



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha
ISSN: 1665-0204
rbaez@ciad.mx
Asociación Iberoamericana de Tecnología
Postcosecha, S.C.
México

Situación actual de los envases utilizados para la conservación postcosecha de productos hortofrutícolas

Rives-Castillo, Selene C. H.; Bautista-Baños, Silvia; Correa-Pacheco, Zormy N.; Ventura-Aguilar, Rosa I.
Situación actual de los envases utilizados para la conservación postcosecha de productos hortofrutícolas
Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 21, núm. 1, 2020
Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81363356002>

Situación actual de los envases utilizados para la conservación postcosecha de productos hortofrutícolas

Current situation of the packaging used for the postharvest conservation of agricultural products

Selene C. H. Rives-Castillo ¹
Instituto Politécnico Nacional, México

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81363356002>

Silvia Bautista-Baños ^{2*}
Instituto Politécnico Nacional, México
sbautis@ipn.mx

Zormy N. Correa-Pacheco ³
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

Rosa I. Ventura-Aguilar ⁴
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

Recepción: 26 Abril 2020
Aprobación: 01 Junio 2020
Publicación: 30 Junio 2020

RESUMEN:

México es de los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo; sin embargo, cerca del 37 % de todos estos productos se desperdician, lo cual se debe principalmente al proceso normal de maduración y a la incidencia de microorganismos que afectan la calidad de los productos agrícolas. Por esta razón, se emplean tecnologías postcosecha que involucran el uso de envases que alargan y preservan la vida de anaquel de los productos hortofrutícolas. La mayoría de los envases están fabricados con base en polímeros sintéticos como son el Polietileno Tereftalato (PET), Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP) entre otros, estos polímeros generan impacto negativo en el medio ambiente. Por lo que, actualmente, se empiezan a redireccionar las investigaciones hacia el desarrollo de envases biodegradables, elaborados principalmente de fuentes sustentables como son los residuos agroindustriales. Los principales polímeros naturales de origen agrícola utilizados son los polisacáridos, los cuales son los más abundantes en el planeta. En México, existen ya empresas dedicadas a la elaboración de bolsas principalmente, aunque no con fines agrícolas. Por otro lado, es importante considerar la ideología de la economía circular que se ha definido como una serie de desafíos basada en la regeneración de residuos, escasez de recursos y beneficios de la sostenibilidad. Esta revisión tiene como propósito exponer la situación actual de los envases para productos agrícolas frescos y mínimamente procesados y las tendencias actuales para su desarrollo y aplicación más sustentables.

PALABRAS CLAVE: Impacto ambiental, residuos agrícolas, biopolímeros, economía circular, vida de anaquel.

ABSTRACT:

Mexico is one of the main producers and exporters of vegetables in the world; however, about 37 % of all these products are discarded, which is mainly due to the normal ripening process and the incidence of microorganisms that affect the quality of

NOTAS DE AUTOR

- 1 Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, 6231, México
- 2* Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), Instituto Politécnico Nacional, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, 6231, México *sbautis@ipn.mx
- 3 CONACYT-C. EPROBI, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, 62731, México
- 4 CONACYT-C. EPROBI, Carretera Yautepec-Jojutla, km 6, calle CEPROBI, No. 8, San Isidro, Yautepec, Morelos, 62731, México

agricultural products. For this reason, the postharvest technologies use containers that extend and preserve the shelf life of fruit and vegetable products. Most of the containers are made based, among others, on synthetic polymers such as Polyethylene Terephthalate (PET), Polystyrene (PS) and Polypropylene (PP). These polymers generate negative impact on the environment. Therefore, currently, research is beginning to be redirected towards the development of biodegradable packaging, made mainly from sustainable sources such as agro-industrial waste. The main natural polymers of agricultural origin used are polysaccharides, which are the most abundant on the planet. In Mexico, there are already companies dedicated to fabricating bags mainly, although not for agricultural purposes. On the other hand, it is important to consider the ideology of the circular economy that has been defined as a series of challenges based on the regeneration of waste, scarcity of resources and benefits of sustainability. The purpose of this review is to present the current situation of packaging for fresh and minimally processed agricultural products and the current trends for their more sustainable development and application.

KEYWORDS: Environmental impact, biopolymers, agro-industrial waste, circular economy, shelf-life.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que México es uno de los principales productores y exportadores de frutas y hortalizas en el mundo, las tecnologías postcosecha que se utilizan durante la comercialización de estos productos no son suficientes para evitar su deterioro. De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Social (2012) aproximadamente el 37 % de la producción de frutas y hortalizas se desperdicia; lo que equivale a 10 millones 431 mil toneladas anuales. Aunado a esto, la Organización de los Alimentos y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) (2009) menciona que esto se debe principalmente a la pérdida de calidad asociada con el proceso de maduración normal del producto y a la presencia de microorganismos causantes de pudriciones durante el almacenamiento, comprometiendo la calidad del producto. Por estos motivos se emplea el uso de envases que preservan la calidad de los productos. De acuerdo con diversos autores, los envases deben facilitar la distribución y comercialización de los productos frescos o mínimamente procesados, asegurar la misma calidad durante toda la cadena comercial y evitar los focos de infección que promuevan la rápida senescencia del productos (Wang *et al.*, 2014; Andreeben y Steinbüchel, 2018).

En México la Asociación Nacional de Industrias del Plástico A. C. (ANIPAC, 2017) reporta que aproximadamente 3.84 millones de toneladas de plástico se destinan a la producción de envases y embalajes de productos agrícolas, en los cuales se utilizan diversos materiales derivados del petróleo, los más comunes son el HDPE (Polietileno de Alta Densidad), LDPE (Polietileno de Baja Densidad), PVC (Cloruro de Polivinilo), PP (Polipropileno) y PS (Poliestireno). Sin embargo, estos materiales representan un gran problema ecológico por la contaminación ambiental que generan (Bandyopadhyay y Sinha, 2019).

El problema de contaminación ambiental que generan estos polímeros sintéticos ha generado interés entre los investigadores que han concentrado sus investigaciones en el desarrollo de polímeros de origen natural, biodegradable y composteable (Jabeen *et al.*, 2015), se plantea así, la idea de desarrollar envases biodegradables que sustituyan a los sintéticos para evitar la contaminación que estos generan. Por otro lado, la problemática ambiental afecta a otros sectores como el económico y social, lo que ha propiciado el surgimiento de nuevos enfoques, como lo es el concepto de economía circular, en la cual se pretende maximizar el valor y la utilidad de recursos a través del diseño de sistemas y materiales más eficientes, convirtiendo lo que solía ser residuos en recursos que pueden ser utilizados nuevamente (Dow Chemical Company, 2019). Sobre el tema, la ANIPAC (2019) reportó que este nuevo modelo económico busca rediseñar, redistribuir, reducir, reutilizar, recuperar, reparar y reciclar (7R), para incorporar los materiales nuevamente al medio ambiente con el menor impacto posible.

