

UNA MIRADA AL USO DE BIOPELÍCULAS A BASE DE PLANTAS COMO RECUBRIMIENTOS DE ALIMENTOS

A LOOK AT USING BIOFILMS AS PLANT-BASED FOOD COATINGS

RESUMEN

El presente artículo de revisión bibliográfica examina el uso de biopelículas a base de plantas como una alternativa sostenible para el recubrimiento de alimentos. A medida que el cambio climático es más notable y los niveles de contaminación por plásticos convencionales crece, las biopelículas derivadas de fuentes vegetales surgen como una alternativa sustentable para el recubrimiento de alimentos con propiedades funcionales y biodegradables. Este trabajo, analiza las características brindadas por las biopelículas a base de plantas que contribuyen a la preservación de alimentos. Las propiedades físicas que poseen estas biopelículas son de gran trascendencia debido a que ayudan a prevenir la decoloración y retardar la oxidación de lípidos, además de que cuentan con la capacidad para reducir e inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos y de actuar como una barrera semipermeable que regula el intercambio de gases como el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2) y el vapor de agua; entre otras propiedades que también son relevantes y trascendentes como son la biocompatibilidad y la seguridad que presenten estos recubrimientos en los alimentos.

Palabras clave: biopelículas; recubrimiento; biopolímeros; alimentos.

ABSTRACT

This literature review article examines the use of plant-based biofilms as a sustainable alternative for food coating. As climate change becomes more noticeable and levels of pollution from conventional plastics grow,

LUZ P. MARTÍNEZ CASTILLO¹

LORENA FARÍAS CEPEDA¹

ANILÚ RUBIO RÍOS¹

ROSA I. NARRO CÉSPEDES¹

VÍCTOR. M. OVANDO
MEDINA²

1. Facultad de Ciencias
Químicas, Unidad Sureste,
UAdeC.

2. Ingeniería Química,
Unidad Académica
Multidisciplinaria Región
Altiplano, Universidad
Autónoma de San Luis
Potosí.

Correspondencia
lorenafarias@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000/0001/7835/9628>

Fecha de recepción
13 de noviembre de 2024.

Fecha de aceptación
10 de marzo de 2025.

biofilms derived from plant sources emerge as a sustainable alternative for food coating with functional and biodegradable properties. This work analyzes the characteristics provided by plant-based biofilms that contribute to food preservation. The physical properties of these biofilms are of great importance, because they help prevent discoloration and delay lipid oxidation, in addition to having the ability to reduce and inhibit the growth of pathogenic microorganisms and act as a semipermeable barrier that regulates the exchange of gases such as oxygen (O₂), carbon dioxide (CO₂) and water vapor; among other properties that are also relevant and transcendent, such as biocompatibility and the safety that these coatings present in foods.

Keywords: *biofilms; coating; biopolymers.*

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la vida, los seres humanos han desarrollado diversos materiales y tecnologías que facilitan las actividades cotidianas, como el transporte, el abastecimiento de energía y el almacenamiento y preservación de alimentos, entre otras cosas. En este contexto, el uso de plásticos se ha convertido en una necesidad indispensable. En la década de los cincuenta se desarrollaron los primeros plásticos, materiales derivados del petróleo, su producción aumentó debido a versatilidad en diversas aplicaciones y su bajo costo de producción. Su éxito fue tan grande que para la década de los ochenta superó a otros materiales en su consumo (Lema Vera y col., 2020).

El uso de plástico facilitó la producción y distribución de los alimentos, así como también remplazaron materiales ya utilizados como el aluminio, el vidrio y el cartón. Pero esto generó enormes cantidades de residuos en el medio ambiente (suelo, agua y aire), siendo alarmante la contaminación en los océanos.



