

LOS BIOPLASTICOS COMO ALTERNATIVA VERDE Y SOSTENIBLE DE LOS PLASTICOS BASADOS EN PETROLEO

Laura Vanessa Ballesteros Paz*

* Estudiante Ingeniería Química, Universidad de San Buenaventura Cartagena
laurapaz704@hotmail.com

Resumen

El uso de plásticos obtenidos a partir del petróleo es parte fundamental del modus vivendi contemporáneo, en gran medida gracias a sus propiedades mecánicas y fisicoquímicas, que permiten sustituir el uso de otros materiales más caros o menos resistentes. La mayoría de los objetos que están a nuestro alrededor están constituidos total o parcialmente por alguno de ellos. Esto ha dado lugar a un gran desarrollo de la industria, pero a su vez a graves problemas ambientales como el calentamiento global, contaminación, debido a la inadecuada gestión de los residuos y escasez de recursos naturales no renovables.

Es por esto que el uso de recursos renovables para su producción y la biodegradabilidad de los plásticos constituyen la oportunidad estratégica para la exigencia medio ambiental gestada durante estos últimos años, debida a la acumulación de materiales sintéticos.

El objetivo de esta revisión es ampliar el panorama que se tiene sobre los bioplásticos, así como las fuentes de recursos renovables sobre las que se han desarrollado, las nuevas tecnologías para mejorar sus propiedades y profundizar tanto en las ventajas potenciales como en las desventajas que acarrea su uso masivo.

Abstract

The use of plastics derived from petroleum is a fundamental part of the modus vivendi contemporary, largely due to their mechanical and physicochemical properties that allow you to replace the use of other more expensive or less resistant. Most of the objects around us are made wholly or partially by any of them. This has led to a great development of industry, but at the same time to serious environmental problems such as global warming, pollution, due to inadequate waste management, and scarcity of non-renewable natural resources.

The use of renewable resources for production and biodegradability of plastics are the strategic opportunity for the environmental requirement gestated in recent years, due to the accumulation of synthetic materials.

The aim of this review is broaden the outlook that we have about bioplastics, renewable sources about which have developed new technologies to improve their properties and deepen both the apparent potential advantages as disadvantages caused by their massive use.

Palabras clave: bioplásticos, biodegradabilidad, recursos renovables, contaminación.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 50 años, los materiales plásticos, en diversas aplicaciones, han ido sustituyendo gradualmente el metal tradicional, la madera y materiales de cuero. Los plásticos se usan en casi todos los campos, en los hogares y en el sector industrial.

Se encuentra ventajosos porque como polímeros sintéticos su estructura puede ser manipulada químicamente en gran variedad de formas y resistencias definidas, a ello se suman propiedades como un peso molecular alto, baja reactividad y larga durabilidad. Irónicamente, siendo esta la propiedad preferida de los plásticos, la durabilidad, es la que ejerce también la mayor amenaza al medio ambiente, debido a que permanecen en el ecosistema por largos periodos de tiempo y persisten incluso a condiciones ambientales adversas y al ataque de microorganismos y productos químicos, por lo cual los residuos de plásticos se convierten en un problema ecológico (Marjadi, 2011).

Por otro lado, estos compuestos acarrearán también desventajas de manera inherente: se obtienen a partir de un recurso no renovable como lo es el petróleo, por lo que su producción se ve afectada por el incremento al precio del mismo debido a la disminución en las reservas, el aumento en el consumo y cambios geopolíticos críticos para la industria petrolera (Masuda, 2008).

La anterior problemática por el uso indiscriminado de plásticos sintéticos y su persistencia en el ambiente ha estimulado la investigación para el desarrollo de nuevos materiales y métodos de producción que permitan generar plásticos provenientes de fuentes naturales renovables y que presenten las mismas propiedades pero que tengan un periodo de degradación más corto, estos son los llamados “bioplásticos”.

Los bioplásticos han llegado cada vez más a la luz pública como una solución para ayudar a reducir tanto las emisiones de dióxido de carbono como el calentamiento global que se ha convertido en una seria preocupación para la sociedad en general. Mientras que la producción de plásticos comunes requiere una introducción neta de carbono en la ecósfera, el CO₂ liberado por los bioplásticos originalmente provienen de la biomasa, y por lo tanto es potencialmente de carbono neutral en su ciclo de vida.

Figura 1: Plásticos tradicionales vs Bioplásticos.



Fuente: <http://www.cereplast.es/bioplastics/>

El campo de los bioplásticos es apenas emergente. Un gran número de ellos se han sintetizado recientemente y algunos microorganismos y enzimas capaces de degradarlos han sido identificados.

Plásticos basados en petróleo

Hoy día no hay lugar por donde no se vea objetos multicolores, livianos, de múltiples formas y tamaños, arrojados por doquier, colgando de árboles y hasta volando por los aires, son los “Plásticos”, los objetos moldeables, eso es lo que el término significa, y esa es la palabra con que se popularizó mundialmente el gran invento del primer cuarto del siglo XX. La idea de la macromolécula no fue aceptada por la mayoría de los que trabajaban con estas cosas a principios de siglo; ya entrados los años 20, un gran científico: Hermann Staudinger, laureado luego con el premio Nobel, en 1953, por sus trabajos, logró que muchos otros colegas entendieran la idea de que existían compuestos macromoleculares, que no eran agregados moleculares ni coloides. Al darse este paso el mundo de la ciencia pudo entonces abrir una área con nombre propio, con sus leyes y principios, y gracias a los descubrimientos del momento ya se podía hablar de macromoléculas de origen natural y sintético (Perdomo, 2002).

