

Conservación de Frutas Postcosecha en Argentina. Procesos, Métodos y Tecnologías

Marteau, Silvia A.; Gaillard, Cecilia; Graiver, Natalia; Perego, Luis H.

Silvia A. Marteau

Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata – Grupo de Investigaciones Agrobio tecnológicas (GIAB), Argentina

Cecilia Gaillard

cecitagailard@gmail.com

Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata – Grupo de Investigaciones Agrobio tecnológicas (GIAB), Argentina

Natalia Graiver

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Universidad Nacional de La Plata – CICPBA, Argentina

Luis H. Perego

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata – Grupo de Investigaciones Agrobio tecnológicas (GIAB), Argentina

Ingenio Tecnológico

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

ISSN-e: 2618-4931

Periodicidad: Frecuencia continua

vol. 5, e039, 2023

ingenio@frlp.utn.edu.ar

Recepción: 24 Abril 2023

Aprobación: 09 Octubre 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663842003/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen: La conservación y tratamiento adecuado de las frutas postcosecha es fundamental para su comercialización en mercados internacionales. Este proceso permite mantener la calidad, frescura y atractivo de los productos asegurando su competitividad en el mercado global, que además exige el cumplimiento de normas de calidad estrictas, como las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y las regulaciones fitosanitarias.

El tratamiento postcosecha incluye una serie de prácticas y tecnologías que se aplican a las frutas después de su cosecha, con el fin de prolongar su vida útil y mantener sus características organolépticas. Entre estas prácticas se encuentran el control de la temperatura, la humedad, la atmósfera y el uso de recubrimientos comestibles, que garantizan una menor pérdida de peso, mejor apariencia y reducción de enfermedades y desórdenes fisiológicos.

Además, el tratamiento postcosecha es crucial para reducir las pérdidas y el desperdicio de alimentos, contribuyendo a la sostenibilidad y a la seguridad alimentaria.

El manejo postcosecha también es relevante para mantener la inocuidad alimentaria, al reducir la presencia de patógenos y contaminantes químicos. Finalmente es de suma importancia que las investigaciones se orienten para dar respuesta a los problemas reales a los que se enfrentan los distintos actores de la cadena frutihortícola.

Palabras clave: Conservación de frutas, Postcosecha, Vida útil, Pérdidas de frutas.

Abstract: The conservation and adequate treatment of postharvest fruits is essential for their commercialization in international markets. This process allows maintaining the quality, freshness, and attractiveness of the products, ensuring their competitiveness in the global market. Which also requires compliance with strict quality standards, such as Good Agricultural Practices (BPA) and phytosanitary regulations.

Postharvest treatment includes a series of practices and technologies that are applied to fruits after harvest, to prolong their useful life and maintain their organoleptic characteristics. Among these practices are the control of temperature, humidity, atmosphere, and the use of edible coatings, which guarantee less weight loss, better appearance and reduction of diseases and physiological disorders.

In addition, post-harvest treatment is crucial to reduce food losses and waste, contributing to sustainability and food safety. Postharvest handling is also relevant to maintain food safety, by reducing the presence of pathogens and chemical contaminants.

Finally, it is of the utmost importance that the investigations are oriented to respond to the real problems faced by the different actors in the fruit and vegetable chain.

Keywords: Fruit preservation, Postharvest, Shelf life, Fruit losses.

INTRODUCCIÓN

La mejora en la conservación de las frutas tiene un impacto económico significativo en la industria alimentaria y en la economía en general. Así entonces, estas mejorías, además de prolongar la vida útil, permite que los distintos eslabones de la cadena de valor (productores, distribuidores y comerciantes) reduzcan los desperdicios y las pérdidas de estos alimentos, incrementando la disponibilidad de productos en el mercado creando una oferta estable, previsible y sin excesiva volatilidad de precios.

De la misma manera, mejorar la conservación de las frutas permitiría a los productores y consignatarios ampliar sus mercados, exportando a plazas más lejanas con un mayor tiempo de transporte, aumentando la demanda de frutas y las oportunidades de negocios que, como consecuencia, impactarán positivamente en la balanza comercial de nuestro país.

Asimismo, preservar las frutas por más tiempo proporciona mayor certeza de la disponibilidad y calidad de producto y como resultante, planificar, programar la producción y la logística de manera más efectiva, maximizando la eficiencia y la reducción de los costos en toda su cadena de valor.

Luchsinger (2017), señala que en promedio, la fruta está un 90% del tiempo en el campo, y que en el 10% restante, desde que se cosecha hasta que llega al destino final, es donde realmente hay que “gestionar la fruta para evitar su deterioro”.

Si se analiza desde el punto de vista de los costos, por lo menos el 50% de ellos está concentrado en la postcosecha. Ese indicador sube a un 70% si es que se considera a la cosecha como parte de esta fase productiva. Al cosecharse una fruta comienza el avance hacia su deterioro, y el reloj empieza a correr para que la misma llegue fresca y en buenas condiciones al consumidor final señala Luchsinger (2017).

En la actualidad, todas las industrias compiten en la misma carrera hacia la excelencia en la eficiencia de procesos, la productividad y la reducción de costos de producción con el fin último de ofrecer productos de calidad. Sin embargo, ¿qué es lo que hace que un consumidor vuelva a adquirir un producto? De acuerdo a múltiples estudios realizados sobre el tema, uno en particular llevado a cabo por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) destaca que para los consumidores lo más importante es la apariencia, frescura, madurez, sabor y aroma de las frutas y hortalizas frescas (USDA, 2016).

PRODUCCIÓN NACIONAL DE FRUTAS

Argentina es un jugador importante en el mercado latinoamericano de frutas, contando, por su diversidad climática, con una gran variedad de cultivos. De acuerdo con los datos provistos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, la producción total de frutas en el año 2021 fue de aproximadamente 7.000.000 de toneladas (FAOSTAT, 2023).

Entre las frutas con mayor volumen de producción se encuentran las uvas, limones, naranjas, peras, manzanas y mandarinas. La uva es el cultivo con mayor volumen de producción que, según los registros fue de 2.241.419 toneladas en el año 2021, seguida por limones y naranjas con 1.378.020 y 1.037.318 toneladas respectivamente. Peras y manzanas ocupan el cuarto y quinto escalón en la producción aportando 634.000 toneladas las primeras y 514.000 toneladas las segundas, en el mismo año de referencia (FAOSTAT, 2023).

Las principales zonas de producción frutícola, se concentran geográficamente en las provincias de Río Negro, Neuquén, Mendoza, San Juan, Tucumán y Buenos Aires, debido a las condiciones climáticas y de suelo más favorables para cada cultivo. La producción de frutas en Argentina tiene impacto económico y social, ya que es una actividad de mano de obra intensiva, promueve el empleo, dinamiza las economías regionales y genera el ingreso de divisas a través de la exportación de las frutas frescas y procesadas.

La Dirección Nacional de Estadísticas del Sector Externo y Cuentas Internacionales del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) informó que en el año 2022 las exportaciones del complejo frutícola alcanzaron los 2.041 millones de dólares, representando el 2,3% de las exportaciones totales del país (INDEC, 2023).