Esta revisión tiene como objetivo exponer la situación actual de los envases para la conservación de productos agrícolas frescos y conocer las nuevas tendencias biodegradables para su fabricación, que incluyen el uso de subproductos agrícolas, así como su integración al nuevo modelo económico 7R.

TÓPICOS

Características y tipos de envases

De acuerdo con Khaneghah *et al.* (2018) los envases tienen como característica principal proteger a los productos agrícolas de contaminantes químicos y biológicos, así como evitar que los factores físicos afecten su calidad y faciliten también su libre distribución. Por su parte, Ríos *et al.* (2017) clasificaron a los envases en tres tipos: primario, secundario y terciario. Los envases primarios, tienen como función contener al producto a través de un contacto directo. Los secundarios, protegen al producto primario y proporcionan información general del producto, mientras que, los terciarios, contienen a los dos anteriores y protegen al producto durante el transporte, distribución y comercialización.

Aunado a esto existen otras propiedades que debe tener un envase como son: permeabilidad, resistencia y soportar altas temperaturas para no deformarse. En la tabla 1 se mencionan las características de algunos envases agrícolas en función del material utilizado para su fabricación.

TABLA 1
Propiedades físicas de algunos envases con fines agrícolas

MATERIALES	ESTRUCTURA	BARRERA DE GASES, AROMAS Y SABOR	BARRERA DE LUZ	HERMETICIDAD	RESISTENCIA MECÁNICA
PET / PVC / Polipropileno / vidrio / aluminio	Rígidos	Impermeable	Claros	Herméticos (termosellados/ sachet)	Resistente
Cartón / polietileno / PET	Semi-rígidos	Semi permeables	Opacos	Propenso a fugas	Débil
Polietileno / Polipropileno / PVA / LDPE / HDPE	Flexibles	Permeables	Intermedios	Propenso a fugas	Débil

Modificado de MINCETUR (2009); Arvanitoyannis (2012); ANIPAC (2019)

Materiales convencionales para la elaboración de envase

La mayoría de los materiales utilizados en la elaboración de envases para alimentos son productos derivados del petróleo. McKeen (2013) reportó que los polímeros que más se comercializan en la actualidad son los polietilenos y los polipropilenos los cuales continúan incrementando su demanda anual hasta un 4 %. Por su parte, Bandyopadhyay y Sinha (2019) reportaron que los plásticos más utilizados en la industria del envase, empaque y embalaje son el HDPE, LDPE, PVC, PP y PS. Estos materiales plásticos se caracterizan por ser ligeros, versátiles, durables, resistentes, y aislantes (Ebnesjjad, 2012), características que les permite almacenar de mejor manera al producto, protegiéndolo de diversos daños físicos, químicos y biológicos. Además, alcanzan un precio en el mercado muy reducido, haciéndolos más competitivos que los biopolímeros.

Uso y aplicaciones de los envases en la agroindustria

Diversos autores señalan los requisitos que necesitan cumplir los envases para productos agrícolas para satisfacer las necesidades de la agroindustria. Por ejemplo, Khan *et al.* (2016) mencionan que los envases a base de materiales poliméricos deben limitar o retrasar el crecimiento microbiano, además, de brindar protección ante contaminantes químicos, biológicos y físicos, ser una buena barrera contra el intercambio de gases, proporcionar una apariencia decorativa y facilitar la comercialización y mantener la calidad del producto agrícola, entre otros. Por otro lado, Méndez *et al.* (2014) resaltaron que, en el campo de la agroindustria, uno de los principales desarrollos en el ámbito de los envases es que tengan inclusión de nanomateriales inteligentes como antimicrobianos, antioxidantes, etc. Estos autores reportaron que entre los años 2006-2010, las investigaciones han tomado notoriedad en la inclusión de las nanotecnologías, envases y empaques antimicrobianos, envases activos, bioplásticos, pero sobre todo en el desarrollo de productos biodegradables.

En la tabla 2 se mencionan algunos ejemplos de materiales utilizados en la industria del envasado agrícola y sus aplicaciones en productos hortofrutícolas.

TABLA 2
Envases provenientes de diferentes materiales utilizados para la conservación de productos agrícolas frescos mínimamente procesados y procesados

ENVASE	MATERIAL	USOS	APLICACIÓN	REFERENCIAS
Envase	PP / LDPE / PVC	Atmósferas modificadas	Pitahaya	Vargas <i>et al.</i> (2012)
Envase	EVA	Atmósferas modificadas	Chile manzano	Espinosa-Torres <i>et al.</i> (2010)
Botellas	PET / PVC	Envase	Jugos, néctares y concentrados	Arvanitoyannis (2012)
Envase	PET	Atmósferas modificadas	Zanahoria	Dussán-Sarria <i>et al.</i> (2015)
Bolsa	PE	Atmósferas modificadas	Sandía	Rojas <i>et al.</i> (2008)
Bolsa	LDPE / PS	Atmósferas modificadas	Ñame	Andrade <i>et al.</i> (2017)
Clamshell	PET	Envase	Mango	Beaulieu y Lea (2003)
Clamshell	PET	Envase	Kiwi	Fisk <i>et al.</i> (2008)
Clamshell	PET	Envase	Mínimamente procesados	Pathare <i>et al.</i> (2012)
Clamshell	PET	Envase	Fresas	Wang <i>et al.</i> (2014)
Mallas	PVC	Envase	Productos hortofrutícolas	Rico <i>et al.</i> (2007)
Películas	PVC / PP	Envase	Mínimamente procesados	Espinosa-Torres <i>et al.</i> (2010)

PET (Polietilen Tereftalato), LDPE (Polietileno de Baja Densidad), PVC (Cloruro de Polivinilo), PE (Poliestireno), EVA (Etil Vinil Acetato), PP (Polipropileno) y PS (Poliestireno).

Importancia de los envases biodegradables

Atarés y Chiralt (2016) han hecho hincapié en que el uso de plásticos derivados del petróleo se ha convertido en un grave problema ambiental, por lo que se deben encontrar soluciones sostenibles y alternativas amigables con el medio ambiente, por lo que, una tendencia que se tiene actualmente es la sustitución de estos polímeros convencionales por polímeros renovables y sustentables, pero sobre todo biodegradables. En los últimos años,

la investigación en el campo de envases se ha centrado en materiales biodegradables o bioplásticos que ayuden a alargar la vida de anaquel, así como preservar la calidad y garantizar la inocuidad de los alimentos.

Los polímeros biodegradables son definidos por Khaneghah *et al.* (2018) como materiales con la capacidad de descomponerse en dióxido de carbono, metano, compuestos inorgánicos o biomasa (predominante de acción enzimática) y agua. Esto se mide a través de técnicas que se basan en normas oficiales como las de la American Society for Testing and Materials (ASTM, por sus siglas en inglés) D-400-04 que estandarizan el periodo de tiempo de degradación y los métodos de eliminación.