Los polímeros son macromoléculas, que pueden ser de origen sintético o de origen natural, cuya unidad estructural es el monómero. Éste, mediante una reacción de polimerización, se repite un número elevado de veces formando la macromolécula.

El plástico se obtiene por la combinación de un polímero o varios, con aditivos y cargas, con el fin de obtener un material con unas propiedades determinadas.

Son compuestos de naturaleza orgánica y en su composición intervienen fundamentalmente el Carbono y el Hidrógeno, además de otros elementos en menor proporción, como Oxígeno, Nitrógeno, Cloro, Azufre, Silicio, Fósforo, etc.

Los polímeros no naturales son obtenidos del petróleo por la industria mediante reacciones de síntesis, lo que les hace ser materiales muy resistentes y prácticamente inalterables.

El 99% de la totalidad de plásticos se produce a partir de combustibles fósiles, lo que provoca una excesiva presión sobre las limitadas fuentes de energía no renovables (Ortiz, 2012).

Gestión de residuos de plásticos convencionales

Una de las estrategias que se ha venido utilizando para deshacerse de los plásticos derivados del petróleo es la incineración, pero la quema de plásticos es altamente contaminante y causa efectos negativos en el ambiente, tales como el incremento de CO₂ en la atmósfera y la liberación de compuestos químicos muy peligrosos, como las dioxinas, el cloruro y el cianuro de hidrógeno.

Otra estrategia es el reciclaje, esta consiste en la recolección, acopio, reprocesamiento y remercadeo de productos plásticos que podrían ser considerados desecho. Algunos de los inconvenientes de esta alternativa son que para su reciclaje los plásticos deben ser manejados adecuadamente, no sólo en su recolección y procesamiento, sino en la limpieza, selección y separación adecuada de los materiales a reciclar, y esto no se da en muchos casos. Además, los artículos plásticos no pueden ser reciclados indefinidamente, sólo se pueden reciclar tantas veces como lo permitan las condiciones físicas y químicas en las que queda el material después de su procesamiento. Adicionalmente, sólo pueden ser reciclados los termoplásticos, los plásticos termoestables (aquellos que al ser moldeados sufren modificaciones irreversibles) no pueden ser reciclados.

Recientemente, se habla del suprareciclaje, una técnica que consiste en transformar un objeto de uso residual en otro de mayor valor que pueda ser de utilidad. Esta técnica reduce el consumo de nuevos productos, minimiza el gasto de materias primas vírgenes y las reutiliza, para alargar la vida útil de las cosas. La idea consiste en dar una segunda vida a todo lo que es para tirar, todo de una forma diferente e incluso mejor a la original.

Una estrategia que se suma como opción es la recuperación química que implica despolimerizar los plásticos y reducirlos hasta sustancias químicas sencillas. El objetivo es recuperar esos componentes químicos individuales para reusarlos como químicos o producir nuevos plásticos con las mismas características y propiedades de los materiales vírgenes. Hay distintos procesos desarrollados y en permanente optimización: Metanólisis, Glicólisis, Hidrólisis, Pirólisis, Crackeo Térmico.

También cabe mencionar el relleno sanitario como una de las acciones más practicadas, los desechos deben ser encarados bajo normas seguras de emplazamiento, es decir, rellenar no implica arrojar los residuos en una gran depresión a cielo abierto.

Las instalaciones deben contar con una impermeabilización de la superficie a cubrir para evitar drenajes que pudieran afectar napas de aguas subterráneas, así como un sistema dirigido de drenaje y colección de efluentes líquidos para ser posteriormente tratados en una planta destinada a tal fin. Luego se alternan capas de basura, fuertemente compactada, y tierra. Por último se coloca una capa de aislamiento y, ya en la superficie final, suelo vegetal.

Sin embargo, a pesar de que estas alternativas posiblemente ayuden a minimizar el impacto final de los plásticos en el medio ambiente, un producto de plástico ocasiona contaminación en todas las etapas su existencia: primeramente, es un derivado del petróleo, su manufactura ocasiona productos secundarios altamente tóxicos, despiden químicos dañinos durante su vida útil, y cuando se desecha crea contaminación en forma de basura y partículas tóxicas, por lo que se ha pensado en innovación desde la producción como una solución más limpia llegando así a los plásticos basados en fuentes naturales que puedan biodegradarse.

Biodegradabilidad

Figura 2: Ciclo de Vida de un Bioplástico.



Fuente: <http://www.cereplast.es/bioplastics/life-cycle/>

Se trata de procesos que describen la mineralización de las estructuras orgánicas por medio de microorganismos. Estos, convierten los bioplásticos en dióxido de carbono, metano, agua y biomasa. Los procesos de biodegradación comprenden dos categorías: biodegradación primaria y biodegradación secundaria o mineralización. Durante la biodegradación primaria se producen discretas alteraciones estructurales en la molécula original, lo que hace que esta pierda sus propiedades físico-químicas. Durante la biodegradación secundaria o total, la sustancia química es metabolizada por los microorganismos como fuente de carbono y energía, siendo completamente transformada en compuestos inorgánicos. La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de

oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica). En los materiales degradables el proceso biodegradativo puede verificarse en condiciones anaerobias o aerobias.