CienciAcierta

La creciente crisis de contaminación plástica en los océanos es un reflejo directo de los hábitos de consumo desmedidos y la falta de conciencia ambiental. Los plásticos persisten indefinidamente en el ambiente, ya que su proceso de degradación únicamente resulta en la fragmentación en partículas de menor tamaño, sin llegar a una descomposición total. Según datos proporcionados por la ONU, la producción diaria de desechos plásticos en territorio mexicano alcanza casi los 2 millones de kilogramos (López Aguirre y col, 2020)

Los materiales plásticos tienen la característica de liberar sustancias tóxicas conocidas como plastificantes. Investigaciones han demostrado que ciertos microorganismos bacterianos crean capas o biopelículas sobre los microplásticos, y estas capas pueden contener microorganismos patógenos. Estos patógenos representan un riesgo potencial para la salud de cualquier ser vivo que entre en contacto con dichas partículas microplásticas (López Aguirre y col, 2020).

Si bien en la última década se han promovido campañas de reciclaje y se ha impulsado la cultura de menor consumo y más reutilización, las cantidades de plástico en los océanos sigue en números rojos. La acumulación desmedida de desechos plásticos en los océanos ha generado un fenómeno denominado “islas de plástico” las cuales consisten en la formación de grandes masas flotantes de residuos, estas formaciones han alcanzado dimensiones de áreas que superan el millón de kilómetros cuadrados, desde una perspectiva más específica se trata de extensiones de basura más grandes que algunos países (Lema Vera y col., 2020).

Dentro de las alternativas para contrarrestar y combatir esta contaminación por plásticos el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente dio luz verde a una importante resolución medioambiental. El objetivo principal de esta resolución es crear un instrumento legal internacional vinculante para combatir la contaminación por plásticos (Chediek y col., 2023).

Por lo anterior, en la actualidad existen diversas investigaciones sobre la eficiencia de los biopolímeros, que son biomoléculas de origen natural producidas por microorganismos, plantas y animales. Estos materiales se caracterizan por su capacidad de ser biodegradables y sostenibles. Según su fuente de obtención, los biopolímeros se clasifican en tres categorías principales: aquellos formados a partir de monómeros bioderivados con propiedades biodegradables, los que provienen de recursos renovables y, por último, los biopolímeros extraídos directamente de microorganismos (Basurto Flores y Medina Guerrero, 2023).

En los últimos años las biopelículas se han posicionado como una alternativa sustentable para el recubrimiento de alimentos, debido a que comparten características con los plásticos convencionales; adicionalmente, estas biopelículas poseen cualidades como la biocompatibilidad en suelos, degradación microbiana en procesos de compostaje, etc. los cuales son sustentables y sostenibles.

Existen múltiples materiales en la naturaleza con los que se pueden desarrollar biopelículas con propiedades óptimas para el recubrimiento de alimentos, pero estas biopelículas deben de cumplir con ciertos criterios para que puedan ser empleados; específicamente en el enfoque de conservar o transportar algún alimento. El empaque de productos debe cumplir con determinadas funciones esenciales, actúa como recipiente contenedor, garantiza la conservación y protección del producto, incluyendo la prevención del desarrollo de bacterias, además de facilitar la distribución y el transporte mientras comunica información relevante al consumidor (Olmos y González, 2021).

Cabe recalcar que algunos productos alimenticios solo necesitan ser empacados con la finalidad de ser preservados o para facilitar su distribución comercial. Esto es común en alimentos frescos para consumo inmediato, debió a esto la creación de materiales con propiedades antibacterianas para incrementar su vida de anaquel es necesario. Una de las estrategias más utilizadas para disminuir la

proliferación de microorganismos es la modificación de las superficies de los empaques (Olmos y González, 2021).

El propósito de la presente revisión de literatura es dar un panorama general sobre biopelículas comestibles para el recubrimiento de alimentos, así como describir sus propiedades, además de mostrar algunas aplicaciones comerciales reales y potenciales usos en la industria alimentaria

2. COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LAS BIOPELÍCULAS

Las biopelículas actúan como una barrera semipermeable que regula el intercambio de gases cruciales como el O_2 y el CO_2 , así como el vapor de agua (Eum y col., 2009). Su aplicación para recubrimientos en frutas se basa en el costo de producción y la disponibilidad, así como en las características físicas y mecánicas como la resistencia a la tensión y la flexibilidad. También se consideran propiedades como brillo y opacidad, impacto en el intercambio de gases, resistencia al agua y a microorganismos, y su aceptación por parte de los consumidores (Vázquez y Guerrero, 2013). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de biopelícula para el recubrimiento de alimentos y se ilustra su funcionamiento.

