destine.

A diferencia de características como sabor, color, o costo, la inocuidad es no negociable en los alimentos, y debe considerarse como **prioridad máxima**. Los consumidores confían que la inocuidad esté presente en todo tipo de alimento.

¿Por qué su importancia?

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que **1 de cada 10 personas en el mundo enferma por el consumo de alimentos contaminados** (600 millones de personas aproximadamente) y que alrededor de 420 mil personas mueren.

Según la OMS tener acceso a alimentos inocuos y nutritivos en cantidad suficiente es fundamental para mantener la vida y fomentar la buena salud.

Conceptos básicos y clasificación de los peligros alimentarios

Se define como peligro a cualquier agente biológico, físico o químico razonablemente presente en el alimento con el potencial de causar una enfermedad o lesión si no es controlado efectivamente.

Peligro químico. Sustancias que pueden causar perjuicios a la salud, estas pueden producirse de manera natural en el alimento, añadirse en la formulación, o pueden estar presentes incidentalmente. Ejemplos: micotoxinas, alergenicos, pesticidas, antibióticos, aditivos, desinfectantes, lubricantes, tintas, etc.

Peligro biológico. Incluyen organismos como bacterias, virus, parásitos, protozoarios, y priones. Ejemplo: Salmonella, Shigella, Anasakis simplex, etc.

Peligro físico. Materias extrañas en el alimento que si son ingeridas pueden causar daño. Entre los cuales están: materiales duros, punzocortantes, materiales con tamaño de 7-25 mm. Ejemplos: plástico, vidrio, metal, madera, etc.

Higiene en los alimentos

La higiene de los alimentos comprende las condiciones y medidas necesarias en cualquier fase de la cadena alimentaria para garantizar un producto inocuo, en buen estado y comestible, apto para el consumo humano.

CAMINO A LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS



CINCO CLAVES PARA LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

¿POR QUÉ PROCURAR LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS?

LA INOCUIDAD LLEVA A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA



MANTENGA LA LIMPIEZA

- LÁVESE LAS MANOS ANTES DE PREPARAR ALIMENTOS
- LÁVESE LAS MANOS DESPUÉS DE IR AL BAÑO
- LAVE Y DESINFECTE LAS SUPERFICIES Y EQUIPOS USADOS EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS
- PROTEJA LOS ALIMENTOS Y LAS ÁREAS DE COCINA DE INSECTOS PLAGAS Y OTROS ANIMALES

SEPRE LOS ALIMENTOS CRUDOS DE LOS COCIDOS

- SEPRE LOS ALIMENTOS CRUDOS DE LOS COCIDOS Y DE LOS LISTOS PARA COMER
- USE EQUIPOS Y UTENSILIOS, COMO CUCHILLOS Y TABLAS DE CORTAR, PARA MANIPULAR ALIMENTOS CRUDOS



COCINE COMPLETAMENTE

- COCINE COMPLETAMENTE LOS ALIMENTOS, ESPECIALMENTE LAS CARNES ROJAS, DE AVE, PESCADO Y HUEVO
- HIERVA LOS ALIMENTOS COMO SOPAS Y GUIADOS PARA ASEGURARSE DE HAN ALCANZADO LOS 70°C
- RECALIENTE COMPLETAMENTE LOS ALIMENTOS COCINADOS

MANTENGA LOS ALIMENTOS A TEMPERATURAS SEGURAS

- NO DEJE ALIMENTOS COCINADOS A TEMPERATURA AMBIENTE DURANTE MÁS DE DOS HORAS
- REFRIGERE LO ANTES POSIBLE LOS COCINADOS Y LOS PERECEDEROS, PREFERENTEMENTE POR DEBAJO DE LOS 5°C
- MANTENGA LA COMIDA MUY CALIENTE, A MAS DE 60°C, ANTES DE SERVIR
- NO GUARDE ALIMENTOS DURANTE MUCHO TIEMPO, AUNQUE SEA EN EL REFRIGERADOR



USE AGUA Y MATERIAS PRIMAS SEGURAS

- USE AGUA SEGURA O TRATÉLA PARA SU USO
- SELECCIONE ALIMENTOS SANOS Y FRESCOS
- LAVE Y DESINFECTE LAS FRUTAS Y VERDURAS ESPECIALMENTE SI SE COMEN CRUDAS
- NO UTILICE ALIMENTOS CADUCADOS
- DE PREFERENCIA CONSUMA LECHE PASTEURIZADA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en campo, que incorporan el manejo integrado de plagas (MIP) y el manejo integrado del cultivo (MIC), con el fin de proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable, para producir frutas y hortalizas respetando el medio ambiente (FAO, 2007).

En general, las BPA se basan en tres principios: la obtención de productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, la protección del medio ambiente y el bienestar de los agricultores (Figura 1).



Figura 1. Esquema de los principios de BPA

Para la implementación de un programa de BPA es importante el conocimiento previo de las acciones o líneas que rigen este sistema de calidad, como son: el medio ambiente, la sanidad e inocuidad de los productos, su trazabilidad por medio de registros, y la seguridad para los trabajadores y consumidores. Deben tenerse en cuenta, además, otros temas como el agua, el suelo, el empaque, el transporte y la manipulación posterior de los alimentos.