Todos los plásticos son biodegradables, pero la mayoría requiere condiciones adecuadas y largos periodos de tiempo. Cuando se habla de biodegradabilidad, se desean polímeros que puedan degradarse en condiciones de los rellenos sanitarios y en tiempos no mayores de 12 semanas. Se han desarrollado cuatro tipos de plásticos biodegradables: fotodegradables, semi-biodegradables, biodegradables sintéticos y completamente biodegradables naturales.

Los plásticos fotodegradables tienen grupos sensibles a la luz, como grupos carbonilos en poliestirenos y polietilenos, incorporados directamente al esqueleto del polímero. Con la luz ultravioleta (en varias semanas o meses) la estructura polimérica puede desintegrarse en una estructura abierta que le permite ser descompuesta a partículas de plástico más pequeñas, que en algunos casos son susceptibles de degradación por bacterias.

Los plásticos semi-biodegradables tienen azúcares unidos a fragmentos cortos de polietileno. En este caso, las bacterias degradan los azúcares y dejan libre el polietileno. En la actualidad se ha desarrollado otro tipo de plástico sintético degradable; es un plástico basado en alcohol polivinílico con estructura parecida al polietileno. La presencia de grupos hidroxilo en este polímero lo hacen hidrofílico y por tanto, soluble en agua.

Por último, el cuarto tipo de plásticos son los completamente degradables naturales, estos sufren la degradación del material por medio de microorganismos hasta llegar a dióxido de carbono, agua, metano y biomasa en un periodo de tiempo razonable.

Los bioplásticos tienen su origen en materias orgánicas renovables, según la International Standard Organization (ISO), los bioplásticos son definidos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos.

Son estructuras poliméricas que permiten mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, pero al final de su vida útil son desechados y sufren cambios químicos por influencia de agentes ambientales y microorganismos, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente (Escudero, 2011).

Gracias a su biodegradabilidad, la mayor parte de la producción de bioplásticos se dedica al embalaje y envasado de alimentos, también se utilizan en otros campos como la agricultura, la construcción, los productos sanitarios, sistemas dispensadores de fármacos, implantes médicos o hilos de sutura, (Rodríguez 2012)

Materias primas de los bioplásticos

En la actualidad, la industria modifica los plásticos a base de petróleo, principalmente las poliolefinas tales como polietileno de baja densidad con aditivos a la cadena polimérica que dan lugar a la descomposición. Los aditivos pueden ser almidón, ácido poliláctico, ácido polihidroxibutiratos o alcohol polivinílico.

Entre las materias primas de origen biológico, se suelen considerar tres familias:

- Polímeros extraídos directamente de la biomasa: polisacáridos tales como el quitosano; almidón, son generalmente hechos de trigo, maíz, arroz, papas, cebada y sorgo; carragenina y celulosa (comúnmente de la madera); proteínas, tales como gluten, soja y zeína, y diversos lípidos.

El almidón es un material económico, renovable, derivado del maíz y otros cultivos. Los bioplásticos a base de almidón conforman la mayor parte del mercado de los bioplásticos.

La biodegradación de los productos amiláceos recicla CO₂ atmosférico atrapado por las plantas productoras de almidón. Todos los almidones contienen amilasa y amilopectina, en proporciones que varían con la fuente de almidón. Esta variación proporciona un mecanismo natural regulador de las propiedades de los materiales de almidón.

Los bioplásticos basados en almidón pueden ser producidos por combinación o mezclándolos con polímeros sintéticos. Mediante la variación del componente para la combinación sintética y su miscibilidad con el almidón, la morfología y por lo tanto, las propiedades, pueden ser reguladas fácil y eficientemente (Dharaiya, 2011).

- Una segunda familia hace uso de monómeros derivados de la biomasa pero utiliza rutas sintéticas químicas clásicas para obtener los polímeros biodegradables y / o renovables, incluyendo termoplásticos y termoestables, tales como los obtenidos derivados de los aceites vegetales, como el de soja, palma, etc.
- La tercera familia hace uso de polímeros producidos por microorganismos naturales o modificadas genéticamente tales como polihidroxialcanoatos (PHA) y polipéptidos.

Investigaciones desarrolladas a partir de diversas fuentes biológicas.

Se han realizado estudios para desarrollar bioplásticos utilizando como materia prima las algas verdes, debido a ventajas, tales como un alto rendimiento, la capacidad de crecer en una diversidad de entornos, alta tasa de crecimiento de todas las plantas, proteína natural y de polímeros a base de carbohidratos, se puede remediar aguas residuales y las emisiones de CO₂ como fuente de nutrientes, recolección frecuente y se puede cultivar durante todo el año en climas cálidos y que no compite con la producción de alimentos. El uso de estas abre la posibilidad de la utilización de carbono, neutralizando las emisiones de gases de efecto invernadero de las industrias y centrales eléctricas.

Los polímeros obtenidos a partir de altas concentraciones de algas verdes muestran relativa alta resistencia y un color negro profundo. La durabilidad y elasticidad varían de acuerdo a la cantidad de algas verdes utilizadas. Es evidente en los estudios que altos niveles de algas produjeron plásticos ecológicos de calidad. El plástico de algas podría ser comercializado para la producción de materiales que requieren fuerza relativa (Hillary, 2012).