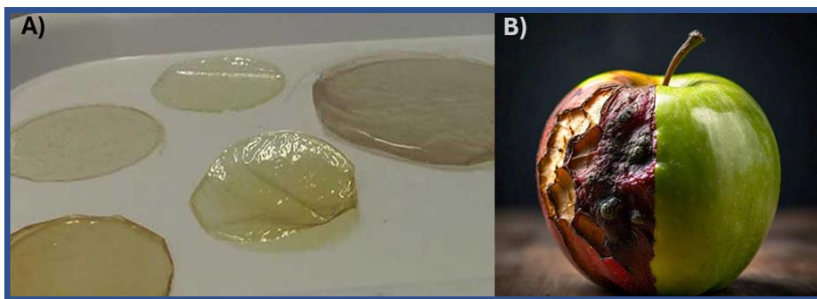


Figura 1. A) biopelículas para recubrimiento de alimentos (Alfa Editores, 2017); B) imagen ilustrativa de las propiedades de las biopelículas en recubrimiento de alimentos (imagen generada por IA).

Como se mencionó, las biopelículas deben contar con ciertas características y propiedades que permitan su implementación en la industria de alimentos ya sea para fines de transporte o de almacenamiento. Las biopelículas ofrecen múltiples beneficios para los productos de origen animal, como la prevención de la decoloración, la inhibición de la oxidación de lípidos y la reducción de olores desagradables, además de mejorar la funcionalidad general del producto (Gupta y col., 2024).

La versatilidad de los recubrimientos se ha incrementado significativamente mediante la incorporación de diversos compuestos activos. Entre los que destacan ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, sustancias aromáticas, vitaminas, enzimas y componentes nutraceuticos. Esta innovación ha ampliado considerablemente el espectro de aplicaciones de estas películas en el contexto de los sistemas alimentarios, permitiendo adaptarlas a una variedad de necesidades específicas en la industria alimentaria (Gupta y col., 2024).

De acuerdo con lo anterior, los recubrimientos a base de plantas disminuyen y retardan la proliferación de microorganismos patógenos; Por ejemplo, Lopes y colaboradores reportaron el uso potencial de los extractos vegetales como componentes bioactivos en películas y recubrimientos comestibles. La investigación se enfocó específicamente en salvia (*S. officinalis* (Lamiaceae)), tomillo (*T. vulgaris* L. (Lamiaceae)), regaliz (*G. glabra* L. (Fabaceae)) y eucalipto (*E. obliqua* L'Hér (Myrtaceae)). Las muestras se analizaron y caracterizaron para observar sus propiedades bioactivas; para posteriormente incorporar los extractos en la formulación de recubrimientos y películas comestibles a base de alginato. La mayoría de los recubrimientos mostraron capacidad para reducir e inhibir el crecimiento de patógenos, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes* (Lopes y col., 2023).

La descomposición de la mayoría de los alimentos frescos se debe a la interacción con factores externos como la humedad; por lo que es importante que los empaques cuenten con barrera de humedad y de esta forma los alimentos conserven sus propiedades y se mantengan

fisicoquímicamente más estables. Los materiales compuestos por polisacáridos tienen la característica de interactuar con la humedad del ambiente, ya sea absorbiendo o liberando agua, hasta alcanzar un estado de equilibrio en su contenido de humedad. Este punto de equilibrio no es constante, sino que varía en función de la temperatura y la humedad relativa del entorno. En el caso específico de las frutas y hortalizas, es importante entender que su actividad biológica no cesa en el momento de la cosecha. Por el contrario, estos productos continúan con sus procesos metabólicos incluso después de ser recolectados. Una consecuencia directa de esta actividad biológica persistente es la pérdida continua de agua y solutos hacia el ambiente que los rodea (Ncama y col., 2018).