Jabeen *et al.* (2015) reportaron que en los últimos 10 años la demanda de bioplásticos biodegradables para envases de alimentos se ha incrementado. Igualmente, Cazón *et al.* (2017) reportaron que en la elaboración de envases deben utilizarse materiales biodegradables, que provengan de fuentes renovables, abundantes y sobre todo de bajo costo, es por lo que, en la última década se ha pretendido obtener biopolímeros a partir de residuos naturales o fuentes secundarias como son los desechos agroindustriales.

Biomoléculas derivadas de productos agrícolas utilizados para la elaboración de polímeros para envases biodegradables

Los envases a base de residuos naturales pueden contener biomoléculas, como las proteínas, lípidos y/o polisacáridos, entre otros, con los cuales se pueden realizar diversas combinaciones y en algunos casos se pueden incorporar aditivos para mejorar las propiedades de los envases (Méndez *et al.*, 2014; Cazón *et al.*, 2017) (Tabla 3).

De acuerdo con Sircusa *et al.* (2008) los principales recursos biodegradables que se utilizan en la elaboración de diversos tipos de envases para alimentos pueden ser los aceites vegetales, la fécula de maíz, la fécula de papa, fibras obtenidas de piña, yute, cáñamo, henequén y tallos de plátano, entre otros, mientras que, para Riera y Palma (2018) la obtención de biopolímeros a partir de residuos agrícolas puede incluir al almidón de yuca, olotes de maíz, papa, plátano y diversos polímeros naturales. Otros autores señalan que parte de los residuos más utilizados han sido los de papa, zanahoria, cáscara de tomate verde, residuos de manzanas, cáscara de cacahuete, arroz, fibras de coco, cáscaras de cacao y más actualmente residuos de nopal, entre otros (Virtanen *et al.*, 2017; Bilo *et al.*, 2018; Scaffaro *et al.*, 2019).

Como ejemplos de esto, a la fecha se han desarrollado envases para alimentos a partir de fibras vegetales de plátano, coco y caña, usando como aglutinante harina de arroz de rechazo (Sarasty 2017). Igualmente, se han elaborado empaques secundarios para alimentos a partir de uchuva (*Physalis peruviana*) adicionados con harina de arroz como aglutinante, resultando en una inhibición total de las bacterias *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Jara, 2018).

Chantawee y Riyajan (2018) mostró la degradabilidad en 30 días de hasta el 80% de un polímero hecho a base de almidón de yuca y fibras de hoja de caña. Heredia *et al.* (2018) mencionaron que los subproductos de la industria agrícola buscan aislar macromoléculas específicas como celulosa, lignina, pectina y suberina, así como compuestos aromáticos que sirvan para poder formular matrices poliméricas biodegradables y biofuncionales.

TABLA 3
Empleo de polisacáridos a partir de diferentes subproductos
para su uso como envases en productos hortofrutícolas

POLISACÁRIDO	FUENTE	USO	APLICACIÓN	REFERENCIA
Almidón	Cáscara de papa	Recubrimiento	Manzanas	Mehyar <i>et al.</i> (2011)
	Cáscara de chícharo	Recubrimiento	Nueces	Mehyar <i>et al.</i> (2012)
	Yuca	Recubrimiento	Guayaba	Pereira <i>et al.</i> (2012)
	Aloe vera	Recubrimiento	Chicozapote	Khalia <i>et al.</i> (2019)
Pectina	Aloe vera	Recubrimiento	Papaya	Mendy <i>et al.</i> (2019)
	Aloe vera	Recubrimiento	Naranjas	Rasouli <i>et al.</i> (2019)
	Naranjas	Película	Tomate	Sucheta <i>et al.</i> (2019)
	CMC	Biopolímero	Manzanas	Saba y Sogvar (2016)
Celulosa	CMC	Biopolímero	Fresas	Shao <i>et al.</i> (2018)
	Semilla de aguacate	Biopolímero	-	Lubis <i>et al.</i> (2018)
	HMC	Recubrimiento	Tomate	Patané <i>et al.</i> (2019)
	Cangrejo	Película	Chile verde	Priyadarshi <i>et al.</i> (2018)
Quitosano	-	Recubrimiento	Hongo Shiitake	Huang <i>et al.</i> (2019)
	Cangrejo	Recubrimiento	Mango	Jaimun <i>et al.</i> (2019)
	Camarón	Envase activo	Durian	Niponsak <i>et al.</i> (2020)

- Información no disponible; CMC=Carboximetilcelulosa y HMC=Hemicelulosa

Envases de polímeros biodegradables sintetizados químicamente de fuentes agroindustriales

De acuerdo con lo mencionado por Scaffaro *et al.* (2019) la creciente preocupación por los problemas ambientales ha estimulado el interés de la industria por investigar y mejorar el rendimiento de materiales renovables y biodegradables, con la finalidad de remplazar los polímeros convencionales de la industria petroquímica.

Sobre el tema, Andreeben y Steinbüchel (2018) mencionaron que hace aproximadamente 20 años se comenzaron a desarrollar polímeros sintetizados de fuentes agroindustriales como los provenientes de la fermentación microbiana, los cuales cuentan con buenas propiedades termoplásticas. Por su parte Khan *et al.* (2016) hacen referencia a la generación de polímeros sintetizados químicamente de agrofuentes como el PLA, el cual tiene un alto potencial para ser utilizado en la industria de los envases renovables para alimentos (Tabla 4). Los mismos autores también hacen referencia a los polímeros sintetizados por fermentaciones microbianas como son el Polihidroxibutirato co-hidroxivalerato (PHB) y el PHA que son poliésteres lineales obtenidos de fuentes de carbohidratos y ampliamente utilizados como polímeros para la elaboración de envases biodegradables.

TABLA 4
Ejemplos de algunos biopolímeros base PLA y la adición de otros
polímeros naturales para la conservación de alimentos agrícolas

MATRIZ POLIMÉRICA	USO	PRODUCTO AGRÍCOLA	REFERENCIA
PLA / Quitosano	Biopolímero	Manzana	Nasrin <i>et al.</i> (2017)
PLA / PCL / cinmaldehído	Biopolímero	Champiñon	Qin <i>et al.</i> (2017)
PLA / Quitosano	Biopolímero	Cereza	Ye <i>et al.</i> (2018)

Envases antimicrobianos biodegradables

El uso de aditivos en conjunto con materiales biodegradables para envases de alimentos aún es limitado, esto se debe a que generan preocupación en cuanto a la inocuidad del producto; sin embargo, los aceites esenciales son de gran interés como compuestos bioactivos y su buena estabilidad con los polímeros, además también son considerados alimentos GRAS (Generalmente Considerados como Seguros, por sus siglas en inglés) (Viuda-Martos *et al.*, 2010).

Sobre el tema, Atarés y Chiralt (2016) mencionaron que la incorporación de aceites esenciales representa un interesante ingrediente para el desarrollo de envases biodegradables por su origen natural y sus propiedades funcionales, lo que permite obtener materiales bioactivos que pueden alargar la vida útil de los productos agrícolas. En últimos años se han probado diversos aditivos en el desarrollo de envases inteligentes. Algunos ejemplos se mencionan en la tabla 5.

