



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

DOI de la Revista: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

**USO DEL LIRIO ACUÁTICO
(EICHHORNIA CRASSIPES) COMO
ALTERNATIVA EN LA GENERACIÓN
DE BIOPLASTICOS**

**USE OF WATER HYACINTH
(EICHHORNIA CRASSIPES) AS AN ALTERNATIVE
IN BIOPLASTIC GENERATION**

Salcedo Gómez Ricardo

Universidad Abierta y a Distancia de México, México

Ávila García Ariadna Esmeralda

Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Díaz Izabal Alejandro

Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Osnaya Vargas Gabriel

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10285

Uso del Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*) como Alternativa en la Generación de Bioplásticos

Ricardo Salcedo Gómez¹

ricardo.salcedo@jaliscoedu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-0706-6933>

Universidad Abierta y a Distancia de México
México

Ariadna Esmeralda Ávila García

a.avila@uabcs.mx

Universidad Autónoma de Baja California Sur
México

Alejandro Díaz Izabal

alejandrodiaziza@nube.unadmexico.mx

Universidad Autónoma de Baja California Sur
México

Gabriel Osnaya Vargas

profr_osnaya@hotmail.com

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores
Monterrey, México

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis viable de la planta flotante conocida como lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), para el desarrollo del diseño de una línea de producción de objetos sustentables, con el propósito de brindar una alternativa sustentable, considerando el ecodesarrollo como una modalidad de impulso económico, que permite el aprovechamiento de recursos para la satisfacción de las necesidades antropogénicas actuales y futuras de la población a través de la eficiencia funcional en los ecosistemas y de negocios a largo plazo. Se enfoca en abordar la problemática de la proliferación del lirio acuático en la Laguna de Chapala a través de una perspectiva innovadora y sostenible. Este lirio, una especie invasora, ha alterado el equilibrio ecológico de la región. Sin embargo, este estudio busca convertir esta invasión en una oportunidad al explorar la viabilidad de utilizar el lirio acuático como recurso para la creación de bioplásticos. La fundamentación teórica respalda la importancia de los bioplásticos como alternativas eco-amigables a los plásticos convencionales, y subraya cómo la naturaleza invasora del lirio acuático puede transformarse en un recurso valioso. Se explora la conexión entre la composición del lirio y la elaboración de bioplásticos, destacando la posibilidad de convertir sus componentes celulósicos en materiales plásticos. La investigación busca evaluar la viabilidad técnica y ambiental de esta idea, analizando la composición química del lirio, desarrollando formulaciones adecuadas y examinando la factibilidad de su extracción y transformación en bioplásticos. Se considera el ciclo de vida de los bioplásticos resultantes para comprender su impacto global en la sustentabilidad y la reducción de la contaminación plástica. El estudio no solo busca resolver un problema local, sino también contribuir a prácticas sostenibles a nivel global. Si tiene éxito, podría establecer un paradigma para la utilización de especies invasivas en la fabricación de materiales sostenibles y fomentar la economía circular. La innovadora combinación de solucionar un problema ambiental y generar valor económico hace que esta investigación sea prometedora en la búsqueda de un futuro más sostenible

Palabras Claves: lirio, bioplásticos, sustentable, reciclaje, alternativa

¹ Autor principal

Correspondencia: ricardo.salcedo@jaliscoedu.mx

Use of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as an Alternative in Bioplastic Generation