Las biopelículas son recubrimientos que actúan como una barrera protectora y reguladora. Estos recubrimientos crean una capa semipermeable alrededor del producto que permite un intercambio controlado de humedad y gases con el entorno. Una de las ventajas clave de estos recubrimientos es su capacidad para prevenir condiciones anaeróbicas, que podrían acelerar el deterioro del producto (Farina y col., 2020).

Además de controlar la composición gaseosa interna, los recubrimientos ofrecen otros beneficios importantes. Ayudan a prevenir el pardeamiento oxidativo, un proceso que puede afectar negativamente la apariencia y calidad del producto. También juegan un papel fundamental en el control de la maduración, retrasando este proceso y extendiendo así la vida útil del producto. Otro aspecto crucial es su capacidad para modular la tasa respiratoria del producto, lo que contribuye a mantener su frescura por más tiempo (Farina y col., 2020).



3. BIOCOMPATIBILIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Dentro de las características más relevantes de las biopelículas y por lo general en los biopolímeros es la biocompatibilidad que, como se mencionó anteriormente, son más afines a matrices biológicas o en su caso ampliaciones biomédicas o en el recubrimiento de alimentos. Sin embargo, es necesario establecer hasta qué punto, las biopelículas son seguras para ser aplicadas en el recubrimiento de alimentos.

Si bien el valor comercial de estos polímeros está en ascenso debido a sus características de biocompatibilidad y biodegradabilidad, el proceso de biodegradación suele ser facilitado por enzimas, involucrando mecanismos de hidrólisis y oxidación. En campos como la ingeniería de tejidos, los implantes ortopédicos y la ingeniería de andamios celulares, estos biopolímeros juegan un papel crucial. Su degradación produce ácidos y otros elementos que el organismo animal puede procesar o expulsar eficientemente. Además, una ventaja significativa es la facilidad con la que se pueden ajustar sus propiedades mecánicas, químicas y térmicas durante los procesos de extracción, síntesis o modificación (Shimpi, 2017).

El recubrimiento de alimentos con biopelículas se ha innovado en múltiples áreas de estudio de entre las que sobresale la adición de agentes antimicrobianos, de esta forma los alimentos se conservan mejor y su vida de anaquel se extiende; los compuestos con propiedades antimicrobianas se incorporan de manera directa en el material utilizado para el empaque. Este agente se va liberando gradualmente a lo largo del tiempo, lo cual contribuye a preservar tanto la calidad como la inocuidad del producto. Como resultado, se logra extender significativamente el periodo durante el cual el alimento se mantiene en condiciones óptimas para su consumo (Malhotra y col., 2015).

Pranoto y col. (2004) desarrollaron recubrimientos comestibles combinando quitosano con aceite de ajo. A esta mezcla se le añadió sorbato de potasio, un conservante alimentario común, junto con



diferentes cantidades de nisina (un bactericida). Estas películas demostraron ser eficaces en su acción antimicrobiana contra diversos patógenos, incluyendo *Bacillus cereus*, *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* y *L. monocytogenes*. Es importante señalar que la incorporación del aceite de ajo en estas preparaciones se recomienda únicamente para aquellos alimentos donde su sabor característico no suponga un inconveniente (Pranoto y col., 2004).

En 2004 Burt reportó que el uso de aceites esenciales como agentes antimicrobianos han mostrado una discrepancia significativa entre los resultados de laboratorio y las aplicaciones prácticas en alimentos, particularmente en productos lácteos como la leche y el queso. En estos últimos, se requieren concentraciones notablemente más elevadas de aceites esenciales para lograr el mismo efecto antimicrobiano observado en condiciones de laboratorio.