TABLA 5
Incorporación de aditivos a matrices poliméricas de diferentes fuentes
para su uso como antimicrobianos en películas y envases biodegradables

MATRIZ	COMPUESTO ADICIONADO	FUNCIÓN	REFERENCIA
Almidón de maíz	Quitosano	Antifúngico	López <i>et al.</i> (2014)
Acetato de celulosa	A.E. Orégano	Antifúngico	Pola <i>et al.</i> (2016)
Almidón de tapioca	Carvacrol	Antibacterial	Homayouni <i>et al.</i> (2017)
Almidón de papa	Thymol	Antioxidante y antibacterial	Davoodi <i>et al.</i> (2017)
Almidón	A.E. Limón	Antibacterial	Campos-Requena <i>et al.</i> (2017)
Quitosano	A.E. Romero	Antifúngico	Souza <i>et al.</i> (2018)
Almidón de papa	A. E. Orégano	Antifúngico	Li <i>et al.</i> (2018)
Almidón de papa	Eugenol	Antifúngico	Garrido-Miranda <i>et al.</i> (2018)
Almidón maíz	Extracto de granada	Antimicrobiano	Ali <i>et al.</i> (2018)
Almidón	Extracto de té	Antimicrobiano	Feng <i>et al.</i> (2018)
Quitosano	A. E. Clavo	Antifúngico	Hasheminejad <i>et al.</i> (2019)
Almidón	Pulpa de arándano	Antimicrobiano	Nogueira <i>et al.</i> (2019)
Biopolímeros de origen bacteriano			
PLA-PHB	Limonene	Antimicrobiano	Arrieta <i>et al.</i> (2014)
PHB	Celulosa	Antibacterial	López <i>et al.</i> (2015)
PLA	A.E. Orégano	Antimicrobiano	Liu <i>et al.</i> (2016)
PLA	Quitosano	Antimicrobiano	Râpa <i>et al.</i> (2016)
PLA	A.E. <i>Lippia</i>	Antimicrobiano	Gao <i>et al.</i> (2017)
PHB	Eugenol	Antifúngico	Santagata <i>et al.</i> (2017)

A.E. = Aceite Esencial

Panorama actual del mercado para los envases biodegradables

Los principales productores de bioplásticos son Asia con el 56 % de la producción, seguido de Estados Unidos con el 16 %, Sudamérica con el 10 % y de éste, principalmente los países de Colombia, Chile, Argentina y Brasil, mientras que, Europa produce el 18 % de estos bioplásticos (Riera y Palma, 2018).

Sin embargo, de acuerdo a Siracusa *et al.* (2008) los bioplásticos no son económicamente costeables, es por esta razón que es necesario realizar investigaciones que se centren en la disminución de los costos de producción para hacerlos más rentables y competitivos en el mercado. August (2013) también resalta que está preocupación debe ser el principal motivo de investigaciones, que en conjunto se haga un análisis de conexiones que se dirija desde los productos industriales hasta el consumo de los alimentos. Igualmente,

Vázquez-Morilla *et al.* (2018) indicaron que, aunque los bioplásticos tienen una baja presencia en el mercado, su producción ha aumentado aproximadamente 30 %. Actualmente, existen pocos registros de empresas dedicadas a la obtención de bioplásticos, aunque se reporta interés en realizar investigaciones acerca de su forma de obtención, comercialización y uso; por lo que, surgen iniciativas para reducir el uso de plásticos de un solo uso y promover el uso de materiales biodegradables.

A la fecha, su producción y aplicación ha recibido gran atención por parte de la sociedad, legisladores y medios, aunque en su gran mayoría se centra solo en la implementación o creación de bolsas. De acuerdo con GreenPeace-México (2019) se han incorporado a esta iniciativa varios estados de la República, entre los que se cuentan: Baja California Norte, Baja California Sur, Ciudad de México, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guadalajara, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán, los cuales han emitido propuestas para restringir el uso de productos plásticos de un solo uso y promover el uso de materiales biodegradables. En la actualidad, el 65 % de los bioplásticos se utiliza en envases y productos de vida corta (Peelman *et al.*, 2013).

Empresas mexicanas dedicadas a la elaboración de polímeros biodegradables

Hoy en día, son muy pocas las empresas mexicanas que se dedican a la elaboración de biopolímeros, todas ellas obtienen su materia prima de recursos naturales y en su mayoría desperdicios de la agroindustria como son semillas, fibras, cáscaras, bagazo y celulosa, entre otros. Entre ellas destacan Ecoshell, Biofase, BioSolutions y SIEG.

Ecoshell® (2019) es una de las empresas mexicanas con mayor auge en el mercado nacional, la cual fue creada en el año 2010. Esta empresa comercializa diversos productos en los que se incluyen bolsas y empaques, a partir de fecula de maíz, bagazo de caña de azúcar, pajas y PLA. Todos sus productos cuentan con un tiempo de degradación que va de los 90 a los 240 días, siendo composteables (<https://www.ecoshell.com.mx>). Por su parte, la empresa mexicana Biofase® (2019) se dedica principalmente a la elaboración de biopolímeros a partir de semillas de aguacate. Esta es una empresa que ha sido galardonada internacionalmente y lidereza el mercado en Latinoamérica, exportando sus productos a más de 11 países. Entre sus productos destacan los popotes y cubiertos y actualmente, están elaborando cajas para diversos sectores productivos (<https://www.biofase.com.mx>). Otra de las empresas es BioSolutions® (2019) que se dedica a la elaboración de envases y bolsas a partir de residuos de fibras de agave y la adición del PP (<https://biosolutions.mx>).

También, existen otras microempresas de reciente creación como son GECHO, Biopal y BioCane. GECHO elabora vasos y bolsas a partir de cáscara de naranja (<https://www.instagram.com/gecotech.co/?hl=es-la>). Biopal diseñó un biopolímero a partir de mucílago de nopal, el cual se emplea para la creación de diversos desechables como, vasos, platos y cubiertos (<https://invdes.com.mx/agencia-id/la-obtencion-bioplastico-nopal-no-alimenticio-premian-estudiantes-ingenieria>) y BioCane que utilizan como materia prima los subproductos de la agroindustria de la caña de azúcar (<https://www.facebook.com/BioCaneCompany>).

En la tabla 6, se muestra un resumen de las empresas mexicanas que están incursionando en la creación de biopolímeros a partir de residuos agrícolas.