ABSTRACT

The objective of this work is to carry out a viable analysis of the floating plant known as water lily (*Eichhornia crassipes*), for the development of the design of a production line of sustainable objects, with the purpose of providing a sustainable alternative, considering ecodevelopment as a modality of economic impulse, which allows the use of resources to satisfy the current and future anthropogenic needs of the population through functional efficiency in ecosystems and long-term business. It focuses on addressing the problem of the proliferation of the water lily in the Chapala Lagoon through an innovative and sustainable perspective. This lily, an invasive species, has altered the ecological balance of the region. However, this study seeks to turn this invasion into an opportunity by exploring the viability of using the water lily as a resource for the creation of bioplastics. The theoretical foundation supports the importance of bioplastics as eco-friendly alternatives to conventional plastics, and highlights how the invasive nature of the water lily can be transformed into a valuable resource. The connection between the composition of the lily and the production of bioplastics is explored, highlighting the possibility of converting its cellulosic components into plastic materials. The research seeks to evaluate the technical and environmental viability of this idea, analyzing the chemical composition of the lily, developing suitable formulations and examining the feasibility of its extraction and transformation into bioplastics. The life cycle of the resulting bioplastics is considered to understand their global impact on sustainability and the reduction of plastic pollution. The study not only seeks to solve a local problem, but also contribute to sustainable practices on a global level. If successful, it could establish a paradigm for the use of invasive species in the manufacture of sustainable materials and promote the circular economy. The innovative combination of solving an environmental problem and generating economic value makes this research promising in the search for a more sustainable future.

Keywords: lily, bioplastics, sustainable, recycling, alternative

Artículo recibido 25 enero 2024

Aceptado para publicación: 26 febrero 2024



INTRODUCCIÓN

El mundo enfrenta una serie de crisis ambientales, sociales, económicas y humanitarias. El crecimiento demográfico ha llevado a un aumento en el consumo de recursos naturales, lo que ha generado una brecha significativa entre la demanda y la capacidad de la Tierra para regenerar estos recursos. La fecha en que la Tierra agota sus recursos naturales llega cada vez más temprano cada año.

La Huella Ecológica global supera la capacidad regenerativa del planeta, llevando a un déficit ecológico. Se destaca que, según datos de 2022, la demanda de recursos excede la oferta en un 30%. El agotamiento de recursos se evidencia en el sobregiro de la Tierra, que ocurrió el 28 de julio de 2022. El texto sugiere que esta situación coloca al planeta en una posición similar a un banco que toma préstamos del futuro. Para abordar estas problemáticas, se proponen acciones como determinar el valor de los recursos ecológicos, gestionar el capital natural, reducir el consumo de carne y alimentos, evitar la deforestación y disminuir la huella de carbono. Se destaca la importancia del desarrollo sostenible para satisfacer las necesidades presentes sin comprometer el futuro.

El lirio acuático, una planta invasora en los cuerpos de agua, se ha convertido en un problema importante en la Laguna del municipio de Chapala, Jalisco. Su proliferación y expansión tienen un impacto negativo en el ecosistema acuático y en la vida de las comunidades locales. La investigación propone utilizar el lirio acuático como materia prima para la fabricación de bioplásticos. Estos bioplásticos pueden ser una solución beneficiosa desde un punto de vista ecológico y económico, ya que ayudarían a controlar la propagación del lirio acuático y ofrecerían una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. El proyecto busca no solo reducir la plaga del lirio acuático, sino también promover la conciencia ambiental y generar empleo en la comunidad local a través de una línea de ecodiseño utilizando el lirio acuático para desarrollar plásticos sustentables. Se busca no solo reducir el impacto ambiental sino también promover el desarrollo comunitario y la participación en la conservación ambiental. La propuesta aborda la tendencia hacia el uso de materiales alternativos en el diseño sustentable, considerando oportunidades locales y la transición hacia una sociedad más ecológica. La producción y el uso excesivo de plásticos convencionales son una de las principales preocupaciones ambientales, ya que contaminan los ecosistemas acuáticos y causan daños a la vida silvestre. En México,

la producción y el consumo de plásticos han aumentado significativamente, lo que ha llevado a un aumento en la contaminación plástica.