DESARROLLO

Vida útil postcosecha de frutas sin tratamiento de conservación

Posterior a su cosecha, las frutas están expuestas a una serie de factores que provocan su deterioro y pérdida de calidad. Entre las razones del deterioro de las frutas se pueden mencionar:

1. **Maduración:** las frutas continúan madurando, liberando gas etileno, lo que acelera su proceso de maduración y deterioro.
2. **Lesiones físicas:** las frutas pueden sufrir lesiones físicas en las distintas etapas siguientes (transporte y almacenamiento) lo que puede provocar su descomposición o pudrición.
3. **Ataque de plagas y enfermedades:** el producto puede ser atacado por insectos, hongos y bacterias, lo que puede causar su deterioro y pérdida de calidad.
4. **Deshidratación:** durante el proceso de almacenamiento pueden perder agua, acelerando su marchitamiento y pérdida de firmeza.
5. **Temperatura:** las frutas pueden ser sensibles a las variaciones de temperatura, lo que puede provocar su deterioro.
6. **Humedad:** todos estos productos, en mayor o menor medida son sensibles a la humedad excesiva, que se manifiesta en la aparición de moho y otros microorganismos.

Cada tipo de fruta posee sus propias características y requerimientos específicos de almacenamiento, por lo que conocer estas necesidades son fundamentales para sostener la calidad y evitar el deterioro. Para remediar esto, existen diversas técnicas de conservación que pueden ser utilizadas para prolongar la vida útil de las frutas en etapa de postcosecha, como el control de la temperatura y la humedad, la aplicación de tratamientos antimicrobianos y la utilización de envases y embalajes adecuados (Zhu et al., 2019).

En la Tabla 1, se muestra el tiempo aproximado del deterioro postcosecha para algunas frutas en determinadas condiciones de almacenamiento de temperatura y humedad relativa.

TABLA 1
Tiempo de deterioro postcosecha

Fruta	Tiempo de deterioro postcosecha	Condiciones de temperatura y humedad
Manzana	30-180 días	-1°C-4°C/90%-95%
Pera	60-210 días	-1,5°C-0,5°C/90%-95%
Naranja	56-84 días	0°C-9°C/85%-90%
Limón	30-180 días	10°C-13°C/85%-90%
Durazno	14-28 días	-0.5°C-0°C/90%-95%
Ciruela	14-35 días	-0.5°C-0°C/90%-95%

Elaboración propia en base a FAO (1987).

Cabe destacar que estos tiempos de deterioro son orientativos y estimados, dado que pueden variar dependiendo de las condiciones de almacenamiento, el tipo de fruta y su grado de madurez al momento de la cosecha, exposición a elevados niveles de dióxido de carbono y ozono entre muchos otros factores (Moretti et al., 2010). En la Imagen 1, se muestran algunos ejemplos del deterioro producido por diversos factores en frutas.



IMAGEN 1
Aspectos de frutas deterioradas
(Palou, 2007)

Estimación de pérdidas económicas en la producción de frutas debido al deterioro postcosecha

Existen estimaciones económicas sobre la pérdida por deterioro de frutas luego de las cosechas. De acuerdo con datos provistos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP), se estima que la pérdida económica por deterioro postcosecha de frutas y hortalizas en Argentina es del orden del 20% al 30% de la producción total (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina, 2022).

En cambio, en un informe del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, las estimaciones son más pesimistas dando un porcentaje mayor de pérdidas por deterioro. En este reporte se indica que las pérdidas de frutas postcosecha oscilan entre el 20% y el 50% de la producción total, lo que representa un perjuicio económico de más de 1.300 millones de dólares anuales. Paralelamente, se señala que estas pérdidas de frutas están relacionadas con la falta de tecnologías adecuadas, falta de infraestructura y equipamiento en las áreas de producción y comercialización, así como también a la implementación de nuevas tecnologías y estrategias de conservación, conjuntamente con la capacitación permanente a los involucrados en el manejo de postcosecha en las diferentes etapas (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2022).

Según Babu Perumal et al. (2021), la pérdida de frutas y hortalizas por año es de 750.000 millones de dólares a nivel mundial. Existen varias proyecciones asociadas a las pérdidas postcosechas de productos hortofrutícolas que se sitúan, para los países desarrollados entre un 5% y 35% y de 20 a 50% para los que están en vías de desarrollo. Pero la diferencia radica en que las pérdidas de los primeros se dan en el último nivel de la cadena, es decir en los consumidores y en el proceso de industrialización en cambio, para los segundos, se producen durante la cosecha y postcosecha (Herrera Cebreros et al.,2022).

Además no hay que olvidar que tanto las frutas como las hortalizas son productos básicos e importantes para la nutrición humana, que ayudan a prevenir la desnutrición, la deficiencia de micronutrientes, el sobrepeso y la obesidad (Collaborators, G. B. D., 2019).

Es aquí donde se presenta una oportunidad y un desafío para la industria alimentaria para desarrollar e implementar estrategias que, además de mejorar las condiciones de conservación (temperatura, humedad relativa, gases, etc.), ayuden a mantener controladas las afecciones postcosecha y hasta las minimicen involucrando a los actores de manera más activa para trabajar en conjunto dando solución a los problemas observados, y que se sustente fundamentalmente en un aprendizaje sólido y continuo que debe trasladarse desde la academia hacia los sectores productivos, sobre todo a los de pequeña y mediana escala.

ESTRATEGIAS UTILIZADAS PARA LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS

Estas varían según el tipo de fruta de que se trate y las condiciones específicas de almacenamiento y transporte. Entre las más comunes se encuentran los tratamientos fitosanitarios, tratamientos con cera, tratamientos térmicos, atmósfera controlada, refrigeración, etc.

Aplicación de Fitosanitarios o agroquímicos postcosecha

El objetivo de la aplicación de fitosanitarios (mezclas químicas) es preservar a los vegetales del ataque de organismos nocivos. La tecnología para su aplicación es un proceso clave y de gran complejidad para el control de enfermedades de las frutas. A tal punto que si no se emplearan estos, los daños provocados por las plagas alcanzarían el 78% en frutas; sin embargo el uso de fitosanitarios puede disminuir las pérdidas por plagas entre un 35 y 42% (INTA, 2022). No obstante, a raíz de los conflictos y controversias sobre las consecuencias ambientales y sanitarias derivadas de la exposición a este tipo de productos, es necesario establecer un equilibrio entre las variables biológicas, físicas y químicas presentes en el proceso, y el impacto negativo asociado al uso o abuso de plaguicidas (Murray et al.,2019). También se ha demostrado que los niños son particularmente vulnerables a los efectos de los pesticidas debido a su menor tamaño y peso corporal (Von Ehrenstein et al., 2019).

Según Hussain y Gooneratne (2017), las cantidades excesivas de residuos químicos o demasiada exposición microbiana a la que se ven sometidos los productos frescos, son el origen de las enfermedades transmitidas por los alimentos en los últimos años a nivel mundial.

Al respecto, hay indicios de que actúan como promotores activos del cáncer en humanos, esterilidad, irritaciones de piel, trastornos digestivos, respiratorios, nerviosos, etc. subrayando que, el impacto en la salud dependerá de la toxicidad del plaguicida o dosis, el tiempo de exposición y grupo etario (niños, mujeres embarazadas, manipuladores del producto, tercera edad) (Kim et al.,2017; Muñoz-Quezada et al.,2016).

Una fuente importante de información sobre este tema es la Organización Mundial de la Salud (OMS), que ha publicado informes sobre los riesgos para la salud asociados con la exposición a los pesticidas (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2017). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) también proporciona información sobre los pesticidas y su impacto en la salud humana (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), 2023).