TABLA 6
Empresas mexicanas involucradas en la creación de envases
biodegradables y cuya materia prima se basa en residuos agrícola

EMPRESA	RESIDUOS AGRÍCOLAS UTILIZADOS	ENVASE
Ecoshell	Almidón de maíz, bagazo de caña y paja	Bolsas, empaques, cubiertos, vasos y platos
Biofase	Semilla de aguacate	Cajas
Biosolutions	Fibras de agave	Empaques y bolsas
Geco*	Cáscaras de naranja	Bolsas y vasos
Biopal*	Mucílago de nopal	Biopolímero
BioCane*	Bagazo de caña	Biopolímero

* Empresas sin registro

Modelo económico de los materiales biodegradables: economía circular

El concepto de economía circular tiene en la actualidad un gran auge, esto lo expresan Lieder y Rashid (2016). Estos autores describen a la economía circular como una serie de desafíos basada en la generación de residuos, escasez de recursos y beneficios de la sostenibilidad, mientras que, Dow Chemical Company (2019) la describe como el maximizar el valor y la utilidad de los recursos a través del diseño de sistemas y materiales más eficientes para transformar lo que solía ser residuos, en recursos que pueden ser utilizados nuevamente. Por otra parte, la ANIPAC (2019) también menciona que la economía circular es un modelo de producción y consumo que busca cambiar el antiguo modelo lineal de usar y tirar, por uno nuevo modelo que simule los ciclos de la naturaleza y sustituya el concepto de “caducidad” por el de “restauración”.

Además, esta economía, se dirige hacia el uso de energías renovables, que sustituyen el uso de químicos tóxicos. Actualmente, se incorporan nuevos enfoques a la antigua tendencia de 3R (reutilizar – reducir – reciclar), ya que redefine y agrega otras actividades (rediseñar – redistribuir – reducir – reutilizar – recuperar – reparar - reciclar), cuya finalidad principal es que se reincorporen al medio ambiente con la menor afectación posible (ANIPAC, 2019).

De esta manera, se pretende optimizar los materiales, productos y sistemas para poder generar nuevos polímeros que se incorporen al medio ambiente sin contaminar o dejar residuos tóxicos, para así evitar repercusiones que puedan afectar también la salud humana y animal.

CONCLUSIONES

Los envases son de vital importancia para la conservación de los productos agrícolas, no obstante, la materia prima (materiales derivados del petróleo) con los que se han fabricado han causado un impacto muy negativo en el medio ambiente y la salud humana. La preocupación generada por este grave impacto ambiental, económico y social ha llevado a la búsqueda de materiales amigables, por lo que, ahora se dirige la investigación en el desarrollo de envases a partir de subproductos agrícolas y su efecto en la calidad de los productos envasados durante el almacenamiento. Por otro lado, la incorporación en el modelo de economía

circular 7R de estas nuevas tecnologías, permitirá un mejor enfoque en la optimización de los recursos naturales. La inclusión de compañías mexicanas en esta nueva tendencia es de vital importancia.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Ali, A., Chen, Y., Liu, H., Yu, L., Baloch, Z., Khalid, S., Zhu, J. and Chen, L. (2018). Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 129, 1120 – 1126. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.068.
- Andrade, D. R., Palacio, C. J., Pacheco, W. A. y Betin, R. A. (2017). Almacenamiento de trozos de ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en atmósferas modificadas. *Información Tecnológica*, 23(4), 65-72. DOI: 10.4067/S0718-07642012000400008
- Andreeben, C. and Steinbüchel, A. (2018). Recent developments in non-biodegradable biopolymers: Precursors, production processes, and future perspectives. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 103 (1), 143-157. DOI 10.1007/s00253-018-9483-6
- ANIPAC (Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C.) (2017). El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente. Recuperado de <https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/origendelosplasticos.pdf>
- ANIPAC (Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C.) (2019). Tipos de plásticos. Recuperado de <https://anipac.com/informacion-de-plasticos/#>
- Arrieta, M. P., Fortunati, E., Dominice, F., Rayón, E., López, J. and Kenny, J. M. (2014). PLA-PHB/cellulose based films: Mechanical, barrier and disintegration properties. *Polymer Degradation and Stability*, 107, 139-149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.05.010>
- Arrieta, M. P., López, J., López, D., Kenny, J. M. and Peponi, L. (2016). Biodegradable electrospun bionanocomposite fibers based on plasticized PLA-PHB blends reinforced with cellulose nanocrystals. *Industrial Crops and Products*, 93, 290-301. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.058>
- Arvanitoyannis, I. S. and Archilleas, B. (2012). Materials (films), gases and machinery (techniques) for MAP. En *Modified atmosphere and packaging technologies* (pp. 3-42). Arvanitoyannis I. S. (Ed). USA, Contemporary Food Engineering Series. CRC Press Taylor & Francis group. DOI: 10.1201/b12174-4
- ASTM (American Society for Testing and Materials). <https://www.astm.org/>
- Atarés, L. and Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 51-62. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.12.001
- Bandyopadhyay, J. and Sinha, R. S. (2019). ¿Are nanoclay-containing polymer composites safe for food packaging applications? -An overview. *Journal of Applied Polymer*, 136, 47214 DOI: <https://doi.org/10.1002/app.47214>
- Beaulieu, J. C. and Lea, J. M. (2003). Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 15-28. DOI: 10.1016/S0925-5214(03)00081-4
- Bilo, S., Pandini, S., Sartone, L., Depero, L., Gargiulo, G., Bonassi, S. F. and Bontempi, E. (2018). A sustainable bioplastic obtained from rice straw. *Journal Cleaner Production*. 200, 357-368. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.252
- BIOCANE. (2019). <https://www.facebook.com/BioCaneCompany>
- BIOFASE. (2019). <https://www.biofase.com.mx/>
- BIOPAL. (2019). <https://invdes.com.mx/agencia-id/la-obtencion-bioplastico-nopal-no-alimenticio-premian-estudiante-s-ingenieria>
- BIOSOLUTIONS. (2019). <https://biosolutions.mx/>
- Campos-Requena, V. H., Rivas, B. L., Pérez, M. A., Figueroa, C. R., Figueroa, N. E. and Sanfuentes E. A. (2017). Thermoplastic starch/clay nanocomposites loaded with essential oil constituents as packaging for strawberries – *In vivo* antimicrobial synergy over *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology*, 129, 29–36. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2017.03.005.