Figura 2. Ventajas de la adopción de BPA

TECNOLOGÍA DE BARRERAS EN EL EMPACADO DE BRÓCOLI (*Brasica oleracea L.*) PARA EXPORTACIÓN

Empacadora Agroibpsa S.A. de C.V.^[3]

De acuerdo con la FAO, una tercera parte de las frutas y hortalizas recolectadas se pierde debido a su carácter perecedero y por falta de la aplicación de técnicas de conservación. Las tecnologías de conservación desarrolladas desde los años 60's, conocidas como "métodos combinados" (también llamadas tecnologías de "barreras"), porque no se basan en un solo factor para lograr el propósito, sino en la combinación de dos o más factores; uso de desinfectantes, tratamientos térmicos, aditivos químicos, empaques en atmósferas modificadas, almacenamiento a bajas temperaturas, entre otros (Leitsner, 2000).

LA IMPLEMENTACIÓN DE BPA AL CULTIVO DE BRÓCOLI ES ASEGURADO POR AGROIBPSA DESDE LA SEMILLA, PUES CUENTA CON VIVERO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA SANA, LA CUAL ES DISTRIBUIDA A LOS PRODUCTORES DE LA REGIÓN. YA EN CAMPO SE REALIZA UN MONITOREO PARA LAS ETAPAS DE RIEGO, FERTILIZACIÓN, CONTROL FITOSANITARIO A TRAVÉS DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS.



UNA VEZ ALCANZADO EL NIVEL DE MADUREZ DE LA INFLORESCENCIA, EL BRÓCOLI ES COSECHADO Y TRANSPORTADO A LA EMPACADORA. TRAS LA RECEPCIÓN DEL BRÓCOLI EN LA EMPACADORA, EL PRIMER PASO ES EL PREENFRIADO, POSTERIORMENTE SE REALIZA UN LAVADO DE LA HORTALIZA ENTERA, SEGUIDO DE LA SELECCIÓN DE FLORETES, ELIMINACIÓN DE TALLO Y HOJAS.

CONFORME A LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD Y TAMAÑO, LAS CABEZAS DE BRÓCOLI SON COLOCADAS EN CAJAS DE CARTÓN ENCERADAS. LAS CUALES SON SUMERGIDAS DENTRO DE TINAS DE ACERO INOXIDABLE CON DESINFECTANTE ÁCIDO PERACÉTICO A 80 PPM, SE ESCURREN Y SE LES COLOCA HIELO PARA POSTERIORMENTE EMBALAR, COLOCAR EN TARIMAS, EMPALGAR Y ALMACENAR EN LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN A 4°C.



CADA LOTE ES REGISTRADO Y ENVIADO CON SU CERTIFICADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FICHA DE SEGURIDAD, POR ÚLTIMO, LAS TARIMAS CON BRÓCOLI SON COLOCADAS EN CONTENEDORES CON SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y TRANSPORTADO A SU DESTINO COMERCIAL.

PLAGUICIDAS E IMPACTO AL MEDIOAMBIENTE

Las plagas y enfermedades que afectan al cultivo han sido los principales problemas fitosanitarios de algunas regiones altamente productoras de frutas y vegetales. Los insectos que habitan en el suelo pueden causar daños por la succión de la savia y diseminan enfermedades virales que afectan directamente al cultivo en cualquier etapa de su desarrollo que dejan a la planta improductiva o con producción de frutos pequeños y poco o nula cantidad de semilla.

Existe una amplia gama de tratamientos para disminuir la infestación de insectos vectores y disminuir daños al cultivo, sin embargo, el método más común y económico ha sido el uso de plaguicidas químicos, de esta forma los productores aseguran su cosecha y previenen pérdidas de sus cultivos. Los plaguicidas comprometen un gran número de sustancias que pertenecen a diferentes clases químicas; se aplican en diversas etapas del cultivo para la protección contra plagas y durante la postcosecha para preservar la calidad del fruto (Commission Directive 2000/42/EC). En México es la CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas) la comisión intersecretarial que regula el uso y control de plaguicidas aplicados a cultivos agrícolas, forestal, pecuario, doméstico, urbano, industrial y en jardinería.

En nuestro país, ha sido inevitable el uso de plaguicidas para el control de plagas en los cultivos, por lo que, hace falta analizar el impacto en la inocuidad de los productos hortofrutícolas para definir su uso racional en el campo agrícola. La aplicación de estos productos químicos también ha provocado una contaminación más allá del campo, pues afecta a otros ambientes como aguas superficiales y subterráneas, suelo y aire además de los riesgos para la salud humana.

Si la inocuidad de un alimento se define principalmente por la ausencia de riesgo alguno sobre la salud del consumidor (Codex Alimentarius), la presencia de este tipo de compuestos químicos en los alimentos pudiera incumplir este principio. De esta forma, los plaguicidas constituyen un problema serio para la salud del consumidor. La Organización Mundial de la Salud (OMS) posiciona a casi al 90% de los compuestos plaguicidas por orden de su toxicidad en las categorías 1a/1b/II, que va de extremadamente peligroso a moderadamente peligroso [4, 5].