MARCO TEÓRICO

Se ha realizado una serie de investigaciones y proyectos en diferentes regiones del mundo, incluyendo América Latina y el Caribe, para la elaboración de bioplásticos a partir de diversas fuentes de materiales orgánicos. Estos esfuerzos buscan abordar problemas ambientales y promover la sostenibilidad a través de la producción de materiales alternativos a los plásticos convencionales. Algunos de los hallazgos y enfoques clave incluyen:

- **Utilización de Desechos Agrícolas:** Se ha explorado la utilización de desechos agrícolas, como cáscaras de plátano, semillas de mango, y residuos de papas, para extraer almidones y otros componentes necesarios para la fabricación de bioplásticos. Esto no solo reduce el desperdicio de recursos naturales, sino que también ofrece una fuente de materia prima sostenible.
- **Reciclaje de Invasivas Plantas Acuáticas:** La investigación ha considerado el uso de plantas invasivas, como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), en la producción de bioplásticos. Esto no solo aborda la invasión de especies en ecosistemas acuáticos, sino que también promueve la economía circular al convertir un problema ambiental en una oportunidad.
- **Aplicaciones Diversas:** Los bioplásticos derivados de diversas fuentes orgánicas han demostrado ser versátiles y pueden utilizarse en una variedad de aplicaciones, como envases, productos de consumo, productos médicos y más. Esta diversidad contribuye a su viabilidad económica.
- **Colaboración Internacional:** La problemática de la contaminación plástica y la búsqueda de soluciones sostenibles son preocupaciones compartidas a nivel global. La colaboración internacional y la transferencia de conocimientos son comunes en la investigación y desarrollo de bioplásticos.
- **Enfoque en Biodegradabilidad:** Muchos de los bioplásticos desarrollados muestran propiedades de biodegradabilidad, lo que los hace menos dañinos para el medio ambiente en comparación con los plásticos convencionales. Esto contribuye a la reducción de la acumulación de residuos plásticos.

- Optimización de Procesos: La investigación se enfrenta a desafíos técnicos, como la optimización de procesos de extracción, transformación y producción de bioplásticos. Además, se evalúa la huella ambiental y se asegura la conformidad con regulaciones locales e internacionales.

Así mismo se han realizado varios proyectos e investigaciones relacionados con la obtención de bioplásticos a partir de diferentes materias primas en diversas regiones:

- Colombia: En la Fundación Universidad de Américas en Bogotá, se llevó a cabo un proyecto dirigido por Juan Sebastian Holguin Cardona en 2019. Este proyecto se centró en la obtención de bioplástico a partir de almidón nativo de papa, que fue modificado químicamente para producir el bioplástico.
- Perú: En la Universidad César Vallejo de Lima, se realizó una tesis en 2019 sobre la elaboración de bioplásticos a partir de residuos agrícolas y avícolas en el contexto de la economía circular. Se utilizaron composiciones de almidón de arveja y colágeno de tarso de pollo en distintas concentraciones para obtener bioplásticos.
- Ecuador: La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo produjo una tesis en 2021 que se enfocó en obtener bioplásticos a partir de maíz y quinua para su uso como envolturas alimenticias biodegradables. Se realizaron pruebas para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos.
- Ecuador (análisis de biomasa): Se publicó un artículo en la Revista Politécnica de Quito que analizó el potencial de biomasa en América del Sur para la producción de bioplásticos basados en celulosa regenerada, almidón, ácido poliláctico y polihidroxitirato. La producción de bioplásticos se considera una alternativa para reducir la contaminación ambiental por plásticos sintéticos.
- México (aprovechamiento del lirio acuático): En México, se ha investigado la posibilidad de aprovechar el lirio acuático como recurso para la producción de bioplásticos y otros materiales sostenibles. También se ha utilizado en aplicaciones relacionadas con la biomasa, energía, fitorremediación, artesanía y productos decorativos, así como en la investigación científica y educación ambiental.

- Chiapas, México: Se llevó a cabo una investigación para elaborar bioplásticos a partir de plátano y colágeno de escamas de pescado. Se utilizaron residuos de la industria del plátano para obtener almidón y se extrajo colágeno de las escamas de pescado. El resultado fue un bioplástico biodegradable.
- San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México: Se planificó una estrategia de ecodesarrollo de biocomposites utilizando lirio acuático como materia prima. El objetivo era desarrollar una producción sustentable de bioplásticos con un enfoque comunitario.
- Guasave, México: Se investigó la obtención de fibra de lirio acuático y su uso como sustrato en cultivos semi-hidropónicos, específicamente lechuga y frijol.