- Canilha, L., Chandel, A. K., Milesi, T. S. S., Antunes, F. A. F., Freitas, W. L. C. and Felipe, M. G. A. (2012). Bioconversion of sugarcane biomass into ethanol: an overview about composition, pretreatment methods, detoxification of hydrolysates, enzymatic saccharification, and ethanol fermentation. *Journal of Biomedical and Biotechnology*, 1-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/989572>
- Castillo, L. A., Farenzena, S., Pintos, E., Rodríguez, M. S., Villar, M. A., García, M. A. and López, O. V. (2017). Active films base on thermoplastic corn starch and chitosan oligomer for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 14 -B, 128-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.10.004>
- Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A. and Vázquez, M. 2017. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 68, 136-148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>
- Chantawee, K. and Riyajan, S. A. (2018). Carboxylated styrene-butadiene rubber adhesion for biopolymer product-based from cassava starch and sugarcane leaves fiber. *Industrial Crops and Products*, 125, 639-647 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.09.039>
- Davoodi, M., Kavoosi, G. and Shakeri, R. (2017). Preparation and characterization of potato starch-thymol dispersion and film as potential antioxidant and antibacterial materials. *International Journal Biological Macromolecules*, 104 (Part – A): 173–179. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.05.145.
- Dow Chemical Company México (2019). Recuperado de <https://mx.dow.com/es-mx/sustentabilidad/metas-de-sus-tentabilidad>
- Dussán-Sarria, García-Mogollon, C. A. y Gutiérrez-Guzmán, N. (2015). Cambios fisicoquímicos y sensoriales producidos por el tipo de corte y empaque en zanahoria (*Datus carota* L.) mínimamente procesada. *Información Tecnológica*, 26(3), 63-70. DOI: 10.4067/S0718-07642015000300010
- Ebnesajjad, S. (2012). Plastic Films in Food Packaging: Materials, Technology and Applications; Oxford, U.K.: Elsevier. 384pp.
- ECOSHELL. (2019). <https://www.ecoshell.com.mx/>
- Espinosa-Torres, L. E., Pérez-Grajales, M., Martínez-Damián, M. T., Castro-Brindis, R. y Barrios-Puente, G. (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(2), 115-121. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2010000200007&script=sci_abstract
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2009). Causas y prevención de pérdidas y desperdicios de alimentos. Recuperado 25 de marzo del 2019. <http://www.fao.org/3/i2697s/i2697s03.pdf>
- Feng, M., Yu, L., Zhu, P., Zhou, X., Liu, H., Yang, Y., Zhou, J., Gao, C., Bao, X. and Chen, P. (2018). Development and preparation of active starch films carrying tea polyphenol. *Carbohydrate Polymers*, 196, 162–167. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.05.043
- Firdaus, M., Montero, de E. L. and Meier, M. E. R. (2011). Terpene-based renewable monomers and polymers via thiolene additions. *Macromolecules*, 44, 7253-7262. 10.1021/ma201544e.
- Fisk, C. L., Silver, A. M., Strik, B. C. and Zhao, Y. (2008). Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* Ananasnaya). *Postharvest Biology and Technology*, 47(3), 338-345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbi.2007.07.015>
- Gao, H., Fang, X., Chen, H., Qin, Y., Xu, F. and Jin, T. Z. (2017). Physiochemical properties and food application of antimicrobial PLA film. *Food Control*, 73, 1522–1531. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.11.017.
- Garrido-Miranda, K. A., Rivas, B. L., Pérez-Rivera, M. A., Sanfuentes, E. A. and Peña-Farfal, C. (2018). Antioxidant and antifungal effects of eugenol incorporated in bionanocomposites of poly(3-hydroxybutyrate)-thermoplastic starch. *LWT- Food Science and Technology*, 98, 260–267. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.08.046.
- Geng, Y. and Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 15(3), 231-239. DOI: <https://doi.org/10.3843/SusDev.15.3:6>
- Grace, R. (2018). Bio-based PLA finds novel packaging uses: From hemp-filled cannabis packaging to flax-filled pest repellent containers, natural materials feed the circular economy. *Journal Plastics Engineering*, 74(10), 22-27. DOI: 10.1002/peng.20037

- Hamdy, G. M., Abdel, A. M., Ghori, W., Saba, N., Asim, M. and Jawaid, M. Y. A. O. 2018. Flexural, thermal and dynamic mechanical properties of date palm fibers reinforced epoxy composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 53-860. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.06.013>
- Hasheminejad, N., Khodaiyan, F. and Safari, M. (2019). Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. *Food Chemistry*, 275, 113–122. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.09.085.
- Homayouni, H., Kavoosi, G. and Nassiri, S. M. (2017). Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of dispersion made from tapioca and gelatinized tapioca starch incorporated with carvacrol. *LWT – Food Science and Technology*, 77, 503–509. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.12.007.
- Hong-Bing, C., Bor-Sen, C., Yu-Zhong, W. and Schiraldi, D. A. (2013). Biodegradable pectin/clay aerogels. *Journal Applied Materials and Interfaces*, 5(5), 1751-1721. DOI: 10.1021/am3028603.
- Huang, Q., Qian, X., Jiang, T. and Zheng, X. (2019). Effect of chitosan and guar gum based composite edible coating on quality of mushroom (*Lentinus edodes*) during postharvest storage. *Scientia Horticulture*, 253, 382 – 389. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.062>
- Jabeen, N., Majid, I. and Nayek, G. A. (2015). Bioplastics and food packaging: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1, 1117749 DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1117749>
- Jaimun, R. and Sangsuwan, J. (2019). Efficacy of chitosan-coated paper incorporated with vanillin and ethylene adsorbents on the control of antracnose and the quality of Nam Dok Mai mango fruit. *Packaging Technology and Science*, 32, 383-394. DOI: 10.1002/pts.2446
- Jandas, P. J., Mohanty, S., Nayak, S. K. and Srivastava, H. (2011). Effect of surface treatments of banana fiber on mechanical, thermal, and biodegradability properties of PLA/banana fiber biocomposites. *Polymer Composites*, 32(11): 1689 - 1700 DOI: <https://doi.org/10.1002/pc.21165>
- Jara, C. K. V. 2018. Elaboración de empaques secundarios para alimentos a partir del capuchón de uvilla (*Physalis peruviana*). Tesis para obtener grado de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos. Universidad de las Américas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito, Ecuador. 69pp.
- Kader, S. F. and Wan, J. W. L. (2017). The development of banana peel/corn starch bioplastic film: a preliminary. *Journal Hibiscus Publisher*, 5(1), 12-17. Recuperado de <https://journal.hibiscuspublisher.com/index.php/BSTR/article/view/352/358>
- Khalia, G., Ramzan, M. and Baloch, A. H. (2019). Effect of *Aloe vera* gel coating enriched with *Fragaria indica* plant extract on physicochemical and antioxidant activity of sapodilla fruit during postharvest storage. *Food Chemistry*, 286, 346-353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.135>
- Khan, B., Khan, N. M. B., Samin, G. and Jahan, Z. (2016). Thermoplastics starch: a possible biodegradable food packaging material- A review. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12447. DOI: doi:10.1111/jfpe.12447
- Khaneghah, A. M., Bagher, H., S. M. and Limbo, S. (2018). Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions. *Food and Bioprocess Processing*, 111, 1-19 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.001>
- Kian, L. K., Saba, N., Jawaid, M. and Sultan, M. T. H. (2019). A review on processing techniques of best fibers nanocellulose and its polylactic acid (PLA) nanocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 1314 – 1328 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.040>
- Li, J., Ye, F., Lei, L. and Zhao, G. (2018). Combined effects of octenylsuccination and oregano essential oil on sweet potato starch films with an emphasis on water resistance. *International Journal Biological Macromolecules*, 115, 547–553. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.04.093
- Lieder, M. and Rashid, A. (2016). Toward circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.022>
- Liu, H., He, Y., Yang, J., Wang, X., Lan, T. and Peng, L. (2019). Fabrication of food-safe superhydrophobic cellulose paper with improved moisture and air barrier properties. *Carbohydrate Polymers*, 211, 22-30 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.107>