Se descubrió que las películas comestibles pueden actuar como vehículos para compuestos activos, incluyendo agentes antimicrobianos, antioxidantes y agentes que mejoran la textura (Acevedo-Fani y col., 2015). Cheng y colaboradores elaboraron películas comestibles utilizando zeína y quitosano como materiales principales, y se añadieron compuestos fenólicos (como ácido ferúlico o ácido gálico) y ácidos dicarboxílicos (como ácido adípico o ácido succínico). Estas películas compuestas mostraron una mayor eficacia como barrera contra el vapor de agua y presentaron mejores propiedades mecánicas. Además, el porcentaje de recuperación de compuestos fenólicos en las películas compuestas fue del 71 al 84 % (Cheng y col., 2015).

Es de suma importancia que los compuestos utilizados en los recubrimientos de alimentos sean biodegradables y biocompatibles; ya que el objetivo de las biopelículas es que pueden estar en contacto con los alimentos, pero que al momento de desecharlos se pueden degradar de forma rápida y sin dañar el ambiente, o que su impacto sea el mínimo. En la actualidad, la caracterización de los materiales es una de las herramientas más importantes para conocer sus propiedades y con base en ello diseñar nuevos productos de mayor resistencia y de menor impacto ambiental. Recientemente, se ha



investigado el potencial uso de gomas derivadas de polisacáridos como promotores de películas comestibles, gracias a sus propiedades sostenibles, biodegradables y biocompatibles (Mellinas y col., 2015).

Seyed y col., reportaron películas comestibles utilizando la goma extraída de las semillas de la planta *Salvia macrosiphon*. Dichas películas tenían mayor grosor y flexibilidad, además de un contenido de humedad más elevado. También mostraron una mayor capacidad de absorción y una reducción en la tendencia a adsorber agua en su superficie con características mejoradas (Razavi y col., 2015).

4. DESAFÍOS ACTUALES Y APLICACIONES

Como ya se mencionó anteriormente, las biopelículas utilizadas para el recubrimiento de alimentos se posicionan como una de las alternativas sustentables y amigables con el planeta, ya que ayudarían a reducir el consumo de polímeros sintéticos de un solo uso. Además, las biopelículas contribuyen a la conservación de alimentos; manteniendo su forma y textura en el caso de las frutas y verduras; también a retardar su descomposición y generación de malos olores por bacterias o microorganismos patógenos, como es el caso de la carne.

Sin embargo, a pesar de que es una excelente alternativa, aún no se ha logrado reemplazar a los plásticos convencionales. La producción de estos materiales biodegradables presenta ciertos inconvenientes. Por un lado, muchos profesionales en la industria carecen del conocimiento técnico necesario para su fabricación. Muchos biopolímeros con extraídos a partir de desechos agroindustriales, por lo que sus prospectos de extracción son más costosos que la obtención de polímeros sintéticos. Existe la posibilidad de que se produzca un incremento en el precio del producto final (EcoInventos, 2023).

Esto no quiere decir que hoy en día no se utilicen estos materiales, si no que se requiere de un conocimiento concreto acerca de las propiedades



y formas de obtención. En la actualidad existen diferentes compañías que ofrecen alternativas al plástico para el envasado de alimentos.

Por ejemplo, la compañía estadounidense Apeel Sciences, desarrolla recubrimientos comestibles para frutas y verduras (ver Figura 2). El objetivo es crear alternativas confiables y ecológicas que mejoren la durabilidad y preserven la calidad de los alimentos frescos. Por lo que no solo los hace más atractivos y fáciles de obtener para los compradores, sino que también contribuye a disminuir el despilfarro de comida a nivel global, que tiene como propósito el eliminar la falta de seguridad alimentaria entre los grupos más vulnerables, así como brindar alternativas para preservar el medio ambiente para las futuras generaciones (Freshness That Won't Go to Waste, n.d.).



Figura 2. A) Reporte de impacto sustentable por parte de la empresa Apeel Sciences; B) Ejemplo de la preservación de alimentos por la implementación de biopelículas comestibles como recubrimiento, (*Sustainability Impact | APEEL | Food Gone Good*, s. f.).