También se han producido bioplásticos a partir de gluten de trigo, que constituye la proteína subproducto de la fabricación de almidón, es una interesante materia prima para el desarrollo de biopolímeros, porque es fácilmente disponible en grandes cantidades y a precios bajos.

Una característica sobresaliente del gluten de trigo de entre otras proteínas es su propiedad viscoelástica. Sus propiedades termoplásticas y su alta capacidad para la modificación química pueden ofrecer la posibilidad de desarrollar una serie de materiales que encuentran su aplicación en el sector no alimentario, por ejemplo, materiales compuestos, películas para uso agrícola u objetos moldeados (Domenek, 2004).

Además, por mezcla directa de las proteínas de la clara de huevo, con un plastificante, glicerol, y, finalmente, un proceso de moldeo térmico el cual le da forma a la materia y les propina propiedades mecánicas adecuadas para ser utilizados como materiales sustitutivos de polímeros sintéticos para aplicaciones concretas en el desarrollo de nuevos materiales bioplásticos. Las proteínas de la clara de huevo de gallina (albúmina) se han utilizado con frecuencia como ingredientes en la elaboración de alimentos por sus propiedades funcionales únicas, tales como gelificación, formación de espuma, la termofijación y la adhesión de los enlaces. Los bioplásticos a partir de proteínas de clara de huevo han demostrado ser más termoestables que los hechos a partir de gluten de trigo (Jerez et al, 2007).

Otra de las alternativas es el ácido poliláctico (PLA), polímero del ácido láctico obtenido en la fermentación del almidón. Las investigaciones de Tejeda (2007) y Silva (2012) demostraron la alta producción de almidón a partir de ñame espino y también de la papa

Para la producción de ácido láctico por fermentación de este almidón se pueden utilizar microorganismos que pertenezcan a los géneros: *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Lactococcus*, *Vagococcus*, *Enterococcus* y *Aerococcus*.

Mediante la polimerización del ácido láctico se obtiene el ácido poliláctico, el ácido poliláctico es un biopolímero termoplástico biodegradable que ha encontrado numerosas aplicaciones como empaques para la industria de alimentos, como yogurt, mantequilla, margarina y quesos debido a que ofrece una barrera protectora contra la luz, grasas, humedad y gases. Gracias a su transparencia y brillo y su facilidad de procesado en la extrusión y el termoconformado, se utiliza ya en piezas rígidas de termoconformado. Su rigidez permite además utilizar paredes más delgadas, rebajando el peso de las piezas frente a las mismas hechas en polietileno. Se usa como implante en cirugía estética y reconstructiva. Se ha usado en la fabricación de vasos desechables, platos y similares, así como en otros ámbitos como el de la telefonía o tarjetas inteligentes sustituyendo materiales como el PVC (Shafer, 2002).

El poli- hidroxialcanoato (PHA), es un tipo de poliéster que muestra propiedades térmicas similares a los plásticos a base de petróleo, pero que es producido por bacterias, algas, y plantas modificadas genéticamente. Se encuentra entre los más conocidos, en contraste con los plásticos convencionales, el PHA es totalmente biodegradable y derivado de recursos renovables es completamente biosintético y produce cero residuos tóxicos (Jiang, 2012). Este bioplástico

Los PHAs son eficientemente degradados en el medio ambiente debido a que muchos microorganismos en los suelos son capaces de secretar polihidroxibutirato (PHB) despolimerasas, enzimas que hidrolizan los enlaces éster de un polímero a monómeros y oligómeros solubles en agua. Los microorganismos metabolizan estos productos de degradación a agua y dióxido de carbono.

El microorganismo de elección para la producción industrial de PHA varía en función de factores que incluyen la capacidad de la célula para utilizar una fuente de carbono de bajo costo, el costo del medio, la tasa de crecimiento, la tasa de síntesis del polímero, la calidad y cantidad de los PHA, y el costo de procesos aguas abajo.

Aunque más de 300 microorganismos diferentes sintetizan PHA, sólo unos pocos, como *Cupriavidus necator* (antes conocido como *Ralstonia eutropha* o *Alcaligenes eutrophus*), *Alcaligenes latus*, *Azotobacter vinelandii*, *Pseudomonas oleovorans*, *Paracoccus denitrificans*, *Protomonas extorquens*, y *E. coli* recombinante, son capaces de producir suficiente PHA para la producción a gran escala (Chanprateep, 2012).

Los microorganismos los sintetizan en varias formas químicas, entre las cuales el polihidroxibutirato (PHB) que es el poliéster de cadena más corta en esa familia, es una

forma bioplástica del poliéster. Se comportan de manera similar al polipropileno. La materia prima utilizada es el azúcar. Es mezclado comúnmente con otros plásticos. En forma mezclada es utilizado en muchas aplicaciones como el pegamento y goma dura.

El acetato de celulosa es el aditivo más común de PHB. El almidón, y diversos compuestos orgánicos también se pueden añadir a PHB para cambiar sus características.