En general, estos estudios reflejan un esfuerzo colectivo para encontrar soluciones creativas y sostenibles a los desafíos ambientales y la contaminación plástica. La investigación en bioplásticos es un campo en crecimiento que puede contribuir a un futuro más sostenible y promover la economía circular. Estos proyectos e investigaciones se centran en el desarrollo de bioplásticos a partir de diversas fuentes, incluyendo almidón de papa, residuos agrícolas, lirio acuático, plátano, y otros materiales naturales y sostenibles. Esto es importante para reducir la dependencia de plásticos sintéticos y abordar preocupaciones ambientales.

Contextualización

El municipio de Chapala, en el estado mexicano de Jalisco, se ubica junto al lago de Chapala y tiene una larga historia que se remonta a la época prehispánica. Su extensión territorial es de 385.58 kilómetros cuadrados, y se caracteriza por su altitud variable, fluctuando entre 1600 y 2400 metros sobre el nivel del mar.

El lago de Chapala, que forma parte de la depresión hidrológica Lerma-Santiago, cumple una función importante en la regulación del clima local. Su zona circundante es rica en diversidad natural, incluyendo bosques con especies como pino, roble y cedro, así como matorrales subtropicales. Además, en la ribera del lago, se encuentran diversas plantas acuáticas y árboles hidrófilos. Sin embargo, el lago de Chapala enfrenta desafíos ambientales y socioambientales. Estos incluyen la proliferación de algas nocivas, la contaminación por sodio, la disminución de la población de peces, cambios en el uso del suelo, aumento en la contaminación, pérdida de territorio debido a la sequía y la invasión de lirio

acuático, que se considera una plaga importante. En respuesta a estos desafíos, se están explorando soluciones desde diversas disciplinas. La invasión de lirio acuático, en particular, ha llevado a la búsqueda de formas de aprovechar esta biomasa invasiva en lugar de simplemente eliminarla. Esta estrategia no solo beneficia al medio ambiente, sino que también ofrece una alternativa sostenible a los recursos agotados y a los plásticos convencionales, que tienen un impacto negativo en el medio ambiente debido a su sobreproducción.

Lirio acuático

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta acuática originaria de América del Sur que se ha distribuido ampliamente en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, incluyendo México. Su nombre científico proviene de Johann Albrecht Friedrich Eichhorn y significa "con pie grueso" debido a sus pecíolos inflamados. El lirio acuático es la única especie del género *Eichhornia* que flota libremente en el agua gracias a sus pecíolos llenos de aire y sus láminas que actúan como velas. Tiene un sistema radical adventicio fibroso, y su raíz es de color púrpura cuando flota y blanca cuando está arraigada.

Las hojas de esta planta se disponen en forma de roseta y contienen un sistema de estomas similar al de otras plantas monocotiledóneas. El lirio acuático tiene una inflorescencia que consta de espigas con flores púrpuras pálidas que se abren en 48 horas a temperaturas entre 24 y 32°C. La planta puede reproducirse tanto asexualmente mediante estolones como sexualmente mediante la producción de semillas en cápsulas.

El lirio acuático se encuentra en aguas dulces tranquilas, como lagos, canales, presas y ríos, y es conocido por extraer contaminantes del agua, como fertilizantes y metales pesados. Su crecimiento y productividad están influenciados por factores como la temperatura, nutrientes, pH, humedad, nubosidad y otros elementos del agua.