Por otro lado, existen investigadores que consideran al proceso de aplicación de fitosanitarios como de los más ineficientes, en virtud de que solamente una baja cantidad del producto aplicado entra en contacto y tiene efecto en el control de las plagas y sus enfermedades (Magdalena et al., 2010; Jalil Maluf, 2015).

A la luz de estas evidencias, es necesario investigar más sobre las tecnologías de aplicación de los productos fitosanitarios en la etapa de postcosecha, para generar información científica del comportamiento de ciertas variables que son críticas en esta etapa y que no lo son en la etapa de campo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2022).

Técnicas de aplicación de productos fitosanitarios utilizados por la industria en la etapa postcosecha:

Ducha de bines o *drench*: Mediante este método la fruta cosechada es colocada en cajones y tratada mediante una ducha previamente a su conservación frigorífica. Ver imagen 2 (a).

Ducha en la línea de procesamiento. Se aplican fitosanitarios utilizando un sistema de ducha, la diferencia es que la fruta es preclasificada, lavada con detergente y enjuagada con agua limpia sobre los cepillos del módulo de lavado antes de su tratamiento.

Pulverización con boquillas. Este sistema de aplicación en la línea de procesos es el más utilizado, pulverizando los productos sobre la fruta a través de boquillas. Ver imagen 2 (b).

Baños. En este método los frutos son volcados en tanques conteniendo el líquido de tratamiento, con un tiempo de residencia que va entre uno a tres minutos. Debe realizarse el cambio periódico del líquido y mantener la limpieza del tanque.

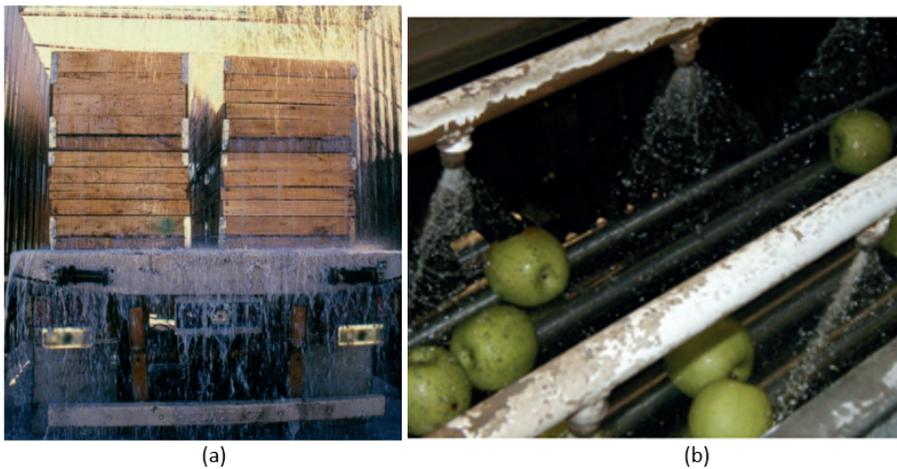


IMAGEN 2
Métodos de aplicación de fitosanitarios en frutas
(Murray et al., 2019)

Algunos de los insecticidas más usados en Argentina son la cipermetrina, clorpirifos, fipronil e imidacloprid (utilizados en hortalizas, frutales, maíz) . Y, para el caso de los fungicidas se encuentran el benomil y carbendazin (principalmente en hortalizas) (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, SENASA, 2020).

Por último cabe mencionar que el mercado de la industria de fitosanitarios en Argentina, mueve un volumen de 2500 millones de dólares al año con una participación de 20 empresas y alrededor de 317 millones de kilogramos o litros de productos fitosanitarios, según las últimas estadísticas de la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE, 2012). Además, en CASAFE (2018), se destaca que los insecticidas ocupan el segundo lugar detrás de los herbicidas con un volumen comercializado de 17,6 millones de litros.

En resumen, es importante tomar en cuenta los potenciales perjuicios a la salud humana al momento de utilizar fitosanitarios en la producción de frutas, y es fundamental implementar prácticas agrícolas más sostenibles y seguras para proteger tanto el medio ambiente como la salud de los consumidores. Entre estas prácticas, se puede pensar en utilizar otras alternativas como:

- Fitosanitarios biológicos

Los productos biológicos, nombre genérico para este grupo se pueden clasificar en bioestimulantes, biocontroladores y bioplaguicidas. El control biológico de enfermedades vegetales se limita a la utilización controlada de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras que antagonizan con los microorganismos patógenos. Su objeto es la manipulación directa o indirecta, de los agentes vivos (antagonistas) que de forma natural poseen la capacidad de controlar a los agentes patógenos. Por lo tanto, un agente de control biológico es un microorganismo vivo o un compuesto derivado de este. Es de destacar la importancia de la relación tolerancia/resiliencia en condiciones climáticas severas (que producen estrés abiótico) cuando se seleccionan y eligen potenciales agentes de control biológico, además de variables como la velocidad de crecimiento, alta capacidad de reproducción y sobre todo, deben estar libres de antagonistas naturales (Magan, 2020; Viera-Arroyo et al., 2020).

Existen experiencias e investigaciones que consideran a los microorganismos cultivables como una fuente invaluable de agentes de control biológico (Wang et al., 2021; Zhang et al., 2021; Guevara-Avendaño et al., 2019). Un ejemplo de ello es el bioinsumo a base de *Trichoderma* con funciones fungicidas y fertilizantes que se desarrolló en el Centro de Transferencia de Bioinsumos (CeTBIO) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de Córdoba, Argentina. Al mismo tiempo, los investigadores indican que complementarán la cepa anterior con otro producto a base de bacterias del género *Bacillus* (AgriBio, 2023).

En los últimos años, hubo un gran avance en las investigaciones asociadas al control biológico de patógenos de postcosecha, que promueven proyecciones con gran potencial futuro que minimizaría el uso de los fungicidas químicos de síntesis, los cuales vienen siendo cada vez más cuestionados. Sin embargo, se necesitan más trabajos y experiencias de campo que profundicen en la seguridad de los consumidores y de los operarios que manipulan los bioproductos, así como indagar más acerca de los mecanismos de acción que manifiestan los hongos, levaduras y bacterias, entre otras variables de importancia en un entorno de gran avance de las tecnologías ómicas (Köhl et al., 2019).

La industria de biopesticidas seguirá desarrollándose con vistas a transformarse en el elemento principal para controlar las enfermedades en postcosecha (Spadaro y Droby, 2016). Pero los entendidos en el tema mencionan que hay un cambio de paradigma que involucra el pasaje de los agroquímicos a la biología (Zapata et al., 2018). A tal punto que algunas proyecciones de mercado muestran que entre 2040 y 2050 los bioinsumos igualarán al mercado de los agroquímicos (Vigliano y Sabor, 2022). Según información provista por la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes de Argentina, el 85% de las empresas asociadas desarrolla, produce y/o comercializa productos biológicos (CASAFA, 2023).

En la actualidad, el mercado de biológicos en Argentina tiene un valor que oscila alrededor de 100 millones de dólares al año, con un crecimiento anualizado de entre el 5 y 10% (AgriBio, 2023).

En América Latina, los biopesticidas encabezan el uso para protección de cultivos con un 5% del mercado, siendo Argentina y Brasil las que lideran el crecimiento en la aplicación de insumos biológicos agrícolas para las producciones de frutas y hortalizas (Thiery, 2023).