Una disciplina importante en el área de tecnología de los alimentos, es el embalaje para alimentos, la cual se encarga de la conservación y protección de todos los tipos de alimentos y sus materias primas, particularmente de deterioro oxidativo y microbiano y también extender sus características de vida útil. Los plásticos basados en petroquímicos tales como poliolefinas, poliésteres, poliamidas, etc. se han utilizado cada vez más para el embalaje de materiales, debido a su disponibilidad en grandes cantidades, a bajo costo y características favorables de funcionalidad tales como buena resistencia a la tracción y resistencia al desgarro, buenas propiedades de barrera al oxígeno y compuestos aromáticos y capacidad de sellado térmico. Sin embargo estos polímeros son totalmente no biodegradables y por lo tanto dan lugar a contaminación del medio ambiente, que plantean graves problemas para el ecosistema (Peelman, 2013).

En los últimos tiempos, el paradigma ha cambiado, por la creciente conciencia ambiental se han buscado películas y procesos de embalaje, que sean biodegradables y por lo tanto compatibles con el medio ambiente.

Una ventaja adicional de los materiales de embalaje biodegradables es que en la biodegradación o la desintegración y compostaje pueden actuar como fertilizante y acondicionador del suelo facilitando un mejor rendimiento de los cultivos. Aunque un poco caro, el bio embalaje es una necesidad de mañana para el embalaje especialmente para algunos productos de valor agregado de alimentos (Tharanathan, 2003).

La mayoría de estos empaques se hacen con almidón, este satisface los requerimientos de una adecuada estabilidad térmica, mínima interferencia con propiedades de fusión y la alteración de la calidad del producto.

Se han llevado a cabo estudios para producir películas de empaque de alimentos sobre la base de residuos cítricos agroindustriales con benzoato de sodio, como agente antimicrobiano. Las películas resultantes presentaron características físico-mecánicas y de barrera aceptables para ser consideradas como potencialmente útiles en la fabricación de empaques activos, además de mostrar estabilidad en la propiedad de permeabilidad con la adición del conservador (Arévalo et al, 2010).

Los materiales lignocelulósicos, que son un conjunto de materiales de origen forestal, agrícola o urbano residuales, representan una fuente importante de materiales poliméricos de interés industrial debido a su origen renovable y biodegradabilidad de sus derivados.

Nanotecnología aplicada en Polímeros Biodegradables

Diversos estudios han demostrado que la adición de sólidos inorgánicos a los bioplásticos (nanocargas) mejora las propiedades mecánicas del material resultante, incrementando su estabilidad frente a la degradación térmica y confiriéndole una mayor rigidez y mayor resistencia al impacto. Esto es debido al incremento de interacciones a nivel nanométrico entre ambos componentes.

Los materiales complejos constituidos por dos o más fases sólidas reciben comúnmente el nombre de materiales compuestos (composites), siendo los más comunes aquellos constituidos por un polímero orgánico que constituye la fase continua (matriz) y un sólido inorgánico como fase dispersa que actúa como agente o carga reforzante del polímero. Cuando la fase dispersa presenta al menos una dimensión en la escala nanométrica, estos materiales híbridos de naturaleza órgano- inorgánica se denominan “nanocompuestos”.

El término nanocompuesto se refiere a materiales compuestos que contienen típicamente bajas adiciones de algún tipo de nanopartículas. Específicamente en el sector de bioembalaje de alimentos, el término se refiere a los materiales que contienen, por lo general, 1e-7 porcentaje en peso, de nanoarcillas modificadas (Lagaron et al, 2005.).

Investigaciones recientes han comenzado a desarrollar nanocompuestos basados en biopolímeros. La finalidad es producir materiales avanzados que además de presentar las excelentes propiedades mecánicas de los nanocompuestos, ofrezcan la ventaja añadida de ser respetuosos con el medio ambiente y biodegradables, además de poder presentar biocompatibilidad y determinadas propiedades funcionales, por lo que han sido denominados bio-nanocompuestos.

Entre las diversas nanotecnologías existentes disponibles, la que ha llamado más la atención en el campo de los bioplásticos son los nanocompuestos basados en nanoarcillas. En la literatura científica ha sido ampliamente descrito el hecho de que la adición de bajas cargas de capas de nano partículas de arcilla, es decir, nanoarcillas, de espesor en la escala nanométrica, a biopolímeros pueden tener un profundo efecto potenciador sobre algunas propiedades de los materiales, tales como propiedades mecánicas, estabilidad térmica, la protección UV, conductividad, procesamiento y propiedades de barrera de vapor y que por otra parte, la adición de bajas cantidades de nanoaditivos no alteran en una medida significativa las buenas propiedades de las matrices poliméricas tales como la transparencia y la flexibilidad (Darder et al, 2007).

Los temas importantes asociados a la utilización de bioplásticos, tales como la migración no deseada de los componentes de plástico a los alimentos, también puede ser potencialmente reducido por el uso de estas nanoarcillas y también ofrecen grandes ventajas en la formulación de las tecnologías de envasado activo sobre la base de bioplásticos tales como antioxidantes más eficiente, eliminación de oxígeno o bio embalaje

antimicrobiano, que tiene implicaciones directas en el aumento de la calidad y la seguridad de los alimentos envasados.

La biocompatibilidad de los polímeros naturales hace que la aplicación de los bio-nanocompuestos resultantes pueda extenderse a un área tan vital como es el de la biomedicina. Así, se están desarrollando materiales que tratan de imitar la composición y la organización del hueso. Asimismo son destacables otras aplicaciones biomédicas basadas en el uso de bio-nanocompuestos como sistemas de transporte y liberación controlada de fármacos o como vectores no víricos para terapia génica.