A pesar de su proliferación en cuerpos de agua en todo México, el lirio acuático es considerado una especie invasiva que causa una serie de problemas ambientales, económicos y sociales. Se ha utilizado en diversos campos, como el tratamiento de aguas residuales, la generación de biocombustibles, la fabricación de artículos y la producción de bioplásticos. Aunque se han implementado métodos de control, como la trituración y hundimiento, el control químico y el control biológico, el lirio acuático

sigue siendo un desafío en la conservación y el manejo de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, su potencial como recurso sostenible sigue siendo una oportunidad para aprovechar su abundante biomasa y convertirla en productos beneficiosos, como bioplásticos.

Los plásticos

Los polihidroxicanoatos (PHA) son polímeros formados por (R)-3-hidroxiácidos unidos por enlaces éster y son sintetizados por bacterias como una reserva de carbono y energía. Estos bioplásticos tienen propiedades termoplásticas y se consideran alternativas sostenibles a los plásticos derivados del petróleo. Los PHAs son altamente variados en estructura debido a la naturaleza química de los monómeros, como el polihidroxibutírico (PHB) y el polihidroxicanoato de cadena media (mcl-PHA). Los microorganismos pueden producir más de 150 monómeros diferentes, lo que resulta en una amplia gama de PHAs. La elección del PHA producido depende de la capacidad metabólica de la bacteria y de la conexión de su maquinaria metabólica con rutas del metabolismo del carbono.

Los bioplásticos, incluyendo los PHAs, son polímeros orgánicos derivados de fuentes biológicas renovables, lo que los hace más sostenibles y menos perjudiciales para el medio ambiente que los plásticos convencionales. Pueden ser clasificados según su origen, comportamiento ambiental, propiedades y aplicaciones, método de producción y uso final. La producción de bioplásticos implica la utilización de biomasa como materia prima, lo que reduce la dependencia de recursos no renovables y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero. Para el desarrollo exitoso de bioplásticos, es importante investigar nuevos materiales, mejorar la escalabilidad y reducir costos. Las estrategias para su producción incluyen la utilización de polímeros naturales, la producción de monómeros mediante biotecnología y otros métodos específicos de acuerdo al tipo de bioplástico. Los PHAs son bioplásticos producidos por bacterias a partir de fuentes renovables que se consideran alternativas sostenibles a los plásticos derivados del petróleo. La investigación y desarrollo de bioplásticos son cruciales para abordar los problemas ambientales asociados a los plásticos convencionales.

Ventajas y desventajas

Los bioplásticos, como alternativas sostenibles a los plásticos convencionales, ofrecen diversas ventajas y desventajas que deben tenerse en cuenta al evaluar su viabilidad y sostenibilidad.

Ventajas de los Bioplásticos

1. **Sostenibilidad Ambiental:** Producidos a partir de fuentes renovables, reducen la dependencia de recursos no renovables, como el petróleo.
2. **Biodegradabilidad y Compostabilidad:** Algunos bioplásticos pueden biodegradarse y compostarse, reduciendo la acumulación de residuos plásticos y su impacto ambiental.
3. **Menor Emisión de Gases de Efecto Invernadero:** La producción de bioplásticos tiende a generar menos emisiones de gases de efecto invernadero que los plásticos convencionales.
4. **Diversidad de Materias Primas:** La variedad de fuentes de materias primas permite la innovación y adaptabilidad en su fabricación.
5. **Desarrollo de Nuevas Aplicaciones:** La investigación constante abre oportunidades para nuevas aplicaciones en diversas industrias.

