

Paper

Bioplásticos totalmente biobasados: Escalar para promover

Caruso, Susana Inés

arqas1@yahoo.com.ar

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Centro Experimental de la Producción. Ciudad de Buenos Aires, República Argentina

Línea temática 3. Escalas, realizaciones, productos y obras

Palabras clave

Bioplástico, Escalar, Desechos Alimentarios, Celulosa Bacteriana, Cambio Tecnológico

Resumen

El empleo masivo del plástico, mayormente utilizado para envases de un solo uso, ha provocado un grave problema ambiental, agudizado por la escasez de normativa clara para su adecuada gestión.

Como alternativa a los productos derivados del petróleo, surgen los Bioplásticos dada su potencial biodegradabilidad y su origen a partir de fuentes renovables.

Opiniones contrarias a su utilización para envasado de productos, postulan que muchos de los denominados Bioplásticos, Plásticos Biobasados o Compostables, en realidad no entran en ninguna de estas categorías. Los fabricantes de envases suelen denominar Bioplástico a un compuesto que solo tiene un escaso porcentaje de origen natural. Es necesario además considerar que ciertos Bioplásticos, ya sean originados totalmente de fuentes renovables o con agregados petroquímicos, pueden resultar tan durables y tardar en degradarse en la Naturaleza tanto como un plástico convencional, de manera que su compostaje solo puede producirse en instalaciones industriales y

también es indispensable una adecuada gestión de sus residuos.

Sin embargo, independientemente de la necesidad de políticas y regulaciones específicas, es innegable que, siempre que el bioplástico sea de origen totalmente natural y que no compita con fuentes alimentarias sino que sea fabricado con residuos o producido a partir de gases como el CO₂, es un excelente sustituto de los derivados del petróleo, debido a su forma de obtención más amigable con el ambiente y a una significativa reducción de emisiones de GEI durante su ciclo de vida.

Su abanico de usos abarca no solamente envases sino también aplicaciones médicas, textiles, calzado y marroquinería, entre otros.

En esta investigación basada en la FADU UBA, se han elaborado bioplásticos provenientes de desechos alimentarios y celulosa bacteriana, para recubrimientos protectores de materiales con fibras naturales y se considera imprescindible un escalamiento en producción de contenidos y procesos de fabricación, para promover el indispensable cambio tecnológico en Argentina.

Introducción

Un material como el plástico de origen fósil, incorporado al mercado de forma creciente durante el siglo pasado, fue desplazando el empleo de metales, vidrio y papel. A partir de entonces y como producto de la deficiente gestión de sus residuos, nos encontramos con severos problemas ambientales debido a la contaminación de suelos, aguas superficiales y acuíferos por lixiviados, además de un aumento en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Geyer *et al.*, 2017; Naser *et al.*, 2021 en Hernández Herreros, 2022). Sin contar el tremendo aumento en la aparición de microplásticos que contaminan los océanos, de una forma difícil de mensurar, lo mismo que sus consecuencias en la salud humana y animal (Universidad Autónoma de Madrid 2023, en línea).

Afortunadamente, y a partir de la toma de conciencia sobre estos efectos, la demanda de polímeros de base biológica, conocidos como bioplásticos, también ha aumentado en todo el mundo durante los últimos años.

En este trabajo se realizará una revisión de bibliografía sobre el tema y se aportarán algunas experiencias de la autora relacionadas con un proyecto de investigación radicado en el Centro Experimental de la Producción (CEP) de la FADU UBA, sobre fabricación y aplicación de bioplásticos a materiales constructivos elaborados con residuos de papel y fibras naturales (Caruso & Becerra 2020; Caruso 2022).

Pregunta de Investigación

¿Es posible promover en Argentina un escalamiento en producción de contenidos y procesos de fabricación, que favorezca el cambio tecnológico hacia los plásticos totalmente biobasados?

Objetivo

Contribuir a la promoción del escalamiento en producción de contenidos y procesos de fabricación, que favorezca el cambio tecnológico hacia los plásticos totalmente biobasados en Argentina.

Metodología

- Se efectuará una revisión de bibliografía y sitios web recientes, sobre la problemática de los plásticos biobasados.
- Se expondrán resultados propios de Investigación Aplicada sobre plásticos biobasados obtenidos en el transcurso de un Proyecto llevado a cabo en el CEP FADU UBA.
- Se formularán conclusiones y se sugerirán futuras líneas de investigación posibles.

Estado de la cuestión

Este trabajo forma parte de una investigación que se enfoca en la fabricación de materiales constructivos y de revestimiento más sustentables. Se utilizan los residuos de papeles no reciclados habitualmente, tales como bolsas de cemento, yeso, cal, adhesivos en polvo, etc., provenientes de obras de construcción y refacciones, para fabricar ladrillos, bloques y placas de revestimiento. Se emplean asimismo residuos de fibras naturales de cultivos locales y podas urbanas (Caruso 2017).