Limitaciones y Retos para el Futuro

A pesar de los beneficios que ofrecen los materiales plásticos a partir de recursos naturales, se ha demostrado que ninguno de los que actualmente se encuentran en uso comercial o en desarrollo es totalmente sostenible. Algunos de ellos son preferibles desde una perspectiva de salud y seguridad y otros son preferibles desde el punto de vista del medio ambiente. En general, los producidos a base de almidón, PLA y PHA son los preferidos sobre otros polímeros de base biológica.

Debido a que estos plásticos requieren tierras para su producción, ellos podrían competir con los terrenos necesarios para producir alimentos para el consumo humano. Las materias primas de base biológica son generalmente cultivadas utilizando métodos de producción agrícola industrial y por lo tanto se utilizan cantidades significativas de pesticidas tóxicos, que pueden contaminar agua y suelo, e impactan los hábitats de vida silvestre. Cuando las materias primas son procesadas para producir plásticos, se utilizan cantidades significativas de energía y el agua, así como productos químicos, aditivos peligrosos, organismos genéticamente modificados o materiales de nano-ingeniería.

La biodegradabilidad de los plásticos de fuentes biológicas se ve afectada cuando son copolimerizados con compuestos derivados del petróleo.

Para hacer frente a estos posibles problemas de la producción de bioplásticos, se han planteado recomendaciones tales como:

- Utilizar subproductos agrícolas o industriales como materia prima en sus procesos de fabricación: Las posibles opciones incluyen ligno-celulósicos de la madera o el rastrojo de maíz, un subproducto de la industria del maíz, y los residuos de la papa (Papas fritas o chips de desecho).

El uso de subproductos a partir de la agricultura para producir plásticos de base biológica crearía una oportunidad para dar valor económico a estos materiales de desecho, reducir los costos de producción, minimizar la cantidad de tierras utilizadas

para la producción de polímeros en lugar de la producción de alimentos, y crear nuevos puestos de trabajo.

- Utilizar métodos de agricultura sostenible en los cultivos de bioplásticos: Esto significa la eliminación del uso de plaguicidas altamente peligrosos y fertilizantes, así como velar por la diversidad de cultivos, la gestión del suelo para mejorar la calidad, el uso eficiente del agua y muchos otros factores.
- Educar a los consumidores para que cambien sus actitudes: promover la reutilización de los materiales y buscar materiales alternativos que son más sostenibles. La reutilización de los materiales y el uso de papel, vidrio, aluminio u otros materiales sustitutos en ciertas aplicaciones para reducir el consumo de materiales plásticos, la generación de residuos sólidos y sus posibles efectos.
- Que se evite mezclar almidón con los plásticos a base de petróleo ya que esto reduce la biodegradabilidad, mientras que una mezcla de polímeros basados en fuentes biológicas probablemente será compostables (Edwards, 2012).

CONCLUSIONES

Los bioplásticos se presentan como una oportunidad en el conjunto de estrategias ambientales demandadas por la sociedad para mitigar el problema de la contaminación ambiental y sin lugar a dudas son una alternativa mucho más ecológica y limpia con el medio ambiente que los plásticos tradicionales. Sin embargo, las limitaciones técnicas a la hora de gestionar de manera sostenible sus residuos, son aun elevadas. Se precisaría desarrollar una infraestructura para recoger y procesar polímeros biodegradables como una opción disponible para la eliminación de residuos y desde el punto de vista social, la educación y concienciación sobre los biopolímeros. Los consumidores tendrán que aprender que los biopolímeros deben ser separados con los residuos orgánicos (si se dispone de separación) ó para reciclar (cuando corresponda) y se desarrolle la tecnología precisa.

Los plásticos biodegradables tienen el potencial de reducir el uso de combustibles fósiles y los impactos ambientales y de salud, y a su vez evitar los desechos plásticos no degradables y voluminosos. Pero de igual forma tienen también impacto en la salud ambiental y ocupacional en todo su ciclo de vida. Se necesita más investigación para producir nuevos plásticos amigables con el medio ambiente y más seguros, y es además necesario crear una nueva política para abordar la amplia gama de cuestiones relacionadas con la sostenibilidad de la industria de plásticos de base biológica.

Además, desde el punto de vista de la producción y mercadeo, surgen dudas como:

- ¿Qué capacidad de producción de biopolímeros se necesitará para satisfacer el mercado cuando éste se desarrolle masivamente?
- ¿Qué previsiones de futuro hay para el mercado de los bioplásticos?
- ¿Cuál va a ser el porcentaje de sustitución de los plásticos tradicionales en los envases por bioplásticos?
- ¿Cuál es el efecto ambiental que tiene la producción frente al reciclado de los plásticos existentes?

Existe una combinación de factores que está impulsando el crecimiento y aceptación de los bioplásticos biodegradables, estos son:

- El precio ascendente y alto de las resinas derivadas del petróleo.
- La concienciación de los consumidores sobre la necesidad de proteger el medio ambiente, adquiriendo productos “más ecológicos”.
- La madurez tecnológica ya alcanzada en la generación básica de productos con estas resinas.
- Las leyes gubernamentales que se están gestando en varios países fomentando el uso de estos productos biodegradables.

Si todos los plásticos de todo el mundo fueran reemplazados por los bioplásticos y la energía utilizada en el proceso proviniera de fuentes renovables el ahorro de combustibles fósiles sería de aproximadamente 3,49 millones de barriles al día (López, 2012).