En Argentina, los fitosanitarios biológicos más utilizados son: los inoculantes, productos formulados a base de microorganismos (hongos y/o bacterias específicas). Estos preparados mantienen vivas y activas las bacterias por su capacidad y efectividad para fijar el nitrógeno del aire en asociación con el cultivo; los bioplaguicidas que sirven para controlar insectos; y los bioestimulantes, que estimulan los procesos metabólicos naturales.

La obtención de rendimientos aceptables, la viabilidad económica, la sustentabilidad con el ambiente y la aceptación cultural y social, son algunas de las ventajas del uso de bioinsumos en la agricultura, señaladas en el Ciclo Bioinsumos: herramientas del presente que alimentan el futuro (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA Argentina, 2021). Es decir, la acción de los microorganismos beneficiosos provocan una mejora del suelo, corrigiendo la absorción de nutrientes y estimulando el crecimiento de la planta. Mayor resistencia a sufrir estrés hídrico, salinidad y temperaturas extremas que, junto con la sostenibilidad, ayudan a la salud del suelo logrando una mayor resistencia de la planta y menor dependencia de fertilizantes de síntesis química. Finalmente se llega a obtener un cultivo de calidad en donde la calidad organoléptica se ve mejorada.

También se debe hacer referencia a las dificultades que conspiran para que haya una mayor adopción de los bioinsumos, las cuales tienen que ver con la gran variabilidad en su efectividad, con los tiempos demandados para observar su accionar, con la dosificación, ciertos problemas para certificar la calidad de las soluciones. Tanta heterogeneidad, va en desmedro de la confianza del productor (Starobinsky et al., 2021)

Por último, cabe mencionar que existen nuevas e innovadoras investigaciones que surgieron a partir de utilizar el método de ARN de las vacunas Covid-19, para aplicar al control de plagas en los cultivos (Agrositio, 2021). La aplicación de ARN en la planta actúa sobre un gen específico de la plaga que es fundamental para su crecimiento logrando su eliminación sin impacto negativo en el medio ambiente.

- Productos químicos alternativos con efectos residuales bajos

En la misma línea que la estrategia anterior, respecto a disminuir los impactos negativos de los productos de síntesis química sobre el ambiente, la salud humana y la seguridad alimentaria se encuentran los productos químicos alternativos naturales o de síntesis con efectos residuales y toxicológicos conocidos y muy bajos (Palou, 2007; Nabila & Soufyan, 2019).

Se pueden incluir entre estos, sustancias presentes en forma natural en plantas, animales o microorganismos (aceites esenciales, extractos de plantas, metabolitos secundarios, compuestos aromáticos, etc.) o, en el caso de productos sintetizados artificialmente, los aditivos alimentarios permitidos como el carbonato y bicarbonato de sodio, con pocas barreras regulatorias a su uso y reconocidos como seguros por el Código Alimentario Argentino y por el CODEX ALIMENTARIUS para muchas aplicaciones (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023). En 1997 la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) declaró a los bicarbonatos, exentos de tolerancias de residuos en todos los productos agrícolas, es decir son sustancias catalogadas como GRAS. Por otro lado, su uso no posee restricciones para muchas aplicaciones en Europa (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), 2023). Los extractos de plantas son mezclas complejas con compuestos bioactivos que se extraen por medio de solvente (agua, ácido acético, etanol, acetona entre otros) de la planta o de partes de ella. Los aceites esenciales se extraen de varias partes de las plantas aromáticas en forma de soluciones aceitosas por destilación, fermentación, etc.,. Los aceites esenciales son biodegradables y de baja toxicidad para los mamíferos, pudiéndose obtener a bajo costo (Neliswa et al., 2021). Los metabolitos secundarios derivan de bacterias, hongos y plantas. Estos compuestos tienen bajo peso molecular con diversas estructuras químicas y actividades biológicas que no son esenciales para el crecimiento y el desarrollo del organismo (Mosunova et al., 2020). Algunos metabolitos secundarios son: fenoles, ácidos fenólicos, quinonas, flavonas, flavonoides, flavonoles, taninos y cumarinas. Las investigaciones han probado la actividad intensa de estos compuestos para combatir un gran número de hongos patógenos en la postcosecha de frutas y verduras (Liu et al., 2019; Zhang et al., 2019; Olea et al., 2019)

- Películas y recubrimientos comestibles

Representan una opción para optimizar y extender la calidad y vida útil de las frutas y hortalizas durante el manejo pre y postcosecha, al mismo tiempo que durante su procesado, transporte y almacenamiento. Es decir, actúan como una defensa física que resguarda la fruta de los elementos ambientales, extiende su duración en el estante y aporta un plus a los productos de la horticultura y fruticultura. Obviamente, estos recubrimientos, tienen que ser inocuos, biodegradables, incoloros e insípidos (USDA, 2016).

Atendiendo a los criterios expuestos, se destaca el uso del quitosano (polisacárido que puede obtenerse a partir de la quitina presente en exoesqueletos de crustáceos como una de sus fuentes naturales, pero también a partir de medios químicos y enzimáticos) (Solano-Doblado et al., 2018; Mujtaba et al., 2019). Estos recubrimientos se estructuran alrededor de la fruta u hortaliza generalmente por inmersión o aspersión produciendo de manera más lenta el pasaje de humedad o la transferencia de gases y solutos. El resultado es un aporte de valor agregado.

El quitosano posee además, capacidad antimicrobiana, baja toxicidad, biodegradabilidad, no causa problemas de salud ni de seguridad alimentaria, por lo que es ideal para los sistemas agrícolas y para la conservación de alimentos. Estas funcionalidades tienen su origen debido a la presencia de grupos amino (-NH₂) en su estructura química y a sus cualidades tecnológicas (solubilidad, compatibilidad con compuestos orgánicos e inorgánicos y habilidad para formación de recubrimientos). Concretamente el quitosano es un derivado N-desacetilado y no tóxico de la quitina. Según lo señalado por (Hernández et al., 2018), los exoesqueletos de los moluscos y crustáceos representan entre el 40 % y el 50 % de la masa del animal.

Hay estudios que señalan que la combinación de quitosano con otros métodos (físicos, extracto vegetal y aceites esenciales, etc.) para el control de plaga en precosecha y postcosecha, potencian sus propiedades tecnológicas y funcionales y extiende la vida de almacenamiento de diversos productos hortícolas (Fortunati et al., 2017; Hajji et al., 2018; Jiao et al., 2019; Wang, et al., 2019)

A pesar de presentar una buena performance para prevenir o minimizar la incidencia de enfermedades postcosecha, y de retrasar el deterioro natural de los productos frutihortícolas, es necesario estudiar más acerca de las condiciones de obtención y aplicación de este tipo de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas.

Tratamientos térmicos

Estos se han utilizado desde la antigüedad como medio de control de las podredumbres, previo al desarrollo de los fungicidas sintéticos. Los tratamientos térmicos pueden aplicarse mediante baños o aspersión de agua caliente o a través de aire caliente húmedo. Cuando los tratamientos térmicos son posteriores a la cosecha, para controlar la descomposición, suelen aplicarse durante un tiempo relativamente corto (de segundos a minutos) porque los patógenos objetivo se encuentran en la superficie o en las primeras capas debajo de la piel de la fruta o verdura.