La presencia, inclusive a niveles traza, de plaguicidas en los alimentos pudiera representar una barrera para su comercio internacional. Por ejemplo, algunos organismos internacionales como la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) y la Food and Drug Administration (FDA) en Estados Unidos, han establecido niveles máximos permisibles (MRLs, por su acrónimo en inglés) de plaguicidas en alimentos, es decir, un compuesto químico que a su máxima concentración mantenga la inocuidad de un alimento; estas concentraciones legalmente admitidas han sido reguladas para un gran número de plaguicidas en productos agroalimentarios.

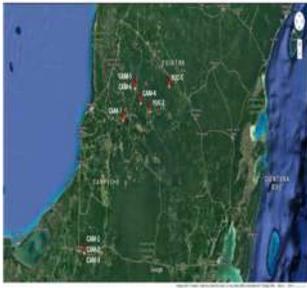
Por dar un ejemplo, en el cultivo de calabaza, Estados Unidos contempla una lista de 7 plaguicidas con MRLs que van desde 0.01 hasta 940 mg/kg en producto procesado

(disponible en: <http://www.mrlatabase.com/>), Japón regula más de 277 plaguicidas para el mismo cultivo, con MRLs de 0.001 a 8.0 mg/kg (disponible en: <http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>), mientras que la Unión Europea regula más de 471 plaguicidas desde 0.01 mg/kg hasta 75 mg/kg (disponible en: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database>). En México, solo se reportan solo 85 plaguicidas y sus MRLs, que son limitados en comparación con las normas internacionales que contemplan un amplio número de residuos a niveles de concentración traza. Sin embargo, la restringida lista de plaguicidas regulados en productos agrícolas del sector primario en México aunado a la falta de infraestructura analítica y capital humano capacitado constituye un riesgo de rechazo por parte de algunos países como Japón y de la Unión Europea [6].

DETERMINACIÓN DE TRAZAS DE PLAGUICIDAS MEDIANTE TÉCNICAS INSTRUMENTALES

¿Cómo se realiza en el laboratorio?

La presencia de plaguicidas en productos hortofrutícolas son un problema serio para la salud del consumidor



EN LA TOMA DE MUESTRA SE DEBERÁ EVITAR CUALQUIER TIPO DE CONTAMINACIÓN EXTERNA. LAVAR LAS MANOS ANTES DE INICIAR EL MUESTREO, USAR GUANTES, CUBREBOCA Y BATA DURANTE TODO EL DESARROLLO DEL MUESTREO. CON AYUDA DE UN GPS, SE IDENTIFICARÁN LOS PUNTOS DE MUESTRO EN BASE AL MAPA DE GEO-REFERENCIA. RECOLECTAR 1KG DE PRODUCTO APROXIMADAMENTE PARA EL ANÁLISIS. SE TRANSPORTAN A TEMPERATURA AMBIENTE EN HIELERAS.

SE CORTA EN PEDAZOS EL FRUTO COMPLETO Y SE MUELE EN UNA LICUADORA CONVENCIONAL. LA EXTRACCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS SE REALIZA DE ACUERDO CON EL MÉTODO ANALÍTICO "QUICK, EASY, CHEAP, EFFECTIVE, RUGGED AND SAFE" (QUECHERS) (ZHAO Y STEVENS, 2011, MÉTODO OFICIAL AOAC 2007.01), MÉTODO VALIDADO EN NUESTRO LABORATORIO.



LOS EXTRACTOS SE TRANSFIEREN EN VIALES DE 2 ML Y SE INYECTARON EN SISTEMAS GC-MS/MS. PARA LA DETERMINACIÓN EN CROMATOGRAFÍA DE GASES (GC), SE UTILIZA UN CROMATÓGRAFO DE GASES 7890A ACOPLADO A UN ESPECTRÓMETRO DE MASAS (MS) DE TRIPLE CUADRUPOLO 7000B CON IONIZACIÓN POR IMPACTO ELECTRÓNICO (EI) EQUIPADO CON UN INYECTOR AUTOMÁTICO 7693A (AGILENT TECHNOLOGIES, SANTA CLARA, CA, EUA), SE UTILIZA LA COLUMNA MS DB-5 ULTRA INERTE (ESPESOR DE PELÍCULA 15 MX 0,250 MM X 0,25 MM).

PARA EL ANÁLISIS EN CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA, SE UTILIZA UN SISTEMA HPLC AGILENT 1200 CON UNA BOMBA BINARIA ACOPLADO A UN ESPECTRÓMETRO DE MASAS Q-TOF G6530A (AGILENT TECHNOLOGIES, SANTA CLARA, CA, EUA). PARA LA SEPARACIÓN SE UTILIZA UNA COLUMNA ECLIPSE PLUS C18 (100 MM X 2,1 MM X 1,8 MM). FASES MÓVILES: AGUA CON 0,01% DE ÁCIDO FÓRMICO + 10 mM DE FORMIATO DE AMONIO (DISOLVENTE A) Y METANOL CON 0,01% DE ÁCIDO FÓRMICO + 10 mM DE FORMIATO DE AMONIO (DISOLVENTE B).