- López, O. V., Castillo, G. A. M. A. Villar, M. A. and Barbosa, S.E. (2015). Food packaging bags based on thermoplastic corn starch reinforced with talc nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 43, 18–24. DOI:10.1016/j.foodhyd.2014.04.021.
- Lopez, O., Garcia, M. A., Villar, M. A., Gentili, A., Rodriguez, M. S. and Albertengo, L. (2014) Thermo-compression of biodegradable thermoplastic corn starch films containing chitin and chitosan. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 106–115. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.01.024.
- Lubis, M., Harahap, M. B., Muhammad, H. S. G., Sartika, M. and Azumi, H. (2018). Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(2), 381 – 393. Recuperado de <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/70008/Fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ma, Y., Li, L. and Wang, Y. (2018). Development of PLA-PHB-based biodegradable active packaging and its application to salmon. *Packaging Technology and Science*, 31, 739 – 746 DOI: 10.1002/pts.2408
- Mahieu, A., Terrié, C. and Youssef, B. (2015). Thermoplastic starch films and thermoplastic starch/polycaprolactone blends with oxygen-scavenging properties: Influence of water content. *Industrial Crops and Products*, 72, 192–199. DOI:10.1016/j.indcrop.2014.11.037.
- McKeen, L. W. (2013). Introduction to use of plastics in food packaging. En *Plastics films in food packaging* (1-16). Ebnesijad (Ed). Plastic design library, USA. eBook ISBN: 9781455731152
- Medina-Jaramillo, C., Ochoa-Yepes, O., Bernal, C. and Famá, L. (2017). Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extracts. *Carbohydrate Polymers*, 176, 187-194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.079>
- Mehyar, G. F., Al-Qadiri, H. M., Abu-Blan, H. A. and Swanson, B. G. (2011). Antigungal edectiveness of potassium sorbate incorporated in edible coatings against spoilage molds of apples, cucumbers and tomatoes during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 73(3), 210-218 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02559.x>.
- Ghadeer, M., Khalid, A-I, Han, Jung, H. and Grace, C. (2012). Characterization of edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of walnuts and pine nuts. *Journal of Food Science*, 77, 52-9. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02559. x.
- Méndez, N. K. C., Caicedo, P. M. L., Bedoya, C. S. M., Ríos, M. A., Zulaga, G. R. y Giraldo, R. D. P. (2014). Tendencias investigativas de la nanotecnología en envases y envases para alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 11(2), 18-28. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-4449201400020003&lng=en&tlng=es.
- Mendy, T. K., Misran, A., Mahmud, T. M. M. and Ismail, S. I. (2019). Aplication of *Aloe vera* coating delays ripening and extend the shelf life of papaya fruit. *Scientia Horticulture*, 246, 796-776. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.054>
- MINCETUR. (2009). *Guía de envases y embalajes*. Perú. Recuperado de https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/Sites/ueperu/consultora/docs_taller/talleres_2/42.pdf
- Mlalila, N., Hilonga, A., Swai, H., Devileghere, F. and Ragaert, P. (2018). Antimicrobial packaging based on starch, poly(3-hydroxybutyrate) and poly(lactic-co-glycolide) materials and application challenges. *Trends in Food Science and Technology*, 74, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.015>
- Musiol, M., Sikorska, W., Janeczek, H., Walach, W., Hercog, A., Johnston, B. and Rydz, J. (2018). Biodegradable polymeric materials for a sustainable future – part 1. Organic recycling of PLA/PBAT blends in the form of prototype packages with long shelf-life. *Waste Management*, 77, 447-454. DOI: 10.1016/j.wasman.2018.04.030.
- Nasrin, R., Biswas, S., Rashid, T. U., Afrin, S., Jahan, R. A., Haque, P. and Rahman, M. M. (2017). Preparation of chitin-PLA laminated composite for implantable application. *Bioactive Materials*, 2(4), 199–207. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2017.09.003.

- Niposak, A., Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., Wongsawadee, P. and Uthairatanakij, A. (2020). Novel ripeness label base don starch/chitosan incorporated with pH dye for indicating eating quality fresh-cut durian. *Food Control*, 107, 106785. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106785>
- Nogueira, G. F., Soares, C. T., Cavasini, R., Fakhouri, F. M. and de Oliveira, R. A. (2019). Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. *Food Chemistry*, 275, 417–425. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.054
- Paiva, D., Pereira, A. M., Pires, A. L., Martins, J., Carvalho, L. H. and Magalhaes, F. D. (2018). Reinforcement of thermoplastic corn starch with crosslinked starch/chitosan microparticles. *Polymers (Basel)*, 10(9), 985. DOI: 10.3390/polym10090985
- Patane, C., Malvuccio, A., Saita, A., Rizzarelli, P., Siracusa, L., Rizzo, V. and M. G. (2019). Nutricional chances during storage in fresh-cut long storage tomato as affected by biocompostable polylactide and cellulose based packaging. *LWT – Food Science and Technology*, 101, 618-624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.069>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., Vigneault, C., Delele, M. A. and Al-Sid, F. A. (2012). Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2031-2045. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0883-9>
- Pereira, S. D. F., Chamhum, S. L. C., Zambolin, L. and Roch, A. 2012. Use of biofilmin the postharvest conservation of “Pedro Sato” guava. *Revista Ceres Viciosa*, 59(3), 305-312. Recuperado el 23 de septiembre del 2019 de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Vazquez-Briones-et-al-2013.pdf>
- Phinichka, N. and Kaenthong, S. (2018). Regenerated cellulose from high alpha cellulose pulp of steam-exploded sugarcane bagasse. *Materials Research and Technology*, 7(1), 55-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2017.04.003>
- Pola, C. C., Medeiros, E. A. A., Pereira, O. L., Souza, V. G. L., Otoni, C. G., Camilloto, G. P. and Soares, N. F. F. (2016). Cellulose acetate active films incorporated with oregano (*Origanum vulgare*) essential oil and organophilic montmorillonite clay control the growth of phytopathogenic fungi. *Food Packaging and Shelf Life*, 9, 69–78. DOI: 10.1016/j.fpsl.2016.07.001
- Priyadarshi, R., Sauraj, Kumar, B. and Negi, Y. S. (2018). Chitosan film incorporated with citric acid and glycerol as an active packaging material for extension of green chilli shelf life. *Carbohydrate Polymers*, 195, 329-338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.089>
- Qin, Y., Li, W., Liu, D., Yuan, M. and Li, L. (2017). Development of active packaging film made from poly (lactic acid) incorporated essential oil. *Progress in Organic Coatings*, 103, 76-82. DOI: 10.3390/nano7070194
- Quesada-Solís, K., Alvarado-Aguilar, P., Sibaja-Ballesteros, R. y Vega-Baudrit, J. (2005). Utilización de las fibras del rastrojo de piña ((*Ananas comusus*, variedad *champaka*) como material de refuerzo en resinas de poliéster. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 6(2), 157-179. Recuperado de <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/JUN05/quesada.pdf>
- Quinzio, C., Ayunta, C., López de Mishima, B. and Iturriaga, L. (2018). Stability and rheology properties of oil-in-water emulsions prepared with mucilage extracted from *Opuntia ficus-indica* (L). Miller. *Food Hydrocolloids*, 84, 154–165. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.06.002.
- Rambabu, K., Bharath, G., Banat, F., Show, P. L. and Hernández, C. H. (2019). Mango leaf extract incorporated chitosan antioxidant for active food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 126, 1234-1243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.196>
- Rapa, M., Mitelut, A. C., Tanase, E. E., Grosu, E., Popescu, P., Popa, M. E., Rosnes, J. T., Sivertsvik, M., Darie-Nita, R. N. and Vasile, C. (2016). Influence of chitosan on mechanical, thermal, barrier and antimicrobial properties of PLA-biocomposites for food packaging. *Composites Part B*, 102, 112-121. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.07.016>
- Rascón-Chu, A., Martínez-López, A. L., Carvajal-Millán, E., Martínez-Robinson, K. G. y Campa-Mada, A. C. (2016). Gelificación iónica de pectina de bajo grado de esterificación extraída de manzanas inmaduras de raleo. *Revista*