- Curado

Consiste en tratar a los frutos en cámara con aire a temperaturas superiores a 30°C y humedad relativa elevada (mayor a 90%) (Schirra et al., 2000).

Este método permite lograr efectivos controles de podredumbres en cítricos, con 2 o 3 días de tratamiento, obteniendo buenos controles inclusive con 24 h de curado o menos. Sin embargo los tiempos prolongados de proceso y el excesivo consumo energético hacen que comercialmente no se aplique masivamente (Plaza et al., 2003; INTA, 2022).
- Agua caliente

Es conocida como termoterapia, consiste en el tratamiento con agua caliente a temperaturas entre 40 a 60°C durante un tiempo determinado que va de 20 segundos a 3 minutos, con y sin el agregado de otros principios activos (naturales o sintéticos) para optimizar la acción contra los patógenos.

Atmósfera controlada

Una de las técnicas más efectivas para prolongar la vida útil de las frutas es el uso de atmósferas controladas y su aplicación en la conservación de frutas postcosecha. Esta es una tecnología que ajusta y mantiene niveles específicos de gases en un ambiente cerrado, para preservar la calidad de frutas y otros productos perecederos. Consiste en atmósferas con alto contenido de CO₂ y bajo nivel de O₂ (Kader y Arpaia,2002).

Esta técnica se genera modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara frigorífica, en la que se realiza un control de la temperatura, humedad y circulación del aire. Con esto es posible regular las variables físicas del ambiente en función de las necesidades de cada producto y mantenerlas constantes hasta el final del proceso.

Aquí hay que hacer una distinción entre atmósfera controlada y modificada. La diferencia entre ambas definiciones reside en que en el primer caso, se mantienen las proporciones de gases deseadas de manera exacta y normalmente, se emplea con productos que tienen una larga vida útil en instalaciones fijas. Por otro lado, el almacenamiento en atmósferas modificadas se lleva a cabo en contenedores con permeabilidad diferencial a los gases (como películas plásticas) y por períodos cortos de tiempo. En este caso, la composición gaseosa no es controlada de manera precisa, sino que se modifica dentro del envase por la respiración hasta alcanzar un equilibrio con la del ambiente. La atmósfera de equilibrio resultante depende del producto, de las características de la película y de la temperatura de almacenamiento (Kader y Arpaia,2002).

Los últimos avances en este tipo de tratamiento se dan, por ejemplo con la Atmósfera Controlada Dinámica (DCA). Con esta tecnología se puede preservar de una forma totalmente natural, por más tiempo, y mejor. Es especialmente utilizada en manzana y pera. El método consiste en hacer un seguimiento continuo y personalizado para cada tipo de fruta, a través de marcadores de fluorescencia en la piel de la fruta cuando se alcanza un nivel bajo de oxígeno tolerado por la misma, se emite una señal para que los niveles se vuelvan a adecuar. Con la DCA se obtienen ventajas como la independencia del uso de químicos, la reducción de las mermas, conservación del color original, mayor consistencia y propiedades organolépticas, entre otras características (De la Vega et al.,2017).

Además, se pueden mencionar otras alternativas para la Atmósfera Modificada (AM) como, el uso de bolsas microperforadas, cámaras de gasificación con SO₂, bolsas que permiten la liberación de SO₂ en postcosecha, aplicación de oxígeno reactivo u ozono, moléculas activas para films plásticos, luz ultravioleta e inhibidores de etileno, entre otras técnicas.

La elección indicada del tipo de atmósfera, y su posterior aplicación, dependerá de las necesidades del producto, el destino de la producción, y del volumen de inversión.

Factores Clave en la Atmósfera Controlada:

Concentración de gases: La reducción de O₂ y el aumento de CO₂ en el ambiente de almacenamiento disminuyen la velocidad de la respiración y retrasan la maduración de las frutas. Los niveles óptimos de gases varían según el tipo de fruta y deben ajustarse cuidadosamente para evitar daños en el producto (De la Vega et al.,2017).

Temperatura: La temperatura óptima de almacenamiento varía según la especie de fruta y debe mantenerse lo más baja posible sin causar daños por frío. La temperatura correcta ayuda a reducir la tasa de respiración y desacelerar el proceso de maduración.

Humedad: Mantener una humedad relativa elevada (85-95%) en la cámara de almacenamiento ayuda a prevenir la pérdida de humedad en las frutas y reduce la tasa de deshidratación y encogimiento.

Ventajas y desventajas de la Atmósfera Controlada (AC):

- Ventajas:
 - Aumento del periodo óptimo de la conservación entre un 40 y 60 %, respecto de la conservación en atmósfera normal.
 - Minimiza las alteraciones y podredumbres típicas causadas por el frío, al aplicar la conservación frigorífica a 0° C, pues permite elevar temperaturas.
 - Disminución de las rebajas por peso.
 - Efecto fungicida e insecticidas debido a la elevada concentración de CO₂.
- Desventajas:
 - Alta inversión inicial en cámara frigorífica.
 - Mantener adecuada composición de la atmósfera.
 - Instrumental tecnológico elevado para su control.
 - Limitaciones de apertura de la cámara.
 - Incompatibilidades entre variedades a consecuencia de las diferentes condiciones de conservación.

Ventajas y desventajas de la Atmósfera Modificada (AM) (Ospina Meneses y Cartagena Valenzuela, 2008):

- Ventajas:
 - Evita el almacenaje de humedad en la superficie
 - Evita la difusión parcial de gases en el interior y en el exterior
 - Más económica que la AC
 - Puede aplicarse a los productos de manera individual
- Desventajas:
 - Inversión en maquinaria de envasado con gas
 - Costo de los gases (CO₂, O₂ y N₂)
 - Costo de los materiales de envasado
 - Los beneficios del envasado se pierden cuando se abre o se perfora el envase.

Tratamientos con radiaciones

Radiación ultravioleta (UV)

La radiación de la que hablamos tiene más energía que la luz visible y no es ionizante. Se puede dividir en tres regiones del espectro: UV-C (longitud de onda corta: 200 a 280 nm), UV-B (longitud de onda media: 280 a 320 nm) y UV-A (longitud de onda larga: 320 a 400 nm) (Civello et al., 2007).

La exposición de frutas, luego de la cosecha, a radiación de onda corta UV-C durante un tiempo determinado, suele ser uno de los posibles tratamientos, sin embargo estos resultan costosos y poco prácticos, ya que requieren instalaciones especiales además de que las dosis requeridas para un control eficaz de las pudriciones, pueden ser fitotóxicas y causar manchas en la piel de los frutos (Palou, 2020). El mecanismo de acción de los tratamientos con UV parece ser de dos formas según autores como (Mditshwa et al., 2017;

Ferrario et al., 2014; Gómez-López et al., 2007): la alteración de la cadena del ADN, provocando que el hongo sea incapaz de desarrollarse y, la inducción de compuestos antifúngicos y de enzimas relacionadas con la defensa del fruto.

Entre las ventajas de los tratamientos con UV-C en frutas y hortalizas son: no deja residuos, es fácil de usar, tiene gran letalidad en muchos tipos de microorganismos. Por otro lado también hay ensayos combinados de UV-C con otros métodos, como los de Adiletta et al., (2018), Silva et al., (2018) y Kumar et al., (2017), quienes realizaron experiencias combinando UV-C con quitosano en diversas frutas.