Sin embargo, los bioplásticos actuales no tienen las propiedades para reemplazar todos los plásticos del mundo y no toda la energía utilizada en la producción es probable que sea renovable. El ahorro del petróleo varía de un proceso a otro y también de un lugar a otro.

El cambio a los bioplásticos tiene el potencial de afectar el suministro de alimentos del mundo en muchas formas. Los bioplásticos derivados de cultivos alimentarios como el maíz, la soja, la caña de azúcar, y otros disminuirían directamente la cantidad de los cultivos que estarían disponibles para alimentos.

Para concluir, los bioplásticos son una tecnología naciente, a pesar de que pueden no ser factible en la actualidad, se podría celebrar una gran promesa para el futuro.

REFERENCIAS

1. Segura, D., Noguez, R. y Espín, G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotechnología*, 14, (3), 361-372.
2. Silva, M. M. y Gómez, C. E. Producción de polilactato a partir de almidón de papa: Procesos de hidrólisis, purificación y polimerización.
3. Kipngetich, T. y Hillary M. (2012). A Blend of Green Algae and Sweet Potato Starch as a Potential Source of Bioplastic Production and Its Significance to the Polymer Industry. *International Journal of Green and Herbal Chemistry*, 2, (1), 15-19.
4. García-Tejeda, V., Zamudio-Flores, P., Bello-Pérez L., Romero-Bastida C. y Solorza-Feria J. (2011). Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. *Revista Iberoamericana de Polímero*, 12, (3), 125-135.
5. Peelman, N., Ragaert, P., De Meulenaer, B., Adons, D., Peeters, R., Cardon, L., Van Impe, F. y Devlieghere, F. (2013). Application of Bioplastics for Food Packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 32, 128-141.
6. Chanprateep, S. (2010). Current trends in biodegradable polyhydroxyalkanoates. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 110, (6), 621-632.
7. Ikeda, S. y Kakinuma, Y. (2011). Basic study on nanofabrication of biodegradable plastics applying biochemical machining. *Precision Engineering*, 35, 440-446.
8. Kaneeda, T., Yokomizo, S., Miwa, A., Mitsuishi, K., Uno, Y. y Morioka H. (1997). Biochemical Machining. *Precision Engineering*, 21, 57-63.

9. Rodríguez, A. (2012). Biodegradabilidad de Materiales Bioplásticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 22, (3), 69-72.
10. Ahn, H., Huda, M., Smith, M., Mulbry, W., Schmidt, W. y Reeves III, J. (2011). Biodegradability of injection molded bioplastic pots containing polylactic acid and poultry feather fiber. *Bioresource Technology*, 102, 4930–4933.
11. Domenek, S., Feuilleley P., Gratraud, J., Morel y M., Guilbert. (2004). Biodegradability of wheat gluten based bioplastics. *Chemosphere*, 54, 551–559.
12. Tharanathan, R. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 71–78.
13. Salmoral, E., Gonzalez, M. y Mariscal, M. (2000). Biodegradable plastic made from bean products. *Industrial Crops and Products*, 11, 217–225.
14. Ren, X. (2003). Biodegradable plastics: a solution or a challenge. *Journal of Cleaner Production*, 11, 27–40.
15. Flieger, M., Kantorová, M., Prell, A., Rezanka, T. y Votruba, J. (2003). Biodegradable Plastics from Renewable Sources. *Folia Microbiol*, 48, (1), 27–44.
16. Chandra, R. y Rustgi, R. (1998). Biodegradable Polymers. *Prog. Polym. Sci.*, 23, 1273–1335.
17. Shima, M. (2001). Biodegradation of plastics. *Current Opinion in Biotechnology*, 12, 242–247.

18. Ben, M., Mato, T., López, A., Vila, M., Kennes, C. y Veiga, M. (2011). Bioplastic production using wood mill effluents as feedstock. *Water Science and Technology*.
19. Tejada, L. P., Tejada, C., Villabona, A., Tarón, A., Barrios, R. y Tejada, L. M. (2007). Aprovechamiento del ñame espino (*dioscorea rotundata*) en la producción de bioplásticos. *Revista Universidad de Cartagena*, 5, (2), 68-74
20. López, J. (2012). Bioplásticos: efectos e impactos sobre la gestión de los envases.
21. De Almeida, A., Ruiz, J., López, N. y Pettinari, J. (2004). Bioplásticos: una alternativa ecológica. *Revista Química Viva*, (3), 43-47.
22. Marjadi, D. y Dharaiya, N. (2011). Bioplastic: A Better Alternative for Sustainable Future. *Search & Research*, 2, (2), 159-163.
23. Luengo, J.,García, B., Sandoval, A., Naharro, G. y Olivera, E. (2003). Bioplastics from microorganisms. *Current Opinion in Microbiology*, 6, 251-260.
24. Philp, J., Bartsev, A., Ritchie, R., Baucher, M. y Guy, K. (2012). Bioplastics science from a policy vantage point. *New Biotechnology*, 00, (00), 206-218.
25. Villada, H., Acosta, H. y Velasco, R. (2007). Biopolímeros Naturales Usados en Empaques Biodegradables. *Temas agrarios*, 12, (2), 5-13.
26. Reddy, C., Ghai, R., Rashmi, P. y Kalia, V. (2003). Polyhydroxyalkanoates: an overview. *Bioresource Technology*, 87, 137–146.
27. Accinelli, C., Saccà, M., Mencarelli, M. y Vicari, A. (2012). Deterioration of bioplastic carrier bags in the environment and assessment of a new recycling alternative. *Chemosphere*, 89, 136–143.