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN ALIMENTOS SEGÚN NORMATIVA

El consumo de frutas y hortalizas frescas es parte importante de una dieta saludable, desde el punto de vista microbiológico son alimentos comparativamente de menor riesgo que las carnes y los productos lácteos. Sin embargo, al ser consumidos sin ningún tipo de cocción, son potencialmente peligrosos en caso de que exista contaminación.

Los riesgos microbiológicos asociados a los productos hortícolas están relacionados con las malas prácticas de producción, como el empleo de agua de riego contaminada, el uso de desechos biológicos sólidos como fertilizante sin tratamiento o con tratamiento inapropiado, la presencia de animales en las áreas de cultivo, la proximidad a zonas de acumulación de aguas negras o sólidos orgánicos, una inadecuada higiene de las instalaciones, entre otros [7].



Los microorganismos que afectan a las frutas y hortalizas son principalmente los hongos y levaduras.



El origen de estos microorganismos son: el campo (tierra, insectos, aire), equipo de recolección y transporte (cajas, envases) y manipulación.



Las partes externas contienen la carga microbiana más importante, habitualmente el tejido interno se considera estéril.



Factores que facilitan la entrada: insectos, nemátodos, lluvia, animales y maquinaria.

Los análisis microbiológicos ayudan a asegurar la calidad e inocuidad desde la producción de alimentos hasta la entrega. De aquí surge la importancia de mantener la precisión y evidencia rigurosa sobre los resultados microbiológicos, para cubrir de esta forma con las exigencias y análisis de riesgos. Además de proteger la salud y la vida de los consumidores.

Los métodos usados para la determinación e identificación de microorganismos están basados en normas locales e internacionales (NOM, FDA, AOAC, etc.) en las que se establecen los procedimientos para corroborar la inocuidad de los alimentos.

DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS INDICADORES EN ALIMENTOS (NOM-210-SSA1-2014)

¿Cómo se realiza en el laboratorio?

Uno de los aspectos más relevantes para verificar la inocuidad de los alimentos es la determinación de microorganismos presentes. Para ello, dependiendo del tipo de alimento, se sigue un procedimiento general o específico, regulado por la normatividad aplicable. Los microorganismos indicadores son un grupo de microorganismos cuya presencia anticipa la calidad higiénica con la que los alimentos fueron elaborados, distribuidos o almacenados.

MUESTRA. PARA LA ADECUADA TOMA DE MUESTRA Y SU DILUCIÓN SE SIGUE EL PROCEDIMIENTO MARCADO POR LA NOM-210-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. PREPARACIÓN Y DILUCIÓN DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA SU ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO. AGRUPA LOS MÉTODOS PARA DETERMINAR MICROORGANISMOS INDICADORES Y PATÓGENOS EN ALIMENTOS, BEBIDAS Y AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO.



EL PRIMER PASO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS CONSISTE EN LA TOMA DE MUESTRA Y SU TRANSPORTE EN CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN (EN HIELERA) AL LABORATORIO. LA MUESTRA SE PROCESA CONFORME A LO ESPECIFICADO POR LA NOM-110-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. PREPARACIÓN Y DILUCIÓN DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA SU ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO. LA CUANTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS INDICADORES SE REALIZA CONFORME A LA NOM ESPECÍFICA PARA CADA GRUPO BACTERIANO.

EL PROCEDIMIENTO GENERAL CONSISTE EN PESA 10 g DE CADA MUESTRA, AÑADIR 90 mL DE DILUYENTE, REALIZAR DILUCIONES SERIADAS. COLOCAR 1 mL DE CADA DILUCIÓN EN CAJAS PETRI POR DUPLICADO, VERTIR 15 mL DEL MEDIO DE CULTIVO CORRESPONDIENTE Y FUNDIDO ($45 \pm 1^\circ\text{C}$), MEZCLAR CUIDADOSAMENTE Y DEJAR SOLIDIFICAR. INVERTIR LAS PLACAS E INCUBAR A $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, DURANTE 24 ± 2 h. REPORTAR LAS COLONIAS MULTIPLICANDO POR EL FACTOR DE DILUCIÓN CORRESPONDIENTE Y EXPRESAR EL RESULTADO COMO NÚMERO DE UFC/mL



EL MANEJO POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Las BPA relacionadas con el manejo de cosecha y poscosecha hacen hincapié en las condiciones del lugar o establecimiento, del personal y de los equipos y utensilios y en general en el manejo del producto. Acciones como la planificación y coordinación de las diferentes labores de cosecha al interior de la finca de cultivo y los agentes externos (proveedores, compradores, etc.) son importantes para asegurar un producto libre de patógenos, plagas, contaminantes u otros elementos que comprometan su calidad e inocuidad y que puedan representar un riesgo a la salud del consumidor.

El manejo de poscosecha tiene como propósito mantener la calidad de frutas y verduras durante el transporte del campo hasta su consumo y reducir la pérdida de peso al ser cosechados. Se han desarrollado diversos tratamientos para mantener la calidad y proteger las frutas y verduras. Pérdidas en calidad y cantidad afectan a los productos hortícolas entre la cosecha y el consumo. La magnitud de las pérdidas poscosecha de productos hortofrutícolas está estimada entre un 5% a 25% en países desarrollados y de un 20 a 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del cultivo.