Durante su transcurso surgió la inquietud sobre el problema de la excesiva cantidad de plásticos empleados para múltiples fines que está invadiendo el ambiente. Se ha demostrado que los fragmentos de plásticos acumulan compuestos químicos tóxicos, transportando contaminantes a los mares. Además, una investigación dirigida por Heather Leslie y Marja Lamoree, de la Universidad Libre de Ámsterdam, constata el hallazgo de partículas plásticas de 5 milímetros o menos, provenientes del entorno, que son absorbidas por el torrente sanguíneo (Izquierdo 2022, en línea).

Por otro lado, es necesario considerar que se generan grandes cantidades de residuos orgánicos a escala mundial debido al crecimiento poblacional e industrial, que no reciben un tratamiento adecuado, lo que también produce impactos en el ambiente y riesgos para la salud.

Existe abundancia y variedad de residuos provenientes de la Agroindustria con posibilidad de ser reciclados para fabricar materiales. Estos residuos están en franco crecimiento debido al incremento de productos comercializables. Entre los productos que se industrializan podemos mencionar: frutas, verduras,

raíces, semillas, hojas, tubérculos y vainas. Residuos primarios, obtenidos de las cosechas pueden ser: hojas y tallos de maíz, tallos y vainas de sorgo, puntas y hojas de caña de azúcar, paja de trigo, paja de cebada y de frijol, así como cáscara de algodón. Pueden obtenerse además residuos secundarios del procesamiento, como ser: bagazo de caña de azúcar, mazorcas, bagazo de magüey o ágave, pulpa de café, entre otros. Algunos datos que sirven para tener una idea del volumen de residuos que generan diferentes industrias son: cerveza 92%; aceite de palma 91%; café 90.5% y papel aproximadamente 70%. Entre los residuos naturales, los orgánicos incluyen: los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, residuos domésticos y residuos sólidos municipales. Para aprovechar estos residuos, es necesaria su caracterización y así definir las tecnologías más apropiadas para su utilización y posterior tratamiento. (Saval, 2012).

Antecedentes de los Bioplásticos modernos

Se podría pensar que los bioplásticos hicieron su aparición junto con el nuevo milenio. Sin embargo, algunos se han utilizado desde tiempos remotos hasta nuestros días.

Según *Plastic Le Mag 2022* (en línea) ya hacia el comienzo de la era industrial, la biomasa era el material básico de los primeros polímeros artificiales. El primer plástico moderno, la *parkesina*, presentada en la exposición universal de 1862 en Londres, fue desarrollada por el químico inglés Alexander Parkes, que buscaba un sustituto del caucho natural, a partir de la celulosa.

En 1870, en Nueva York, al intentar fabricar un sustituto para el marfil, John Wesley Hyatt añadió alcanfor a la *parkesina* creando el *celuloide*.

Auguste Trillat creó la *galatita* en 1897 mezclando formol y caseína, la proteína de la leche.

En 1941 Henry Ford presentó el *Hemp Body Car* o *Soy Bean Car*, un prototipo de automóvil con algunas piezas de un plástico a base de granos de soja o de cáñamo. Al entrar Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial, se abandonó el proyecto.

En 1947 apareció un nuevo bioplástico destacable por sus características técnicas, la *poliamida 11* o PA 11 (nailon) derivada del aceite de ricino.

La biomasa ha sido empleada desde siempre por el hombre, siendo una extraordinaria reserva de recursos. A partir de esa reserva es posible fabricar energía eléctrica, biocarburantes, gas, hidrógeno para pilas de combustible o polímeros sintéticos.

Bioplásticos y Plásticos Biobasados

¿Qué son los Bioplásticos?

Comprenden toda una familia de materiales con diferentes propiedades y aplicaciones. Según la organización *European Bioplastics* (2022, en línea), un material plástico se define como bioplástico si es de base biológica, biodegradable o presenta ambas propiedades.

¿Qué son los plásticos Biobasados?

Son polímeros cuyos monómeros proceden de fuentes renovables, son extraídos de biomasa o son producidos directamente por microorganismos (Salaris, V. et al.2021).

Innovaciones recientes redirigen la fuente de materias primas biobasadas para la elaboración de bioplásticos desde el sector petroquímico hacia el de la biomasa.

En la actualidad los bioplásticos pueden llegar a producirse a partir de residuos industriales y urbanos que presenten gran cantidad de materia orgánica.

También es posible producirlos a partir de gases como el dióxido de carbono (CO₂) (Prieto, 2020).

En la Universidad de Texas, un grupo de investigadores desarrolló un sistema que utiliza el CO₂ para producir bioplásticos con capacidad de sustituir a los plásticos convencionales y además contribuir a paliar las emisiones de GEI (Residuos Profesional 2022, en línea).