Algunas desventajas del uso de UV-C pueden encontrarse en que es un tratamiento de tipo superficial, no hay demasiada uniformidad de la radiación cuando se aplica, se recomienda para productos que no están envasados porque hay absorción de UV-C en materiales plásticos, falta de información sobre otras variables de procesos diferentes a las dosis de radiación (Sethi et al., 2018).

Las experiencias sobre frutas y hortalizas tratadas con UV en postcosecha, están avanzando en virtud del aumento de la demanda por parte de los consumidores de disponer alimentos mínimamente procesados, seguros y con aspecto de frescura. Sin embargo, hay muchos trabajos en donde las experiencias se centran en dosis total de radiación sin mencionar variables como la intensidad de radiación o el tiempo total de tratamiento (Li et al., 2020; Cote et al., 2013)

Por último, el aumento de la población mundial para fines del siglo XXI, estimándose a 10.000 millones, será uno de los motivos que impulsen la demanda de alimentos no solo en cantidad sino también en calidad nutricional. Por lo tanto, la seguridad alimentaria junto con la adopción de modelos de producción agropecuarios más sustentables y sostenibles serán desafíos medulares para los tiempos venideros (OCDE/FAO, 2019; Hodson de Jaramillo et al., 2019)

En la actualidad, la Unión Europea, Estados Unidos, inclusive China promueven políticas para regular el uso de agroquímicos, límites máximos de residuos químicos en alimentos y como contrapartida, promocionan los insumos de origen biológico.

Estos incentivos por el lado de la oferta, conducen a incrementar las experiencias orientadas a mejorar el control de los hongos patógenos que atacan a los vegetales posteriores a su cosecha que, junto con la extensión de la vida útil son objetivos importantes del sector de frutas y hortalizas que motivan la búsqueda de nuevas alternativas, posibilidad de implementar estrategias combinadas de tecnologías más amigables y saludables con el ambiente, para la inocuidad de los alimentos y para la salud de las personas. Más aún, frente a las limitaciones que tienen el uso de agroquímicos en todo el mundo. En este sentido, la idea es ensayar combinaciones que compatibilicen todas las técnicas y métodos convenientes, tanto como sea posible, disminuyendo paulatinamente la importancia del control químico (INTA, 2020).

CONCLUSIÓN

La necesidad de productos amigables, sostenibles y sustentables con el ambiente no escapa al sector frutihortícola, máxime cuando una de las técnicas más usadas para el tratamiento de conservación y protección de plagas son los fitosanitarios de síntesis químicas. Estos no solamente derivan en residuos tóxicos para el suelo, el aire y el agua sino que quedan en las frutas y hortalizas transformándose en un serio problema de seguridad alimentaria.

La creciente necesidad de alimentos requeridas por la humanidad y los desafíos que enfrenta la agricultura han generado un mercado significativo para los recursos biológicos u otras técnicas de manejo postcosecha que permitan disminuir los insumos de síntesis química.

Sin embargo, la paulatina introducción de los productos biológicos debe darse en función de recomendaciones seguras para su uso con eficacia, lo cual lleva a tener que fraccionar o segmentar claramente la oferta de tal modo que permita identificar en qué momento y en qué condiciones se puede aplicar un biocontrolador, y cuándo un bioestimulante. Claro está que las mayores precisiones y certezas irán de la mano

de recopilar una gran cantidad de datos que verifiquen la efectividad de los bioinsumos y una fuerte inversión en Investigación y Desarrollo (I+D).

Así mismo, hay que señalar el papel que deben cumplir los organismos de control gubernamental para llevar adelante procedimientos de verificación de calidad, proporcionando credibilidad y certeza suficiente acerca de las formulaciones y eficacia a los usuarios de bioinsumos.

La combinación de distintas estrategias para el manejo integrado de podredumbres en postcosecha se transforma en el manejo más eficiente para evitar el deterioro de las frutas, resultando esto imprescindible para lograr los resultados deseados a nivel comercial y que sean económicamente viables y amigables con el medio ambiente. Estas estrategias ya existen en el acervo del conocimiento científico tecnológico, “sólo hace falta darlas a conocer, compartirlas, y acompañar su implementación” señala Vicente (2020). Estas combinaciones se pueden dar por ejemplo con el quitosano y aceites esenciales o con extractos vegetales obteniendo una marcada mejora en las propiedades tecnológicas y funcionales del quitosano para con los productos frutihortícolas.

Queda demostrado, que es de fundamental importancia producir alimentos de manera sustentable y adecuada para todos los consumidores del mundo. Las elevadas pérdidas sufridas en la etapa de postcosecha indica que se debe tomar conciencia del costo ambiental, económico y social que significa desaprovechar más de la mitad de lo que se produce por lo que se hace necesario continuar estudiando y capacitando en estrategias de manejo que minimicen las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adiletta, G., Pasquariello, M. S., Zampella, L., Mastrobuoni, F., Scortichini, M., & Petriccione, M. (2018). Chitosan coating: A postharvest treatment to delay oxidative stress in loquat fruits during cold storage. *Agronomy*, 8(4), 54. <https://doi.org/10.3390/agronomy8040054>
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). (2023). Pesticides and food: How we test for safety. <https://www.epa.gov/pesticides/pesticides-and-food-how-we-test-safety>
- AgriBio (2023). ¿De cuánto es el mercado de biológicos en Argentina y Latam para Koppert?. Recuperado el 30 de septiembre de 2023, de <https://www.agribio.com.ar/noticias/de-cuanto-es-el-mercado-de-biologicos-en-argentina-y-latam-para-koppert>
- AgriBio (2023). Cómo funciona el Centro de Transferencia de Bioinsumos (CeTBIO) de Córdoba. Recuperado el 30 de septiembre de 2023, de <https://www.agribio.com.ar/noticias/como-funciona-el-centro-de-transferencia-de-bioinsumos-cetbio-de-cordoba>
- Agrositio (2021). Una startup busca revolucionar el control de plagas en la agricultura empleando el método ARN de las vacunas Covid-19. Recuperado de <https://www.agrositio.com.ar/noticia/219036-una-startup-busca-revolucionar-el-control-de-plagas-en-la-agricultura-empleando-el-metodo-arn-de-las-vacunas-covid-19.html>
- Babu Perumal, A., Huang, L., Nambiar, R.B., He, Y., Li, X., & Selvam Sellamuthu, P. (2021). Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review. *Food chemistry*, 375, 131810. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131810>
- CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes) (2012). Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012. Recuperado el 29 de Agosto de 2023, de <https://www.casafe.org/pdf/2015/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitario-2012.pdf>
- CASAFE. (2018). El mercado de agroquímicos se mantuvo estable respecto de 2015. Recuperado el 29 de Agosto de 2023, de <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2016.pdf>
- CASAFE (2023). Productos Biológicos. Recuperado de <https://www.casafe.org/productos-biologicos/>
- Civello, M., Vicente, A., & Martínez, G. (2007). UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. En R. Troncoso Rojas, M. Tiznado Hernández, & A. Gonzalez Leon, *Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits & Vegetables*. (pp. 71-102).