Fitotecnia Mexicana, 39(1), 17 – 24. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=610/61045279005>

- Rasouli, M., Saba, M. K. and Ramezani, A. Inibitory effect of salicylic acid and *Aloe vera* gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 247, 27-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.004>
- Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barat, J. M. and Barry-Ryan, C. (2008). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 373-386. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.011>
- Riera, M. A. y Palma, R. R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3), 69 - 78. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/496/49628728019.pdf>
- Ríos, A. D., Álvarez, L. C., Cruz, R. L. J. y Restrepo, O. A. (2017). Revisión: fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos. *Prospectos*, 1(15), 7 – 15 DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rp.v15i1.685>
- Rodríguez, O. V. y Hanssen, H. (2007). Obtención de dextrano y fructuosa utilizando residuos agroindustriales con la cepa de *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512-F. *Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 7, 159-172. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000100015&lng=en&tlng=es.
- Rojas, A. M. R., Vargas y Vargas, L. y Tamayo, C. J. A. (2008). Sandía mínimamente procesada conservada en atmósferas modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(2), 153-161. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315076009>; ISSN: 1665-0204
- Rubio-Anaya, M. y Guerrero-Beltrán, J. A. (2012). Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 173 – 181. Recuperado de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Rubio-Anaya-et-al-2012.pdf>
- Saba, M. K. and Sogvar, O. B. (2016). Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. *LWT – Food Science and Technology*, 66, 165-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.022>
- Santagata, G., Valerio, F., Cimmino, A., Dal Poggetto, G., Masi, M., Di Biase, M., Malinconico, M. and Lavermicocca, P. A. (2017). Chemico-physical and antifungal properties of poly (butylene succinate)/cavoxin blend: Study of a novel bioactive polymeric based system. *European Polymer Journal*, 94, 230–247. DOI: [10.1016/j.eurpolymj.2017.07.004](https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.07.004).
- Sarastry, M. O. S. (2017). Aprovechamiento de las propiedades aglutinantes del arrozillo (*Oryza sativa*) y fibras vegetales en la elaboración de empaques alimentarios ecológicos. Tesis para obtener grado de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos. Universidad de las Américas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Quito, Ecuador. 81pp.
- Scaffaro, R., Maio, A., Gulino, E. F. and Megna, B. (2019). Structure-property relationship of PLA-*Opuntia Ficus Indica* biocomposites. *Composites Part B: Engineering*, 167, 199-206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.12.025>
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2012). Desperdicio de alimentos en México [Infografía]. Recuperado de http://www.sedesol.gob.mx/boletinesSinHambre/Informativo_02/infografia.html
- Shao, P., Niu, B., Chen, H. and Sun, P. (2018). Fabrication and characterization of tea polyphenols loaded pullulan-CMC electrospun nanofiber for fruit preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1908-1914. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.054>
- Siracusa, L., Patane, C., Rizzo, V., Consentino, S. L. and Ruperto, G. (2018). Targeted secondary metabolic and physicochemical traits analysis to assess genetic variability within a germplasm collection of “long storage” tomatoes. *Food Chemistry*, 244, 275-283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.043>
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S. and Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 634-643. DOI: [10.1016/j.tifs.2008.07.003](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.003)

- Souza, A. C., Goto, G. E. O., Mainardi, J. A., Coelho, A. C. V. and Tadini, C. C. (2013). Cassava starch composite films incorporated with cinnamon essential oil: Antimicrobial activity, microstructure, mechanical and barrier properties. *LWT- Food Science and Technology*, 54(2), 346-352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.017>
- Sucheta, Chaturvedi, K., Sharma, N. and Yavad, S. K. (2019). Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder post-harvest decay. Reduces ripening and improves sensory liking tomatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 284-293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.132>
- Van den Broek, L. A. M., Knoop, R. J. I., Kappen, F. H. J. and Boeriu, C. G. 2015. Chitosan films and blends for packaging material. *Carbohydrate Polymers*, 116, 237-242. DOI: [10.1016/j.carbpol.2014.07.039](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.07.039).
- Vargas, L. V., Tamayo, C. J., Alma, C. Y., Tamayo, C. E., Crescenciano, S. V. y Sauri, D. E. (2012). Vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(2), 154-161. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81315809007.pdf>
- Vázquez-Morilla, A., Espinosa, V. R. M., Beltrán, V. M. y Velasco, P. M. (2018). El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Editorial. ANIPAC (Asociación Nacional de Industrial de Plástico A. C.) 14pp.
- Virtanen, S., Chowreddy, R., Irmak, S., Honkapää, K. and Isom, L. (2017). Food industry co-streams: Potential raw materials for biodegradable mulch film applications. *Journal of Polymers and the Environment*, 25(4), 1110-1130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10924-016-0888-y>
- Viuda-Matos, M., El Gendy, N. G. S., Sendra, E., Fernández-López, J., El Razik, K. A. A. and El-Sayed, A. 2010. Chemical composition and antioxidant and anti-listeria activities of essential oils obtained from some Egyptian plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 9063-9070. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf101620c>
- Wang, Z., Narciso, J., Biotteau, A., Plotto, A., Baldwin, E. and Bai, J. (2014). Improving storability of fresh strawberries with controlled release chlorine dioxide in perforated clamshell packaging. *Food and Bioprocess Technology*, 7(12), 3516-3524. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1364-0>
- Ye, P., Wang, S., Lan, W., Qin, W. and Liu, Y. (2018). Preparation and properties of polylactic acid-tea polyphenol-chitosan composite membrane. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 632-639. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05>.