Biobasado no siempre es igual a Biodegradable

En general, se suele asociar la idea de un bioplástico con el de un producto de rápida degradación en el ambiente, aunque esto no siempre es así.

La biodegradación no depende de la materia prima de un material, sino que está relacionada con su estructura química. Los plásticos de base 100 % biológica pueden no ser biodegradables, y los plásticos de origen 100 % fósil pueden llegar a biodegradarse en el ambiente (*European Bioplastics* 2023 (A), en línea).

Los polímeros biodegradables pueden tener un origen natural y renovable como celulosa, almidón y proteínas, o un origen sintético de fuentes no renovables, como el petróleo, las familias de los poliésteres, poliesteramidas y poliuretanos (Salaris, V. et al.2021).

Plásticos Totalmente Biobasados

Una propiedad sustancial de los biopolímeros o plásticos totalmente biobasados es su no toxicidad. Durante su degradación no liberan sustancias tóxicas al ambiente ni nocivas para los seres humanos. Esto hace que sean muy utilizados en medicina. Tienen las mismas características de manejo que los polímeros tradicionales. Su composición y estructura se pueden diseñar para obtener las funcionalidades deseadas (Mexpolímeros 2023, en línea).

Estos polímeros provenientes de fuentes renovables se pueden dividir en tres clases: 1) derivados directamente de la biomasa, se utilizan sin requerir purificación, como la celulosa, almidón o quitina; 2) sintetizados mediante el uso de microorganismos o plantas, como los polihidroxialcanoatos (PHA) o el políácido glutámico; 3) polímeros cuyos monómeros derivan de fuentes de origen natural o proceden de la descomposición de macromoléculas, como el ácido poliláctico (PLA), el polisuccinato de butileno (PBS), o el bio-polietileno, (Bio-PE) (Salaris, V. et al. 2021).

Pueden ser biodegradables, como los derivados de celulosa, almidón, el PLA y el PHA. Otros en cambio resisten la degradación, como el Bio-PE y el Bio-PET, que poseen estructuras químicas similares a los PE (polietileno) y PET (poli etil tereftalato) derivados del petróleo, aunque son sintetizados mediante procesos biotecnológicos que conllevan una reducción en las emisiones de GEI a lo largo de su ciclo de vida (Prieto, 2020).

Pueden ser generados a partir de una variedad de proteínas alimentarias y polisacáridos, como proteína de suero, caseína, gelatina, proteína de soja, almidón, celulosa y varios otros hidrocoloides, pueden contener componentes como agua, lípidos, minerales y azúcares. (Mexpolímeros 2023, en línea)

Un ancestro de los plásticos biobasados es el nailon PA11, una poliamida bioplástica con compuestos provenientes del aceite de ricino. Tiene un solo productor, Arkema y un precio elevado. Su impacto ambiental es menor que el del nailon tradicional y no requiere tantas sustancias no renovables para su producción. Posee buena resistencia térmica, gran elasticidad, es estable a la luz y a los agentes atmosféricos (Weerg, en línea).

A continuación se mencionan una serie de plásticos de origen totalmente vegetal con muy buenas perspectivas de escalamiento en el mercado (*Plastics le Mag* 2022, en línea).

- El ácido poliláctico (PLA) es uno de los bioplásticos más antiguos y representa cerca del 20 % de los bioplásticos producidos en 2021. Su fabricación se basa en el ácido láctico, obtenido por fermentación de azúcares como sacarosa, glucosa, etc., presentes en caña de azúcar, remolacha, entre otros o extraídos de almidón (maíz, trigo, patatas, etc.). Luego de su destilación, se polimeriza para convertirse en ácido poliláctico. Es compostable de forma industrial, por encima de los 60°. Se utiliza mayormente en envases alimentarios e impresión 3D. También en prótesis impresas, hilos de sutura y telas para pañales.
- Los polihidroxialcanoatos (PHA) y los polihidroxibutiratos (PHB), tienen técnicas de fabricación muy similares en base a microorganismos o plantas. En 2020, la Unión Europea puso en marcha un programa de investigación para fabricar PHA a partir de microalgas. El PHA y el PHB presentan una ventaja sobre el PLA, al ser biodegradables en el medio natural. Son materiales novedosos que pueden prestar utilidad en el ámbito de la salud para fabricar hilos de sutura reabsorbibles y cápsulas de sustancias activas, entre otros usos.
- El polietileno (PE) es el material plástico más utilizado en el mundo. El etileno, su componente básico, puede obtenerse a partir del etanol producido a partir de la fermentación de plantas ricas en azúcares, como caña de azúcar, remolacha azucarera o maíz.
- El PET es el material más utilizado en el mundo para la fabricación de botellas de bebidas, exhibiendo excelentes condiciones de reciclabilidad. El PET puede ser biobasado parcialmente, fabricado a partir de ácido tereftálico derivado del petróleo y de etilenglicol, habitualmente elaborado a partir de la caña de azúcar. Coca-Cola es la primera marca que ha comercializado una botella 100 % biobasada, la *Plant Bottle*, fabricada a partir de un paraxileno derivado de

plantas, que se convierte en ácido tereftálico. La empresa espera dejar de utilizar PET de origen fósil hacia 2030 en Europa y en Japón.