- Collaborators, G. B. D. (2019). Afshin, A., Sur, P.J., Fay, K.A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J.S., Mullany, E.C.,... & Murray, C.J.L. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017, *The Lancet*, 393(10184), p. 1958-1972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8).
- Cote, S., Rodoni, L., Miceli, E., Concellón, A., Civello, P. M., y Vicente, A. R. (2013). Effect of radiation intensity on the outcome of postharvest UV-C treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 83, 83-89.
- De la Vega, Juan C, Cañarejo, Magali A, & Pinto, Nicolás S. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Una Revisión. *Información tecnológica*, 28(3), 75-86. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000300009>
- FAO (1987). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas: parte 1: cosecha y empaque. Volumen 6 de FAO. Serie Tecnología Poscosecha. Santiago de Chile Oficina Regional para América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S00.htm#Contents>
- FAOSTAT (2023). Bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Ferrario M., Alzamora S.M., & Guerrero S. (2014). Study of pulsed light induced damage on *Saccharomyces cerevisiae* in apple juice by flow cytometry and transmission electron microscopy. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1001-1011.
- Fortunati, E., Giovanale, G., Luzi, F., Mazzaglia, A., Kenny, J. M., Torre, L. & Balestra, G. M. (2017). Effective postharvest preservation of kiwifruit and romaine lettuce with a chitosan hydrochloride coating. *Coatings*, 7, 2-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings7110196>
- Gómez-López V.M., Ragaert P., Debevere J., & Devlieghere F. (2007). Pulsed light for food decontamination: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 464-473.
- Guevara-Avendaño , E.; Bejarano-Bolívar , A. A.; Kiel-Martínez , A. L.; Ramírez-Vázquez , M.; Méndez-Bravo , A.; Von Wobeser , E. A.; Sánchez-Rangel , D.; Guerrero-Analco , J. A.; Eskalen , A.; Reverchon, F. (2019). Avocado rhizobacteria emit volatile organic compounds with antifungal activity against *Fusarium solani*, *Fusarium sp.* associated with Kuroshio shot hole borer, and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Microbiol Res*, 219, p. 74-83.
- Hajji, S., Younes, I., Affes, S., Boufi, S. & Nasri, M. (2018). Optimization of the formulation of chitosan edible coatings supplemented with carotenoproteins and their use for extending strawberries postharvest life. *Food Hydrocolloids*, 83(1), 375-392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.013>
- Hernández C, Nuñez A, Loranzo E, Hernández S. (2018). Despigmentación de residuos de camarón con ozono. *Centro azúcar*. 45, p. 51–63.
- Herrera Cebreros, J. M., Preciado Rodríguez, J. M., & Robles Parra, J. M. (2022). Impacto económico de las pérdidas postcosecha en los sistemas agrícolas: El sistema de uva de mesa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(1), 2-17. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81371861001>
- Hussain, M.A. y Gooneratne, R. (2017). Understanding the fresh produce safety challenges. *Foods*, 6, 23. <https://doi.org/10.3390/foods6030023>
- Hodson de Jaramillo, E., Henry, G. y Trigo, E. (eds.) (2019). Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina [primera edición]. Editorial Pontificia Universidad.
- INDEC (2023). Comercio exterior, 7(4). En: Informes técnicos 7(39). https://www.indec.gob.ar/uploads/informes-deprensa/complejos_03_2309E029401F.pdf
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA Argentina (2021). Ciclo Bioinsumos: herramientas del presente que alimentan el futuro [Webinar]. <https://www.youtube.com/watch?v=VXKMknk0D7s>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2022). Mesa de análisis y propuestas para el abordaje integral del uso de productos fitosanitarios. Los productos fitosanitarios en los sistemas productivos de la Argentina. Una mirada desde el INTA. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/618799956/12-Los-Productos-Fitosanitarios-en-Los-Sistemas-Productivos-de-La-Argentina>

- INTA (2020). Control biológico de plagas en horticultura: experiencias argentinas de las últimas tres décadas. Compilado por Polack, L.A.; Lecuona, R.E.; López, S.N. 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ediciones INTA.
- Jalil Maluf, E. L. (2015). Aplicaciones agrícolas de calidad y uso de coadyuvantes de última generación. Gota Protegida.
- Jiao, W., Shu, C., Li, X., Cao, J., Fan, X. & Jiang, W. (2019). Preparation of a chitosan-chlorogenic acid conjugate and its application as edible coating in postharvest preservation of peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 154(1), 129-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.05.003>
- Kader, A. y Arpaia, M. (2002). Postharvest handling systems: Subtropical fruits. A.A. Kader (Ed.), *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.), Univ. of Calif. Agric. and Natural Resources, Oakland, pp. 375-384.
- Kim, K.H., Kabir, E., y Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of The Total Environment*, 575, 525-535.
- Köhl, J., Kolnaar, R., Ravensberg, W.J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Front Plant Sci.*, 10, pp. 845 <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.00845>
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R., Srivastav, M., Varghese, E. (2017). Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. *Scientia Horticulturae*, 226, 104-109, ISSN 0304-4238. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.037>
- Li, H., Han, M., Yu, L., Wang, S., Zhang, J., Tian, J., & Yao, Y. (2020). Transcriptome analysis identifies two ethylene response factors that regulate proanthocyanidin biosynthesis during Malus Crabapple fruit development. *Frontiers in plant science*, 11, 76.
- Liu, Y., Yao, S., Deng, L., Ming, J., Zeng, K. (2019). Different mechanisms of action of isolated epiphytic yeasts against *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 152 (2019), pp. 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.03.002>
- Luchsinger, L. (2017). Impacto de la postcosecha en la calidad de frutas de exportación. Redagricola. Recuperado de <https://www.redagricola.com/cl/impacto-de-la-postcosecha-en-la-calidad-de-frutas-de-exportacion/>
- Magan, N. (2020). Importance of Ecological Windows for Efficacy of Biocontrol Agents. In: De Cal, A., Melgarejo, P., Magan, N. (eds) *How Research Can Stimulate the Development of Commercial Biological Control Against Plant Diseases*. Progress in Biological Control, vol 21. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53238-3_1
- Magdalena, J.; Fernández, D.; Di Prinzio, A.; Behmer, S. (2010). Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos en agricultura. Tecnología de aplicación de agroquímicos. CYTED. Red "PULSO" (107RT0319). Cap. 1, p. 17-25. Recuperado de <https://docer.com.ar/doc/ssxe1vv>
- Mditshwa, A., Magwaza, L. S., Tesfay, S. Z. & Mbili, N. C. (2017). Effect of ultraviolet irradiation on post-harvest quality and composition of tomatoes: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10), 3025–3035. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2802-6>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina (2022). Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2021. http://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/agricultura/estadisticas/agropecuario/anuario_2021.php
- Moretti, C.L., Mattos, L.M., Calbo, A.G., Sargent, S.A. (2010). Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. *Food Research International*, 43(7), 1824-1832, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.013>
- Mosunova, O., Navarro-Muñoz, J., Collemare, J. (2020). The Biosynthesis of Fungal Secondary Metabolites: From Fundamentals to Biotechnological Applications. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.21072-8>
- Mujtaba, M., Mosri, R. E., Kerch, G., Elsabee, M. Z., Kaya, M., Labidi, J. & Khawar, K. M. (2019). Current advancements in chitosan-based film production for food technology: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121(1), 889-904. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.109>
- Muñoz-Quezada, M. T., Lucero, B. A., Paz Iglesias, V., Muñoz, M. P., Cornejo, C. A., Achu, E., Baumert, B., Hanchey, A., Concha, C., Brito, A. M. y Villalobos, M. (2016). Exposición crónica al organofosforado (OP) pesticidas y funcionamiento neuropsicológico en trabajadores agrícolas: una revisión, *Revista Internacional de Salud Ocupacional y Ambiental*, 22(1), 68-79, <https://doi.org/10.1080/10773525.2015.1123848>