Desventajas de los Bioplásticos

1. **Competencia con la Producción Alimentaria:** La producción de bioplásticos a partir de cultivos puede competir por tierras agrícolas y recursos, planteando preocupaciones sobre la seguridad alimentaria.
2. **Uso de Tierras y Recursos:** El cultivo de materias primas para bioplásticos puede requerir extensiones significativas de tierra y recursos hídricos, planteando cuestiones ambientales.
3. **Biodegradabilidad Selectiva:** Algunos bioplásticos solo se biodegradan eficientemente en condiciones específicas, lo que dificulta la gestión de residuos.
4. **Complejidad en la Reciclabilidad:** Algunos bioplásticos no son completamente compatibles con la infraestructura de reciclaje existente, dificultando su reciclaje eficiente.
5. **Costos de Producción:** En algunos casos, los bioplásticos pueden ser más costosos de producir en comparación con los plásticos convencionales.
6. **Necesidad de Condiciones Específicas:** Algunos bioplásticos, especialmente los biodegradables, pueden requerir condiciones específicas para descomponerse por completo, que pueden no encontrarse en entornos naturales convencionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, O. M. (2023, July 23). El Día de la Sobrecapacidad de la Tierra, explicado - Periodismo de Barrio. Periodismo De Barrio.
<https://periodismodebarrio.org/2023/07/el-dia-de-la-sobrecapacidad-de-la-tierra-explicado/>
- Arbizu, O., García, G. P., Pérez, J. A., & Rosales, S. (2019). Bioplásticos a partir de residuos de papel. Revista Ingenia Materiales, 1, 8–10.
http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/download/3930/4028
- Arreola, A., & Fuentes, A. (2019). Diseño y evaluación de un recubrimiento comestible para guayabas.
- Badii, M. H., Guillen, A., Serrato, O. L., Abreu, J. L. (2017). Huella ecológica y sustentabilidad. International Journal of Good Conscience, 12(3), 26–41. [http://www.spentamexico.org/v12-n3/A4.12\(3\)26-41.pdf](http://www.spentamexico.org/v12-n3/A4.12(3)26-41.pdf)
- Bhattacharya, A., & Kumar, P. (2010). Water hyacinth as a potential biofuel crop. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9(1), 112–122.
<http://eprints.icrisat.ac.in/359/>
- Cardona, H., Sebastián, J. (2019). Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>
- Caribe, C. E. P. a. L. Y. E. (2023, January 30). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45336-la-agenda-2030-desarrollo>.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/45336-la-agenda-2030-desarrollo-sostenible-nuevo-contexto-mundial-regional-escenarios>
- Carrasco, A. C. P. R. P., & Fernando, M. (2021). Uso de derivados de colofonia como aditivos sostenibles en biopolímeros de almidón termoplástico (TPS).
<https://doi.org/10.4995/thesis/10251/171770>
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., & Peñaloza, S. (2015). BIOPLÁSTICO A BASE DE LA CÁSCARA DEL PLÁTANO. Revista De Iniciación Científica, 1(1), 34–37. <https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/165>
- Carretto. (2022, September 22). Lirio acuático: la planta invasora que pone en riesgo los lagos de México. Noticias Ambientales.



<https://es.mongabay.com/2022/09/lirio-acuatico-planta-invasora-en-mexico/#:~:text=Esta%20planta%20invasora%20se%20extiende,semanalmente%20varias%20toneladas%20de%20lirio.>

Cedano, H. S. P., Franco, S. R., Urbina, C. C. R., Benites, S. V., & Carrasco, A. P. Z. (2018). Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú. Universidad De Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3224>

Chariguamán, C., & Jimmy, A. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías. (2023). Lirio acuático. CONACYT. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/1109-lirio-acuatico>

Comisión Estatal del Agua Jalisco. (2019). CEA Jalisco - Lago de Chapala.

<https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/chapala/>

Da Vitória Gomes, R., Melo, B. N., & Velloso, M. H. R. (2017). Síntese e caracterização de bioplásticos a partir de glicerol y óleo de mamona. Latin American Journal of Energy Research. <https://doi.org/10.21712/lajer.2017.v4.n1.p41-51>

De Almeida, A., Ruiz, J. A., López, N. I., & Pettinari, M. J. (2004). Bioplásticos: una alternativa ecológica. Química Viva, 3(3), 122–133. <http://quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v3n3/pettinari.pdf>

De Tecnología Del Agua, I. M. Comisión Nacional del Agua. (1989). Control y aprovechamiento del lirio acuático en México.