- El PVC (policloruro de vinilo) es también uno de los polímeros más utilizados en el mundo. En el sector de la construcción forma parte de tubos, ventanas, puertas, cables eléctricos y revestimientos. Aliaxis, uno de los líderes mundiales en productos de canalización, ofrece actualmente una gama de tubos con las mismas características técnicas que los del PVC tradicional, siendo elaborados en un 50 % con PVC bio-atribuido, un 20 % con PVC reciclado y el 30% restante con rellenos minerales.

El PVC biobasado es 100% de origen no fósil, en cambio el bio-atribuido permite su mezcla con una pequeña cantidad de material de origen fósil, basándose en el principio de equilibrio o balance¹ de masas.

Algunos antecedentes sobre Bioplásticos en el mundo

La nación que más desechos plásticos genera a nivel mundial es Estados Unidos, con un total de 42 millones de toneladas al año. Esa producción es mayor que la de toda la Unión Europea. Bajo la administración Biden, Estados Unidos ha fijado el objetivo de reemplazar el 90 por ciento de los plásticos provenientes de combustibles fósiles durante las próximas dos décadas. Según un informe de la Oficina de Política Científica y Tecnológica, se busca que en 20 años se implementen formas rentables y sostenibles para convertir materias primas de base biológica en polímeros reciclables, reemplazando los plásticos actuales (Castellanos 2023, en línea).

Investigadores del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (*Berkeley Lab*) Estados Unidos, han conseguido crear alternativas biológicas a los ingredientes iniciales de un plástico infinitamente reciclable conocido como poli diketoenamina o PDK. Mediante ingeniería microbiana, manipulan la bacteria '*E. coli*' para convertir azúcares de plantas en algunos de los materiales de partida. Apuntan a lograr próximamente el 100% de bio contenido en plásticos totalmente reciclables (*Europa Press* 2023, en línea).

En 2022, la Comisión Europea adoptó un marco de políticas sobre abastecimiento, etiquetado y uso de plásticos de base biológica, biodegradables y compostables. En ese marco se anunciaron el Acuerdo Verde Europeo, el Plan de Acción de Economía Circular y la Estrategia de Plásticos con el objetivo de contribuir a una economía de plásticos sostenible (*European Bioplastics* 2023 (B), en línea).

En Sudamérica, la empresa brasileña Braskem, principal productora de biopolímeros del mundo, anunció que escalará la producción de *l'm green* TM, su línea de plásticos de base biológica elaborados con materias primas del cultivo sostenible de caña de azúcar. Asimismo declara su intención de convertirse en carbono neutral para 2050 (Bioeconomía 2022, en línea).

En Argentina afortunadamente también existen iniciativas que favorecen el reemplazo de los plásticos derivados del petróleo. A continuación se citan algunos ejemplos.

¹ El enfoque de balance de masas se introdujo para permitir el uso de plásticos de origen biológico sin que se disparen los costes y se desperdicien los recursos, balanceando su uso en mezclas con plásticos tradicionales. Fuente: <https://www.albal.net/es/que-es-el-balance-de-masas-del-plastico-1288.html>

- **INTEMA - CONICET**

La División Ecomateriales se creó en 2009. Trabaja en el desarrollo de compuestos con fibras naturales y polímeros biodegradables, así como en el diseño, preparación y caracterización de nuevos materiales a partir de biopolímeros, polímeros biobasados y/o nanocompuestos con propiedades y aplicaciones tanto estructurales como funcionales.

A la hora de diseñar materiales se prioriza que las materias primas de origen natural, no compitan con la industria de alimentos (INTEMA-CONICET, en línea).

- **COBIOMAT**

COBIOMAT (Comisión Nacional Asesora en Biomateriales), es una iniciativa que surge dentro del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, con el objetivo de establecer un diagnóstico sobre bioplásticos y desarrollos existentes, como así también una planificación estratégica de tecnologías sobre bioplásticos para el desarrollo local (Iniciativa Bioplástico COBIOMAT, en línea).

Dentro de la misma Secretaría se creó el Sello “Bioproducto Argentino”, distinción oficial otorgada a los biomateriales, bioproductos y bioinsumos de la industria nacional, elaborados con materias primas renovables provenientes del sector agroindustrial, destacables por su innovación y aporte a la sostenibilidad (Sello Bioproducto Argentino, en línea).