Otra de las empresas a mencionar es Lactips, una empresa francesa que desarrolla películas solubles en agua a base de proteínas de leche. La tecnología de Lactips se desarrolló en un laboratorio de ingeniería de materiales poliméricos; la investigación fue dirigida por Frédéric Prochazka. La característica fundamental del material Lactips es su capacidad de disolverse. Su composición especial permite que se disuelva en agua, sin importar si ésta está caliente o fría. Múltiples experimentos han confirmado que al disolverse no deja ningún residuo,

lo que lo convierte en una opción ideal para diversos usos, como, por ejemplo, en la fabricación de envases para productos de limpieza. Si bien no está registrado como un material plástico, poseen las características de uno. La elaboración de estos materiales se lleva a cabo mediante proteínas animales llamadas caseínas (Lactips, 2022).

Notpla es una empresa británica que crea envolturas comestibles hechas de algas marinas; esta empresa tiene como objetivo reemplazar a los empaques plásticos y resolver las problemáticas de contaminación actuales. El uso de algas marinas es una alternativa sustentable y sostenible debido a su rápida regeneración en los denominados bosques marinos (Notpla, 2024)

Los polímeros biodegradables son apreciados por su capacidad de descomponerse rápidamente en ambientes naturales como la tierra o los océanos. Sin embargo, este proceso de biodegradación es más complejo de lo que parece a primera vista. Por una parte, las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad influyen significativamente en la velocidad de degradación. Pero más allá de estos factores externos, las características propias del polímero juegan un papel crucial en su descomposición (Meereboer y col., 2020).

5. CONCLUSIONES

El análisis de la información demuestra que los recubrimientos alimentarios elaborados con biopelículas de origen vegetal representan una solución efectiva y ambientalmente responsable para la conservación de alimentos. Esta alternativa no solo cumple con los requisitos de protección del producto, sino que también responde a la creciente demanda de materiales sostenibles en la industria alimentaria. Las investigaciones revisadas demuestran que las biopelículas poseen características que mejoran la conservación de los alimentos, sin embargo, tiene otras funcionalidades como la capacidad



CienciAcierta

de actuar como barreras contra la humedad, el oxígeno y limitan la proliferación de microorganismos; manteniendo así los alimentos frescos por más tiempo.

Además, se muestra la importancia de que estas biopelículas presenten las propiedades de biodegradabilidad y biocompatibilidad y de que, por otro lado, sean seguras para que puedan ser utilizadas en recubrimiento de alimentos.

Por otra parte, las aplicaciones comerciales actuales, demuestran que estas biopelículas son funcionales y efectivas fuera de ambientes controlados como los laboratorios. Es muy importante que se siga realizando el desarrollo y optimización de estas biopelículas ya que representan un paso significativo hacia prácticas más sostenibles en la industria alimentaria, alineándose con las tendencias globales de reducción de residuos y mejora de la seguridad alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

La autora Martínez-Castillo L.P. agradece a los demás autores por sus observaciones y sugerencias para consolidar este trabajo. Un reconocimiento a la Dra. Aidé Sáenz Galindo, que fue la guía para el desarrollo de este trabajo y siempre otorgó el espacio para aclarar dudas. Agradece también a la Facultad de Ciencias Químicas y a la Universidad Autónoma de Coahuila por proporcionar un entorno académico que fomenta el aprendizaje y la investigación.