Figura 4. Ventajas del manejo poscosecha.

Para reducir estas pérdidas se deben entender los factores ambientales y biológicos que están involucrados en el deterioro y el uso de tecnologías poscosecha para retardar la senescencia y mantener el producto en su mejor calidad posible. Los cambios poscosecha en productos frescos no pueden ser detenidos, pero pueden ser retardados dentro de ciertos límites. El control de temperatura es uno de los métodos más eficientes para disminuir problemas físicos, químicos y biológicos.

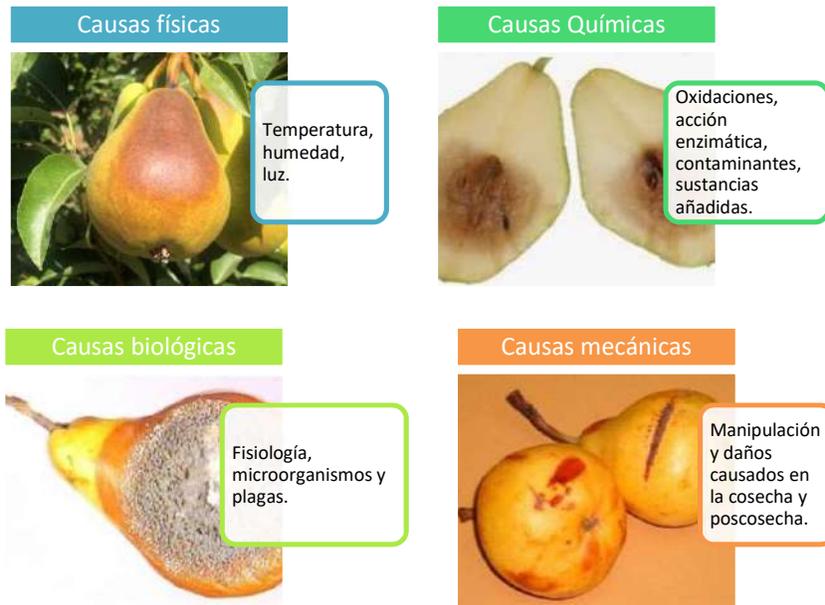


Figura 5. Principales causas de deterioro de alimentos en poscosecha

Ciclo biológico de *Colletotrichum gloesporoides* en mango (*Mangifera L.*)



Figura 6. Ciclo de vida de Antracnosis (Adaptado del Manual de poscosecha de frutas: manejo integrado de patógenos).

MANEJO POSCOSECHA PARA MANGO EN FRESCO

BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE 

RECEPCIÓN DEL FRUTO EN LA EMPACADORA



PROTEGER LOS ALIMENTOS DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN, DE DAÑOS QUE PUEDAN HACERLOS NO APTOS PARA CONSUMO

ACCIONES: LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DEBEN ESTAR LIMPIOS Y LIBRES DE SUCIEDAD, ÁCIDE/GRASA, Y CONTAMINANTES QUÍMICOS

SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS FRUTOS



ACCIONES: LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO, USO DE MATERIALES NO TÓXICOS, SUPERVISIÓN DEL PERSONAL, SALUD ADECUADA DEL PERSONAL, ASEO Y COMPORTAMIENTO ADECUADO

REDUCIR AL MÍNIMO LA CONTAMINACIÓN

ADOPTAR PRÁCTICAS Y MEDIDAS PARA LAS CONDICIONES HIGIÉNICAS

GARANTIZAR LA HIGIENE PERSONAL DE QUIENES TIENEN CONTACTO DIRECTO O INDIRECTO CON LOS ALIMENTOS

CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE LA HIGIENE DE LOS ALIMENTOS ES DE IMPORTANCIA PARA ASEGURAR LA INOCUIDAD

EMPACADO E IDENTIFICACIÓN DE LOTES



INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO

GARANTIZA QUE EL OPERARIO DE LA CADENA ALIMENTARIA DISPONGA DE INFORMACIÓN SUFICIENTE Y ACCESIBLE PARA MANIPULAR, ALMACENAR, PREPARAR Y EXPONER EL PRODUCTO

ACCIONES: USO DE MATERIALES INOCUOS Y APTOS PARA USO ALIMENTARIO, PROTECCIÓN ADECUADA DE LOS PRODUCTOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN, EVITAR DAÑOS Y

TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO

CONTROL DE OPERACIONES

SI LAS OPERACIONES NO SE CONTROLAN, LOS ALIMENTOS PUEDEN VOLVERSE NO INOCUOS O NO APTOS PARA EL CONSUMO

ACCIONES: VIGILANCIA Y REVISIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL EFICACES, USO DE REGISTROS



46°C POR 75 MINUTOS

ENFRIAMIENTO A 23°C POR 10 MINUTOS

ENFRIAMIENTO Y ALMACENAMIENTO



ENFRIAMIENTO EN CABINA ANTES DE PASAR AL ALMACÉN

7°C DE ALMACENAMIENTO

CONTROL DE OPERACIONES

SI LAS OPERACIONES NO SE CONTROLAN, LOS ALIMENTOS PUEDEN VOLVERSE NO INOCUOS O NO APTOS PARA EL CONSUMO

ACCIONES: CONTROL DE LA TEMPERATURA, USOS DE REGISTROS

TRANSPORTE A SITIOS DE COMERCIO

PROTEGER LOS ALIMENTOS DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN, DE DAÑOS QUE PUEDAN HACERLOS NO APTOS PARA CONSUMO