- **Universidades y Centros de Investigación nacionales que desarrollan Bioplásticos**

Universidad Nacional de Misiones; Universidad Nacional de San Martín; Universidad Nacional de Quilmes; Universidad Nacional de La Plata; Instituto de Tecnología en Polímeros y Nanotecnología de la FIUBA; CONICET; INTI; INTA (Iniciativa Bioplastico COBIOMAT, en línea).

Resultados propios de Investigación Aplicada

Dentro de esta investigación, se trabajó de acuerdo al concepto de no competencia con los recursos de producción alimentaria para la obtención de materias primas cultivables, aplicables a nuevos materiales, privilegiando la utilización de residuos orgánicos, tanto urbanos como industriales.

Para ello se consideraron entre otros, los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, que establece que en Argentina se pierden o desperdician 16 millones de toneladas de alimentos por año, lo que representa aproximadamente 362 kilos per cápita, (FAO 2020, en línea). Se tuvo en cuenta también que a nivel mundial, se estima que el 40% de las cosechas quedan en los campos de cultivo, sin distribuir (WWF, en línea), las que frecuentemente son quemadas en el lugar, generando emisiones de

CO₂ y contaminación ambiental. Gran parte de esos desechos podrían aprovecharse para la fabricación de bioplásticos.

Dado que la etapa de experimentación comenzó en pandemia durante el año 2020 y las clases se dictaron en línea, los pasantes de la investigación trabajaron en sus domicilios, transformando en laboratorios las cocinas de sus hogares y compartiendo hallazgos y dudas a través de encuentros virtuales. Debido a esa experiencia se pudo comprobar la relativa sencillez en la fabricación de bioplásticos con los medios al alcance, el bajo costo de los insumos y fundamentalmente, la filosofía de la creación colectiva de conocimiento, ya que muchas de las fórmulas fueron adaptadas de sitios de internet de libre acceso. Uno de ellos fue la plataforma de origen chileno *Materiom* (en línea). Se consultaron asimismo diversas publicaciones de sitios académicos en Internet.

Las membranas y barnices protectores para materiales de papel cemento se fabricaron utilizando Almidones, Glicerina Vegetal, Metilcelulosa, Caseína, Borra de Café, Cáscara de Papa, Colofonia, Cáscara de Naranja, Ceniza de Carbón y Cáscara de Huevo. En algunas fórmulas se emplearon fibras vegetales provenientes de Chala, Repollo, Remolacha, Yerba Mate y Té en Hebras, con el agregado de plastificantes y gomas naturales (Figs. 1 y 2).

Figura 1: Protección de placas de papel cemento con bioplásticos en forma de membranas y barnices



Agua de Chala y Caseína



Caseína y Cáscara de Huevo



Semillas, Gelatina y Glicerina



Restos de Café y Caseína

Fuente: Imagen propia

Figura 2: Membranas con distintos residuos orgánicos

Fuente: Imagen propia

Se realizaron también experiencias con Celulosa Bacteriana (CB), llevadas a cabo por la autora en su domicilio, dado que se requirió la adquisición de un cultivo específico y controlar el crecimiento de las membranas en un lugar oscuro y lejos de corrientes de aire (Fig. 3) (Caruso & Becerra, 2020 y Caruso, 2022).

Se observó el comportamiento de placas de papel cemento revestidas con CB a lo largo del tiempo, concluyendo que la misma tiene muy buenas propiedades como producto de protección superficial.

La elección de CB se debe a que es de origen natural, biodegradable, atóxica y con buenas propiedades mecánicas. Muy abundante en la Naturaleza, su fuente de carbono puede obtenerse de diversos residuos orgánicos, generando así un valor para los mismos (Caruso, 2022).

La realización de mayor cantidad de ensayos experimentales en todos los bioplásticos investigados permitirá ajustar dosificaciones y procedimientos antes de abordar los testeos en laboratorio certificado.

Figura 3: Aplicación de membrana de Celulosa Bacteriana a pieza de papel cemento



Fuente: Imagen propia

Discusión

Este trabajo no pretende proponer la erradicación de los materiales plásticos. Por el contrario, se reconoce la variedad de ventajas que implica su empleo para gran diversidad de funciones, considerando su liviandad, versatilidad de usos, tecnologías en constante desarrollo y aceptación masiva por los consumidores. Sin embargo los plásticos tradicionales provienen de fuentes no renovables y sus emisiones, generación de microplásticos, acumulación en

basurales y desechos en mares y cursos de agua, ocasionan severos problemas ambientales.

Si bien el reciclado puede ser una medida paliativa para estos impactos, a su vez también genera residuos y produce una huella en el ambiente.

Diversas organizaciones destacan que el efecto del reciclado frente al cambio climático y la contaminación es relativamente menor si se compara con alternativas como descarbonización, protección de bosques y océanos, energías renovables, reducción del consumo, desaceleración de la producción y el reemplazo de materiales tradicionales por otros menos nocivos (Carvajal Chamorro, en línea).