- Murray, R., Candan, A., & Vázquez, D. (2019). Manual de postcosecha de frutas : manejo integrado de patógenos. INTA Ediciones. 2a ed rev. – Buenos Aires. ISBN: 978-987-8333-12-0. Recuperado de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/6349/INTA_CRBsAsNorte_EEASanPedro_Murray_Candan_Vazquez_eds_manual_poscosecha_frutas.pdf?sequence=1
- Nabila, E.A., Soufiyan, E.A. (2019). Use of plant extracts in the control of post-harvest fungal rots in apples. *Journal of Botanical Research*, 1(3), 27-41.
- Matrose, N. A., Obikeze K., Belay Z. A., Caleb, O. J. (2021). Plant extracts and other natural compounds as alternatives for post-harvest management of fruit fungal pathogens: A review. *Food Bioscience*, 41, ISSN 2212-4292, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100840>
- OCDE/FAO (2019). Perspectivas Agrícolas 2019-2028. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OECD Publishing, París – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Olea, A.F., Bravo, A., Martínez, R., Thomas, M., Sedan, C., Espinoza, L., Zambrano, E., Carvajal, D., Silva-Moreno, E., Carrasco, H. (2019). Antifungal activity of eugenol derivatives against *Botrytis cinerea*. *Molecules*, 24 (2019), p. 1239
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *CODEX ALIMENTARIUS*. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>
- Organización Mundial de la Salud & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259820>
- Ospina Meneses, S. M., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112-123.
- Palou, L. (2007). Evaluación de alternativas para el tratamiento antifúngico en poscosecha de cítricos de Producción Integrada. *Revista Horticultura*, 82-93. Recuperado de https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7620/2007_Palou%20_Evaluación.pdf
- Palou, L. (2020). El control de las enfermedades de poscosecha y las alternativas a los fungicidas químicos convencionales. En: García Álvarez-Coque, José M., Moltó, E. (coords.), *Una hoja de ruta para la citricultura española* (pp. 259-272). Almería, España; Cajamar Caja rural. <http://hdl.handle.net/20.500.11939/6610>
- Plaza, P.; Usall, J.; Torres, R.; Lamarca, N.; Asensio, A.; Viñas, I. (2003). Control of green and blue mould by curing on oranges during ambient and cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28 : 195-198
- Silva, D. A., Salazar Anacona, K., Mosquera Sánchez, S. A., & Rengifo Canizales, E. (2018). Efecto de recubrimientos de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano aplicados a la papaya. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 71-80.
- Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yhoshua, S., & Falik, E. (2000). Host-pathogen interaction modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 21(1), 71-85. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00166-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00166-6)
- SENASA. (2020). Registro Nacional de Terapéutica Vegetal. Recuperado el 22 de Agosto de 2023 de <https://www.argentina.gob.ar/files/productosformuladosoctubre2021xls>
- Sethi, S., Joshi, A., y Arora, B. (2018). UV treatment of fresh fruits and vegetables. In M. W. Siddiqui (Ed.), *Postharvest disinfection of fruits and vegetables* (pp. 137-157). Cambridge: Academic Press.
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L. & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 30-42. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Spadaro, D., y Droby, S. (2016). Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: The importance of elucidating the mechanisms of action of yeast antagonists. *Trends in Food Science & Technology*, 47, 3949. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.003>
- Starobinsky, G., Monzón, J., Di Marzo Broggi, E. y Braude, E. (2021). Bioinsumos para la agricultura que demandan esfuerzos de investigación y desarrollo. Capacidades existentes y estrategia de política pública para impulsar su desarrollo en Argentina. Documentos de Trabajo del CCE N°17. Consejo

para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/365426490_Bioinsumos_para_la_agricultura_que_demandan_esfuerzos_de_investigacion_y_desarrollo_Capacidades_existentes_y_estrategia_de_politica_publica_para_impulsar_su_desarrollo_en_Argentina

- Thiery, E. (2023). La oferta de biológicos colapsó al Estado: hay demoras en la registración de bioinsumos. *Agrofy News*. Recuperado de <https://news.agrofy.com.ar/noticia/203815/oferta-biologicos-colapso-estado-hay-demoras-registracion-bioinsumos>
- USDA. (2016). United States Department of Agriculture. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. En K. C. Gross, C. Y. Wang, & M. Saltveit (Eds.), *Agriculture Handbook* (pp. 11-166). California. <https://www.ars.usda.gov/ARSPUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>
- Vicente, A. (2020). Antes y después de la cosecha: el Conicet trabaja para minimizar las pérdidas y desperdicios de frutas y verduras. *BioEconomía*. Recuperado de: <https://www.bioeconomia.info/2020/03/02/antes-y-despues-de-la-cosecha-el-conicet-trabaja-para-minimizar-las-perdidas-y-desperdicios-de-frutas-y-verduras/>
- Viera-Arroyo, W. F., Tello-Torres, C. M., Martínez-Salinas, A. A.,... Jackson, T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2_a06.pdf
- Vigliano, R. y Sabor, J. (2022). ¿Químicos vs. bioinsumos? En qué año el mercado de biológicos igualaría al de agroquímicos. *Agrofy News*. Recuperado de <https://news.agrofy.com.ar/noticia/202352/quimicos-vs-bioinsumos-que-ano-mercado-biologicos-igualaria-agroquimicos>
- Von Ehrenstein OS, Ling C, Cui X, Cockburn M, Park AS, Yu F, Wu J, Ritz B. (2019). Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: population-based case-control study. *BMJ*, 364, 1962. <https://doi.org/10.1136/bmj.1962>
- Wang, F., Deng, J., jiao, J., Lu, Y., Yang, L. & Shi, Z. (2019). The combined effects of carboxymethyl-chitosan and *Cryptococcus laurentii* treatment on postharvest blue mold caused by *Penicillium italicum* in grapefruit fruit. *Scientia Horticulturae*, 253(1), 35-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.031>
- Wang, C.; Ye, X.; Ng, T. B.; Zhang, W. (2021). Study on the Biocontrol Potential of Antifungal Peptides Produced by *Bacillus velezensis* against *Fusarium solani* That Infects the Passion Fruit *Passiflora edulis*. *J Agric Food Chem*, 69(7), 2051-2061.
- Zapata, Y., Cotes, A.M., Jijakli, H., Wisniewski, M. (2018). *Control biológico de patógenos en poscosecha*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34060>
- Zhang, L.; Zhang, H.; Huang, Y.; Peng, J.; Xie, J.; Wang, W. (2021). Isolation and Evaluation of Rhizosphere Actinomycetes with Potential Application for Biocontrolling *Fusarium Wilt* of Banana Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4. *Front Microbiol*, 12, 763038
- Zhang, J., Ma, S., Du, S., Chen, S., & Sun, H. (2019). Antifungal activity of thymol and carvacrol against postharvest pathogens *Botrytis cinerea*. *Journal of food science and technology*, 56, 2611-2620.
- Zhu, Z., Geng y Sun, D.W. (2019). Effects of operation processes and conditions on enhancing performances of vacuum cooling of foods: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 85, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.011>