ACCIONES: NO ROMPER LA CADENA DE FRÍO, USO DE REGISTROS



ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO POSCOSECHA PARA PAPAYA (*Carica papaya* L.) USANDO EXTRACTOS NATURALES DE ACCIÓN PREVENTIVA CONTRA MICROORGANISMOS DETERIORATIVOS

Pruebas en laboratorio (CIBA-IPN-Tlaxcala) [8-10]

Los hongos fitopatógenos provocan alteraciones durante las diferentes etapas de crecimiento de la planta, durante la etapa postcosecha e incluso durante el almacenamiento. Las pérdidas pre y post cosecha en los cultivos mundiales provocadas por enfermedades fúngicas pueden ascender a más del 12% en los países en desarrollo (Li Destri Nicosia et al., 2016).



LA PAPAYA MARADOL (*Carica papaya* L.) ES UNO DE LOS FRUTOS DE MAYOR IMPORTANCIA ECONÓMICA PARA MÉXICO, PUESTO QUE EL PAÍS ES EL TERCER EXPORTADOR A NIVEL MUNDIAL (LÓPEZ-VELÁZQUEZ ET AL., 2021). SU VIDA DE ANAQUEL SE VE LIMITADA DEBIDO A QUE ES ALTAMENTE PERECEDERA Y SUSCEPTIBLE A ENFERMEDADES EN LA POSTCOSECHA (BAUTISTA-BAÑOS ET AL., 2013).

LA ANTRACNOSIS CAUSADA POR *Colletotrichum gloeosporioides* ES UNA ENFERMEDAD DEVASTADORA QUE A MENUDO RESULTA EN PÉRDIDAS ECONÓMICAS MASIVAS DURANTE LA POSTCOSECHA LA PAPAYA (MAQBOOL ET AL., 2011). COMO ESTRATEGIA PARA MANTENER PROPIEDADES DE CALIDAD Y PREVENIR LA PRESENCIA DE ESTE HONGO DURANTE LA POSTCOSECHA, SE EVALUARON EXTRACTOS NATURALES CON CAPACIDAD ANTIMICROBIANA Y ANTIFÚNGICA.



SE OBTUVIERON MUESTRAS DE PAPAYA DE PRODUCTORES LOCALES DEL ESTADO DE PUEBLA, CON UN ÍNDICE DE MADUREZ DE 2, TAMAÑO UNIFORME, LIBRES DE LESIONES O SÍNTOMAS DE INFECCIONES Y LO MÁS IMPORTANTE LIBRES DE TRATAMIENTO QUÍMICO.

LAS MUESTRAS FUERON INFECTADAS ARTIFICIALMENTE, A CADA MUESTRA SE LE REALIZARON 3 LESIONES DE 2 MM DE PROFUNDIDAD CON UN PALILLO ESTÉRIL. POSTERIORMENTE, FUERON INOCULADAS DIRECTAMENTE SOBRE LAS LESIONES CON 10 µL DE LA SOLUCIÓN DE ESPORAS (1×10^5 ESPORAS/ML) DE *Colletotrichum gloeosporioides*. MEDIANTE LA APP THRESHOLD COLOR SE REALIZÓ LA DETERMINACIÓN DEL % DE SUPERFICIE SINTOMÁTICA.



MANEJO DE DESECHOS ORGÁNICOS: COMPOSTEO

La pérdida de alimentos a lo largo de la cadena de suministro se ha convertido en un tema de gran interés en el mundo, debido a que afecta la seguridad alimentaria de la sociedad. Uno de estos eslabones de la cadena de distribución de alimentos son las centrales de abasto local, donde diariamente se pierden importantes cantidades de alimentos especialmente por carencia de protocolos de poscosecha.

El procesamiento de frutas y hortalizas conduce a la generación de grandes cantidades de desechos, los cuales, debido a su composición en carbohidratos complejos, proteínas, lípidos, entre otros, pueden ser materia prima para otros sectores productivos con el fin de revalorizar estos residuos agroindustriales, generando alternativas para la generación de nuevas líneas de negocios para las empresas que los producen, buscando la sostenibilidad de estas bajo el esquema de economía circular.

Recientes estudios de valorización de los residuos de la cadena de suministro de alimentos abren vías para la producción de biocombustibles, enzimas, compuestos bioactivos, plásticos biodegradables, entre muchas otras moléculas [11]. Sin embargo, aún cuando se lleven a cabo estas estrategias de aprovechamiento, continúa generándose una cantidad importante de desechos orgánicos que pueden ser agotados a través del proceso de composteo, como alternativa de gestión ambiental. El compostaje es una tecnología de bajo costo, que garantiza que los residuos orgánicos vinculen sus componentes en el ciclo de la cadena de producción primaria, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad de los cultivos [12].