REFERENCIAS

Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A., & Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical

characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 47: 168-177. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.032>

Alfa Editores. (2017, 12 febrero). *Caparazón de langosta como biopelícula alarga vida de alimentos*. Recuperado (21, Oct, 2024) <https://www.alfa-editores.com.mx/caparazon-de-langosta-como-biopelícula-alarga-vida-de-alimentos/>

Apeel (22 Octubre, 2024). *How apeel works* <https://www.apeel.com/>

APEEL (25 October 2024) *Food Gone Good*. <https://www.apeel.com/impact>

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3): 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>

Basurto-Flores, N., & Medina-Guerrero, N. (2023). Evaluación técnico-económica del uso de biopolímeros para el tratamiento de aguas residuales de curtiembres. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(2), 1-25. <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.2>

Cheng, S., Wang, B., & Weng, Y. (2015). Antioxidant and antimicrobial edible zein/chitosan composite films fabricated by incorporation of phenolic compounds and dicarboxylic acids. *LWT*, 63(1): 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.030>

Chediek, J. da S. R. G., & Muliterno, T. (2023). La contaminación por plásticos en el mar: notas sobre la regulación jurídica internacional, europea y española. *Revista de derecho*, 28(3079). <https://doi.org/10.22235/rd28.3079>

EcolInventos, R. (23 November 2023). *Bioplásticos: La única Alternativa Para El Futuro*. <https://ecoinventos.com/bioplasticos>

Eum, H. L., Hwang, D. K., Linke, M., Lee, S. K., & Zude, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *European Food Research and Technology*, 229: 427-434. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1054-8>

Farina, V., Passafiume, R., Tinebra, I., Scuderi, D., Saletta, F., Gugliuzza, G., Gallotta, A., &

Gupta, D., Lall, A., Kumar, S., Patil, T. D., & Gaikwad, K. K. (2024). Plant-based edible films and coatings for food-packaging applications: recent advances,



CienciAcierta

applications, and trends. *Sustainable Food Technology*.
<https://doi.org/10.1039/d4fb00110a>

Lema Vera, E., Manzo Escobar, N., Baque Mite, L., & Moreira Menéndez, M. (2020). Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico. *Ingeniería E Innovación*, 9(1): 6-11

Lopes, A. I., Melo, A., Caleja, C., Pereira, E., Finimundy, T. C., Afonso, T. B., Silva, S., Ivanov,

López-Aguirre, JF, Pomaquero-Yuquilema, JC, & López-Salazar, JL (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo del conocimiento*, 12: 725-742.

Lactips. (11 Mayo 2022). *Lactips - A unique technology in the industrial market*.
<https://www.lactips.com/>

Malhotra, B., Keshwani, A., & Kharkwal, H. (2015). Antimicrobial food packaging: potential and pitfalls. *Frontiers In Microbiology*, 6: 18-24
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00611>

Meereboer, K. W., Misra, M., & Mohanty, A. K. (2020). Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites. *Green Chemistry*, 22(17): 5519-5558.
<https://doi.org/10.1039/d0gc01647k>

Mellinas, C., Valdés, A., Ramos, M., Burgos, N., Del Carmen Garrigós, M., & Jiménez, A. (2015). Active edible films: Current state and future trends. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(2): 9-15. <https://doi.org/10.1002/app.42631>

Ncama, K., Magwaza, L. S., Mditshwa, A., & Tesfay, S. Z. (2018). Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food Packaging And Shelf Life*, 16: 157-167.
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.011>

Notpla (25 October 2024). *Embalaje que desaparece de Notpla*.
<https://www.notpla.com/>

Olmos, D., & González-Benito, J. (2021). Polymeric materials with antibacterial activity: A review. *Polymers*, 13(4), 613.
<https://doi.org/10.3390/polym13040613>

Pranoto, Y., Rakshit, S., & Salokhe, V. (2004). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT*, 38(8): 859-865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.09.014>



CienciAcierta

- Razavi, S. M. A., Amini, A. M., & Zahedi, Y. (2015). Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. *Food Hydrocolloids*, 43:290-298. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.028>
- Shimpi, N. G. (Ed.). (2017). *Biodegradable and biocompatible polymer composites: Processing, properties and applications*. Woodhead Publishing. idioma <https://doi.org/10.1016/C2015-0-05524-1>
- Vázquez-Briones, M. C., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2): 5-14. https://www.academia.edu/34339497/Recubrimientos_de_frutas_con_biopel%C3%ADculas