Un informe elaborado por la ONG española Amigos de la Tierra (en línea), señala distintas cuestiones a considerar respecto de los llamados Bioplásticos. Una de ellas es la confusión de los términos biodegradable y compostable, que según esta Organización, es fomentada por la industria para aprovechar el nicho de mercado de lo “verde” y “sostenible”. Dado que muchos plásticos comercializados como “compostables” solo se biodegradan en plantas industriales y no en composteras domésticas, el uso del término “compostable” sin ninguna especificación, puede resultar engañoso para el usuario.

Otro señalamiento es el uso intensivo de tierras para cultivos de materias primas, con efectos de degradación de suelos, desplazamiento de poblaciones locales y explotación laboral debido a intereses detrás de un negocio de la economía lineal. Sumando a esto el uso de energías no renovables para su producción.

Cabe resaltar al respecto que el mal uso del suelo y la explotación laboral son consecuencias de un modelo económico global que no se relacionan directamente con la producción de un material determinado.

Este informe destaca asimismo la falta de legislación y controles para las corporaciones, ya que se suelen etiquetar como bioplásticos materiales que solo tienen una muy pequeña proporción de componentes biológicos. También expresa la imperiosa necesidad de introducir normas y regulaciones vinculantes, que permitan avanzar en la erradicación de la cultura del “usar y tirar” (Amigos de la Tierra, en línea).

En cuanto a regulaciones, el antes mencionado marco político adoptado en 2022 por la Comisión Europea, aclara que los bioplásticos deben mantener los mismos estándares que cualquier otro material.

Aunque actualmente no existe una ley de la Unión Europea (UE) que se aplique específicamente a bioplásticos, se encuentran leyes, como la Taxonomía de la UE y directivas sobre plásticos de un solo uso, bolsas de plástico, envases y residuos de envases y la Directiva Marco sobre residuos, que abordan algunos aspectos y aplicaciones de plásticos biobasados, biodegradables y compostables.

A pesar de que este marco político no es jurídicamente vinculante, es una guía para futuras políticas de la UE sobre reclamos por temas de sustentabilidad, ecodiseño, eliminación de carbono o microplásticos (*European Bioplastics*, 2022).

Por otro lado, las empresas que fabrican bioplásticos, tienen la posibilidad de indicar el contenido de carbono de base biológica o de masa de base biológica de sus productos. Para satisfacer las necesidades surgidas a partir del

crecimiento del sector de los biobasados, se encuentran disponibles esquemas de certificación y etiquetas de plásticos biobasados en el estándar europeo y estadounidense, como el certificado de TUV Austria, que es una certificadora independiente.

Esta certificación lleva el nombre de *Ok Biobased* y a diferencia de una evaluación del ciclo de vida, el estudio es relativamente sencillo. El valor exacto puede ser calculado mediante un método denominado C14. Dependiendo del porcentaje de materias primas renovables (% *bio-based*), el producto podrá certificarse desde *One-star-bio-based* hasta *Four-star-bio-based* (*Prime Biopolymers* 2021, en línea).

Escalamiento en la producción de plásticos totalmente biobasados. Escalar para promover

El Plan de Acción de Economía Circular de la UE, pone el acento en la necesidad de desvincular el crecimiento económico del uso de recursos. También destaca que es indispensable la coordinación internacional para mejorar la economía circular y la bioeconomía (*European Commission*, 2021). Respecto a los bioplásticos, y según datos de *European Bioplastics* 2023(C), (en línea), se estima que la capacidad global de producción se incrementará desde las 2,42 millones de toneladas producidas en 2021 hasta cerca de 7,59 millones de toneladas a producirse en 2027.

La empresa Braskem tiene una capacidad para producir en Brasil alrededor de 200.000 toneladas de biopolímeros por año. Su plan es escalar próximamente a las 260.000 toneladas anuales y hacia 2030 a un millón de toneladas anuales (Bioeconomía, en línea).

De acuerdo a un estudio de caso realizado por la Comisión Europea (*European Commission*, 2021), una de las barreras para escalar la bioeconomía es la falta de comprensión del potencial y los beneficios que pueden derivarse de mayores inversiones en el sector. Considera indispensable generar confianza y aumento de la captación de empresas privadas mediante el intercambio de información a través de distintas plataformas de comunicación.

En Estados Unidos, a partir del objetivo de reemplazar los plásticos actuales por otros de base biológica, se generará un significativo escalamiento en la demanda de biopolímeros en los próximos años (Castellanos, en línea).

Los polímeros biobasados representan un eslabón fundamental en la descarbonización de los plásticos y se estima que cobrarán más importancia en un futuro cercano.