Figura 7. Proceso del compostaje

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento y reutilización del agua tratada es otro gran tema que es necesario mencionar, pues en el área de inocuidad no solo es importante reducir los contaminantes presentes en los alimentos como resultado del uso de agroquímicos, también está el tema no menos relevante de la huella hídrica, la huella de carbono y la huella ecológica que deja la producción convencional de alimentos tal como la conocemos en México.

En realidad, se requiere una nueva revolución verde en México que reduzca de forma sustantiva el uso irracional de agua para la producción de los alimentos del campo en todo el territorio nacional. Más del 76% del agua disponible en México, se usa en agricultura convencional y se aprovecha solamente una mínima parte de ésta de forma efectiva. Los desperdicios del agua en nuestro país son impresionantes, por lo que su tratamiento y reutilización como agua tratada es otro gran tema que es necesario mencionar en este Manual. Muchos de los productos hortofrutícolas que actualmente provienen del campo mexicano usan agua residual cruda para su producción.

Todavía en estén año 2022, 2 200 millones de personas carecen de acceso a agua potable gestionada de forma segura y más de 4 200 millones de personas carecen de saneamiento gestionado de forma segura, tales como baños o letrinas. El 80 por ciento de las aguas residuales en el mundo se descarguen en ríos o vayan directo al mar sin ningún tratamiento, y el 70 por ciento de la extensión de humedales naturales del mundo se ha perdido, incluida una pérdida significativa de especies de agua dulce [13].

Factores como el cambio climático (aumento de inundaciones, desastre o sequías) y la actual pandemia de COVID-19 representan desventajas frente al acceso a servicios de agua potable, saneamiento e higiene gestionados de forma segura para miles de millones de personas, y este acceso es algo vital para evitar la propagación de un virus de este tipo.

Particularmente, es necesario impulsar un mayor número de proyectos de investigación para desarrollar y transferir a la sociedad tecnologías innovadoras que puedan implementarse en las diferentes regiones tanto urbanas como rurales de nuestro país. Existe una imperante necesidad por transferir y adaptar los proyectos tecnológicos desarrollados en el tema de recuperación y de la reutilización del agua residual tratada. Tal es el caso de los diseños pilotos de un sistema de tratamiento de aguas desarrollados por los Centros de Investigación o las Instituciones de Educación Superior, que pretenden hacer un mejor manejo del agua proveniente de las líneas de tratamientos y hacer una economía circular.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) USANDO HUMEDALES ARTIFICIALES

Patente MX/2016/037236. Sistema y proceso para el tratamiento pasivo de aguas residuales domésticas [14].



EL SISTEMA ESTÁ DISEÑADO PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MUY CONTAMINADAS, ALCANZANDO METAS ADICIONALES DE CONSUMO DE ENERGÍA CERO Y ELIMINANDO EL USO DE ADITIVOS QUÍMICOS, SE LOGRA UNA EFICIENCIA DE MÁS DEL 95%.

ESTE SISTEMA PUEDE TRATAR ALGUNOS TIPOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. PARA ELLO ES NECESARIO REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL AGUA A TRATAR.



EN BREVE, SE TRATA DE UN SISTEMA BASADO EN PROCESOS NATURALES EN DONDE EL AGUA RESIDUAL VA PASANDO POR GRAVEDAD A TRAVÉS DE DIFERENTES FILTROS BIOLÓGICOS HASTA LOGRAR SU DEPURACIÓN FINAL EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL

LAS AGUAS TRATADAS PUEDEN REUTILIZARSE DIRECTAMENTE PARA REGAR LAS ÁREAS VERDES, DENTRO DE LOS RESULTADOS SE HA OBSERVADO QUE SE MEJORA LA CALIDAD DE LA HIERBA, EVITA EL USO DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS Y CREA UN HÁBITAT DE HUMEDAL PARA LAS PEQUEÑAS ESPECIES DE VIDA SILVESTRE^[2]



Foto: oficina de corte, Dirección de Investigación y Desarrollo en Tecnología / Instituto del Estado de México



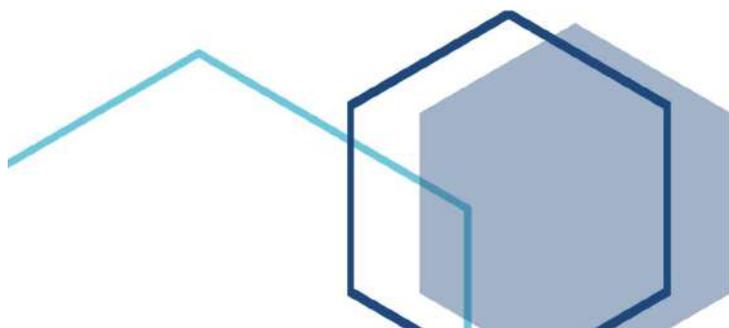
ES POSIBLE QUE, EN LOS HUMEDALES ARTIFICIALES PUEDAN SER PLANTADOS CON ESPECIES ORNAMENTALES ADAPTADAS AL LUGAR DONDE SE INSTALEN.