28. Gonzalez, M., Lunati, C., Floccari, M. y Salmoral, E. (2009). Effects of Sterilizing Agents on the Biodegradation of a Bioplastic Material. *International Journal of Polymeric Materials*, 58, 129–140.
29. Jerez, A., Partal, P., Martínez, I., Gallegos, C. y Guerrero, A. (2007). Egg white-based bioplastics developed by thermomechanical processing. *Journal of Food Engineering*, 82, 608–617.
30. Arrieta, A., Gañán, P., Márquez, S. y Zuluaga, R. (2011). Electrically Conductive Bioplastics from Cassava Starch. [Journal of the Brazilian Chemical Society](#), 22, (6), 1170-1176,
31. Patel, M., Bastioli, M., Marini, L. y Würd-inger, E. Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres.
32. Sarasa, J., Gracia, J. y Javierre, C. (2009). Study of the Biodisintegration of a Bioplastic Material Waste. *Bioresource Technology*, 100, 3764–3768.
33. Momani, B. (2009). *Assessment of the Impacts of Bioplastics: Energy Usage, Fossil Fuel Usage, Pollution, Health Effects, Effects on the Food Supply, and Economic Effects Compared to Petroleum Based Plastics* (Trabajo de grado). Worcester Polytechnic Institute.
34. Iles, A. y Martin, A. (2013). Expanding bioplastics production: sustainable business innovation in the chemical industry. *Journal of Cleaner Production*, 45, 38-49.
35. Rivera-Mackintosh¹, L. y Nevárez-Moorillón, G. (2009). Fuentes de Carbono Economicas para la Producción de Bioplasticos Bacterianos. *Tecnociencia Chihuahua*, 3, (2), 58-63.

36. Scott, G. (1999). "Green" polymers. *Polymer Degradation and Stability*, 68, 1-7.
37. Singh, S., Mohanty, A. y Misra, M. (2010). Hybrid bio-composite from talc, wood fiber and bioplastic: Fabrication and characterization. *Composites: Part A*, 41, 304–312.
38. Nonato, R., Mantelatto, P y Rossell, C. (2001). Integrated production of biodegradable plastic, sugar and etanol. *Appl Microbiol Biotechnol*, 57, 1–5. DOI 10.1007/s002530100732.
39. Darder, M., Aranda, P., y Hitzky, E. R. (2007). Bio-nanocomposites: nuevos materiales ecológicos, biocompatibles y funcionales. *Anales Real Sociedad Española de Química*, 103, (1), 21-29.
40. Lagaron, J. y López-Rubio, A. (2011). Nanotechnology for bioplastics: opportunities, challenges and strategies. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 611-617.
41. Sivan, A. (2011). New perspectives in plastic biodegradation. *Current Opinion in Biotechnology*, 22, 422–426. DOI10.1016/j.copbio.2011.01.013
42. Arévalo, K., Alemán, M., Rojas, M. y Rodríguez, L. (2010). Películas biodegradables a partir de residuos de cítricos: propuesta de empaques activos. *Revista Latinoamericana de Biotecnología y Ambiente Algal*, 1, (2), 124-134.
43. Swain, S., Biswal, S., Nanda, P. y Nayak, P. (2004). Biodegradable Soy-Based Plastics: Opportunities and Challenges. *Journal of Polymers and the Environment*, 12, (1), 35-42.

44. Matsuura, E., Ye, Y. y He, X. (2008). *Sustainability Opportunities and Challenges of Bioplastics*. (Tesis de grado). Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden.
45. Ali, R., Rahman, W., Kasmani, R. e Ibrahim N. (2012). Starch Based Biofilms for Green Packaging. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 70, 531-535.
46. Álvarez-Chávez, C., Edwards, S., Moure-Eraso, R. y Geiser, K. (2012). Sustainability of bio-based plastics: general comparative analysis and recommendations for improvement. *Journal of Cleaner Production*, 23, 47-56. doi:10.1016/j.jclepro.2011.10.003
47. Mooney, B. (2009). The second green revolution? Production of plant-based biodegradable plastics. *Biochem. J.*, 418, 219–232. doi:10.1042/BJ20081769.
48. Jiang, Y., Marang, L., Tamis, J., Van Loosdrecht, M., Dijkman, H. y Kleerebezem, R. (2012). Waste to resource: Converting paper mill wastewater to Bioplastic. *Water research*, 46, 5517-5530.
49. Kumar, R., Choudhary, V., Mishra, S., Varma, I. y Mattiason, B. (2002). Adhesives and plastics based on soy protein products. *Industrial Crops and Products*, 16, 155-172
50. Escudero, L. (2011). *Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de materiales plásticos* (Tesis de grado). Universidad politécnica de Cartagena.
51. Lunt, J y Shafer, A. (2002). Polylactic Acid Polymers from Corn: Potential Applications in the Textiles Industry. *Journal of Industrial Textiles*, 29, (3) 191-205. doi: 10.1177/152808370002900304

52. Perdomo, G. (2002). Plásticos y medio ambiente. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 3, (2), 1-13.