Si bien es común que los productos innovadores sean más caros que los tradicionales, por lo menos hasta alcanzar una cuota de mercado similar, diferentes estudios muestran que los consumidores finales aceptan pagar un poco más por productos de origen sostenible. (*Plastic Le Mag*, en línea).

La transición hacia una nueva economía de los plásticos es un objetivo que necesitará cooperación a nivel político, normativo, productivo y académico.

Resulta indispensable que la investigación y desarrollo en bioplásticos responda a escalas que puedan cubrir la demanda esperada.

Dificultades para lograr el escalamiento en la producción de bioplásticos en Argentina

Según el Diagnóstico de COBIOMAT, en línea, existen limitaciones y necesidades en el estado actual de la industria:

- Dificultad para acceder a biopellets nacionales.
- Diferencia de costo entre biopellets y convencionales.
- Falta de acceso continuo y en cantidad a las materias primas.
- Falta de diversidad de proveedores.
- Falta de financiamiento.
- Dificultad para acceder a la tecnología.
- Escasos recursos humanos altamente calificados.
- Trabas para la importación de biopolímeros y costos asociados.
- Falta de políticas públicas que impulsen el uso de este tipo de materias primas

Conclusiones

Los biopolímeros están impulsando la evolución de los plásticos. Aunque el desarrollo de nuevos biomateriales afortunadamente se encuentra en marcha, la industria siempre es conservadora y está fuertemente impulsada por los precios, lo que significa que la aceptación es muy paulatina. Sin embargo, la creciente demanda de sostenibilidad por parte de los consumidores va en aumento.

Como en otros países del mundo, en Argentina también hace falta normativa que aborde de manera integral el problema de los plásticos.

Si se toma en cuenta que no todos los plásticos biobasados son biodegradables y que los sistemas de separación, recogida, reciclaje y compostaje son indispensables para una exitosa Gestión Integral de Residuos, sería importante, además de originar normativa, promover la creación de especializaciones profesionales en estas áreas, con la consecuente creación de empleos.

Como se ha visto en la revisión de bibliografía, los biopolímeros pueden alcanzar propiedades iguales o similares a los plásticos tradicionales, con la ventaja de presentar características de sustentabilidad ampliamente superadoras.

Los resultados de búsquedas propias demuestran su sencillez y economía de fabricación con pocos elementos y a partir de materias primas fáciles de obtener.

Por lo tanto, respondiendo a la Pregunta de Investigación y teniendo en cuenta los avances realizados en distintos centros y universidades del país, se considera totalmente posible generar un escalamiento en la producción de contenidos y procesos de fabricación para promover el cambio tecnológico hacia los plásticos totalmente biobasados en Argentina.

Como líneas de investigación a futuro, se podrían sugerir la de procesos industriales de compostaje para bioplásticos no biodegradables y la de creación de biopolímeros a partir de algas y desechos locales.

Bibliografía

Caruso S. (2017). *Avances en la investigación de hormigones con papeles recuperados y fibras naturales*. Actas de las XXXI Jornadas de Investigación FADU UBA. Buenos Aires.

Caruso, S.; Becerra, A. (2020). *Potencialidad de la celulosa bacteriana como protección de revestimientos en construcción*. Actas de las XXXIV Jornadas de Investigación FADU UBA. Buenos Aires.

Caruso, S. (2022). *Exploración sobre métodos para cultivo de Celulosa Bacteriana. Posibilidades de aplicación en materiales con residuos de papel y fibras naturales*. Actas de las XXXVI Jornadas de Investigación FADU UBA.

European Commission. (2021). *Carbon Economy. Studies on support to research and innovation policy in the area of bio-based products and services*. Nova Institute - Utrecht University

Prieto, M. A. (2020). Los bioplásticos, ¿qué son? ¿cuántos hay? ¿cómo se producen?. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular. Divulgación acércate a nuestros científicos (agosto 2020)*.

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46

Salaris, V. et al. (2021). Polímeros biobasados y biodegradables: aplicaciones y perspectivas futuras para la sostenibilidad ambiental. *Revista de plásticos modernos* Vol. 122 Número 772 Noviembre 2021

Material on line

Amigos de la Tierra (2021). Informe El engaño de los bio-plásticos. Recuperado el 30/06/2023 de: <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2021/06/biofakes-bioplasticos.pdf>

Bioeconomía. (2022). Escalar la capacidad instalada y alianzas estratégicas. Los planes del mayor productor de biopolímeros del mundo. Recuperado el 18/07/2023 de: <https://www.bioeconomia.info/2022/11/07/escalar-la-capacidad-instalada-y-alianzas-estrategicas-los-planes-del-mayor-productor-de-biopolimeros-del-mundo/>

Carvajal Chamorro. (2022). Reciclaje: ¿qué tanto aporta a la protección del medioambiente? Recuperado el 12/07/2023 de: <https://www.eluniversal.com.co/ambiente/reciclaje-que-tanto-aporta-a-la-proteccion-del-medioambiente-BL7638175>