COMENTARIOS FINALES

Existe una importante preocupación sobre la calidad y la inocuidad alimentaria entre los consumidores, pues históricamente se han presentado miles de intoxicaciones e infecciones alimentarias en nuestro país. Surge entonces un interés por parte de los sectores académicos, investigación e industrial el poder implementar herramientas que garanticen la calidad de la materia prima, del producto y del proceso y de esta forma cumplir con las expectativas que el mercado y los consumidores requieren. Es a través de los diferentes desarrollos tecnológicos, la investigación aplicada y el desarrollo de herramientas de capacitación y difusión como podemos contribuir a alcanzar los estándares de calidad en toda la cadena de producción de alimento. Temáticas como el cuidado de los cultivos en el campo limitando el uso de agrotóxicos, manejo de poscosecha de frutas utilizando compuestos con nula toxicidad, desarrollo de herramientas o técnicas para la detección oportuna de la presencia de compuestos químicos de alta peligrosidad en la salud, desarrollo de métodos de gestión de residuos orgánicos y un tratamiento de aguas residuales oportuno, son posibles alternativas que disminuyen el impacto a la salud del consumidor y del ambiente.

En México, es necesario difundir información para alcanzar una cultura de inocuidad necesaria en estos tiempos de pandemia, implementar acciones necesarias para garantizar la salud de los consumidores y generar refuerzos de capacitación y toma de conciencia. La información presentada en este Manual, representa un primer esfuerzo para conjuntar el trabajo que se realiza en las Instituciones de Educación Superior y los Centros Públicos de Investigación debido a la urgente necesidad de paliar temas de la Inocuidad alimentaria para tener acceso a alimentos nutritivos y seguros, al mismo tiempo que, se minimiza las pérdidas y desperdicio de alimentos en las cadenas productivas del sector hortofrutícola que terminan generando daño a la salud de la población y al medio ambiente.

Aún falta, mucho trabajo por realizar desde las diferentes aristas que este tipo de problemáticas presentan, pero es posible que se puedan presentar estrategias para conjuntar y continuar con las iniciativas de transferencia de conocimientos, uso adecuado de la infraestructura de investigación y desarrollo, el rescate de conocimientos tradicionales, para una transformación nutritiva e inocua de alimentos para la población urbana y rural de México.



REFERENCIAS

- [1] OPS-OMS. Organización Panamericana de la Salud. Alimentos inocuos ahora para un mañana saludable <https://www.paho.org/es/campanas/dia-mundial-inocuidad-alimentos-2021> (accessed Feb 7, 2022).
- [2] SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, I. y C. A. Inocuidad agroalimentaria, acuícola y pesquera <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/direccion-general-de-inocuidad-agroalimentaria-acuicola-y-pesquera> (accessed Feb 7, 2022).
- [3] Leistner, L. *HURDLE TECHNOLOGY*.
- [4] Who. *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2019*.
- [5] García-Reyes, J. F.; Gilbert-López, B.; Molina-Díaz, A.; Fernández-Alba, A. R. Determination of Pesticide Residues in Fruit-Based Soft Drinks. *Anal. Chem.*, **2008**, *80* (23), 8966–8974. <https://doi.org/10.1021/ac8012708>.
- [6] USDA Foreign Agricultural Service. *Food and Agricultural Import Regulations and Standards Mexico 2013*; Mexico, 2014.
- [7] Fao. COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Vigésimo Primera Edición Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura; 2013.
- [8] Li Destri Nicosia, M. G.; Pangallo, S.; Raphael, G.; Romeo, F. V.; Strano, M. C.; Rapisarda, P.; Droby, S.; Schena, L. Control of Postharvest Fungal Rots on Citrus Fruit and Sweet Cherries Using a Pomegranate Peel Extract. *Postharvest Biol. Technol.*, **2016**, *114*, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.012>.
- [9] Bautista-Baños, S.; Sivakumar, D.; Bello-Pérez, A.; Villanueva-Arce, R.; Hernández-López, M. A Review of the Management Alternatives for Controlling Fungi on Papaya Fruit during the Postharvest Supply Chain. *Crop Prot.*, **2013**, *49*, 8–20. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.011>.
- [10] Maqbool, M.; Ali, A.; Alderson, P. G.; Mohamed, M. T. M.; Siddiqui, Y.; Zahid, N. Postharvest Application of Gum Arabic and Essential Oils for Controlling Anthracnose and Quality of Banana and Papaya during Cold Storage. *Postharvest Biol. Technol.*, **2011**, *62* (1), 71–76.
- [11] Ravindran, R.; Jaiswal, A. K. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. *Trends Biotechnol.*, **2016**, *34* (1), 58–69. <https://doi.org/10.1016/J.TIBTECH.2015.10.008>.
- [12] Cerda, A.; Artola, A.; Font, X.; Barrena, R.; Gea, T.; Sánchez, A. Composting of Food Wastes: Status and Challenges. *Bioresour. Technol.*, **2018**, *248* (Pt A), 57–67. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2017.06.133>.
- [13] United Nations. Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all <https://sdgs.un.org/topics/water-and-sanitation> (accessed Jan 17, 2022).
- [14] De Anda-Sánchez, J.; López-López, A. Sistema y Proceso Para El Tratamiento Pasivo de Aguas Residuales Domésticas. MX/2016/037236, 2016.





GOBIERNO DE MÉXICO



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