Castellanos P. (2023). EEUU busca reemplazar el 90% de los plásticos con biomateriales. Recuperado el 18/07/2023 de:

<https://www.plastico.com/es/noticias/eeuu-busca-reemplazar-el-90-de-los-plasticos-con-biomateriales>

Europa Press. (2023). Crean microbios que fabrican ingredientes plásticos reciclables sustituyendo productos petroquímicos. Recuperado el 29/07/2023 de: <https://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-crean-microbios-fabrican-ingredientes-plasticos-reciclables-sustituyendo-productos-petroquimicos-20230727173205.html>

European Bioplastics. (2022). What are bioplastics? Recuperado el 30/06/2023 de: https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf

European Bioplastics (A). (2023). Mass balance approach for the use of biobased feedstock for polymer production. Recuperado el 09/07/2023 de: <https://www.european-bioplastics.org/mass-balance-approach-for-the-use-of-biobased-feedstock-for-polymer-production/>

European Bioplastics (B). (2023). Declaración EUBP sobre el marco político de la UE sobre plásticos de base biológica, biodegradables y compostables. Recuperado el 20/07/2023 de: <https://www.european-bioplastics.org/policy/eu-policy-framework-on-bioplastics/>.

European Bioplastics (C). (2023). Datos del mercado de bioplásticos. Recuperado el 30/06/2023 de: <https://www.european-bioplastics.org/market/>

FAO (2020). En Argentina se pierden y/o desperdician 16 millones de toneladas de alimentos por año. Recuperado el 10/07/2023 de: <https://www.fao.org/argentina/noticias/detail-events/en/c/1313722/>

Hernández Herreros N. (2022). *Tecnologías de vanguardia para la producción de bioplásticos a partir de residuos complejos*. Tesis inédita de la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas

Iniciativa Bioplástico COBIOMAT. Recuperado el 10/07/2023 de: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/magyp-iniciativa-bioplastico-cobiomat.pdf>.

INTEMA - CONICET. Ecomateriales. Recuperado el 10/07/2023 de: <http://intema.gob.ar/ecomateriales/>

Izquierdo N. (2022). Los microplásticos se detectan por primera vez en la sangre humana. Recuperado el 05/07/2023 de: <https://gacetamedica.com/investigacion/microplasticos-sangre-humana-investigacion-contaminacion-medioambiente/>

Materiom. Estamos haciendo crecer la economía de los materiales regenerativos. Recuperado el 30/03/2020 de: <https://materiom.org/>.

Mexpolímeros. ¿Qué son los biopolímeros? Recuperado el 10/07/2023 de:
<https://www.mexpolimeros.com/BIO/biopolimeros.html>

Plastics le Mag. (2022). Plásticos biobasados: el regreso del carbono de origen vegetal. Recuperado el 10/07/2023 de: <https://plasticlemag.es/Los-bioplasticos-echan-raices>.

Prime Biopolymers. (2021). ¿Qué son los biobasados y cómo pueden ayudar a tu negocio? Recuperado el 11/07/2023 de: <https://primebiopol.com/plasticos-biobasados/>

Residuos Profesional (2022). Desarrollan un sistema para producir bioplásticos utilizando CO2. Recuperado el 08/07/2023 de:
<https://www.residuosprofesional.com/bioplasticos-utilizando-co2/>.

Sello Bioproducto Argentino. Recuperado el 11/07/2023 de:
<https://www.argentina.gob.ar/agricultura/sello-bioproducto-argentino>.

Universidad Autónoma de Madrid. (2023). Detectan microplásticos en el agua potable de ciudades españolas. Recuperado el 30/06/2023 de:
<https://www.uam.es/uam/investigacion/cultura-cientifica/noticias/microplasticos-agua-potable>

Weerg. ¿Cuáles son las diferencias entre PA12 y PA11? Recuperado el 11/07/2023 de: <https://www.weerg.com/es/faq/cuales-son-las-diferencias-entre-pa12-y-pa11>

World Wildlife Fund. (2021). En el mundo se desperdician mil millones de toneladas de alimentos más de lo que se estimaba. Recuperado el 10/06/22 de:
<https://www.wwf.org.co/?368070/En-el-mundo-se-desperdician-mil-millones-de-toneladas-de-alimentos-mas-de-lo-que-se-estimaba>

Agradecimiento

Proyecto UBACyT 200 201901 00089 BA *Sistemas constructivos sustentables con aplicación de economía circular desde la industria hasta la generación de empleo, con el aprovechamiento de residuos, fibras naturales y bioplásticos aptos para certificación CAT*, dirección Arquitecta Magister Marta Edith Yajnes, dentro del cual se llevó a cabo esta Investigación.