http://187.174.234.55/bitstream/handle/20.500.12013/814/IMTA_004.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Del Campo, M., Garrido, I., Morales, C., & Perucha, C. (2020). Bioplástico a partir de residuos orgánicos. Revista Ingenia Materiales, 2, 24–26.

http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/download/4429/4604



- Díaz, M. (2019, October 7). La industria del plástico en México y en el mundo - Bardahl Industria. Bardahl Industria. <https://www.bardahlindustria.com/la-industria-del-plastico-en-mexico-y-en-el-mundo/>
- Enlight. (2023, June 6). Alerta ambiental: los principales problemas ambientales de México. Enlight. <https://www.enlight.mx/blog/alerta-ambiental-los-principales-problemas-ambientales-de-mexico>
- Francia, Y., & Mamani, A. (2019). Elaboración de bioplásticos a partir de residuos agrícolas y avícolas en el contexto de la economía circular, San Martín de Porres, 2019. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46308>
- García, G. (2023). Plásticos de base biológica para la industria de empaques. THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas. <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/plasticos-de-base-biologica-para-la-industria-de-empaqués/>
- García, Y. G., Contreras, J. C., Reynoso, O. G., & López, J. A. C. (2013). SÍNTESIS y BIODEGRADACIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS: PLÁSTICOS DE ORIGEN MICROBIANO. Revista Internacional De Contaminacion Ambiental, 29(1), 77-115. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37025634007.pdf>
- Gómez, D. (2009). La huella ecológica y los países andinos, una reflexión sobre la sustentabilidad y la biocapacidad. Letras Verdes: Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.5.2009.864>
- González, R. (2021). Estrategia de ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/23318/1/100055.pdf>
- Global Footprint Network. (2009). Huella Ecológica y Biocapacidad en la Comunidad Andina. https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/CAN_Teaser_ES_2009.pdf
- Global Footprint Network. (2023, August 1). Global Footprint Network. <https://www.footprintnetwork.org/>

- Groom, M. J., Gray, E. M., & Townsend, P. A. (2008). Biofuels and Biodiversity: Principles for creating Better policies for biofuel production. *Conservation Biology*, 22(3), 602–609.
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00879.x>
- Instituto Tecnológico de Plásticos. (2023, April 13). ¿Qué son los bioplásticos? AIMPLAS.
<https://www.aimplas.es/blog/que-se-entiende-por-bioplásticos/>
- Jiménez, C. (2017). Evaluación de polímeros en pseudotallos de *Musa acuminata* AAA, *Musa sapientum* ABB y *Musa paradisiaca* AAB para elaboración de bioplástico (El Colegio de la Frontera Sur).
https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1586/1/100000058414_documento.pdf
- Juarez, E. (2023). Contaminación, urbanización y gentrificación impactan en Lago de Chapala y Laguna de Cajititlán | Universidad de Guadalajara.
<https://www.udg.mx/es/noticia/contaminacion-urbanizacion-y-gentrificacion-impactan-en-lago-de-chapala-y-laguna-de>
- Miranda, M. G., & H, A. L. (2009). El lirio acuático, ¿una planta nativa de México? *Ciencias* (México, D.F.), 053, 50–54.
<https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencias-mexico-d-f/articulo/el-lirio-acuatico-una-planta-nativa-de-mexico>
- Mitchell, D.S. (1978). *Aquatic weeds in Australia inland water* - Dept. of Environment, Canberra, Housing and Community, Australian Government Publishing Service.
- Montejo, E. (2023, August 2). Día de la Sobrecapacidad de la Tierra 2023: Hoy agotamos los recursos. National Geographic En Español.
<https://www.ngenespanol.com/ecologia/dia-de-la-sobrecapacidad-de-la-tierra-2023-hoy-agotamos-los-recursos/>
- Moreno-Bustillos, Á. I., Humarán-Sarmiento, V., Báez-Valdez, E. P., Báez-Hernández, G. E., & León-Villanueva, A. (2017). SFORMACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA, MUCÍLAGO DE NOPAL Y SÁBILA EN BIOPLÁSTICOS COMO PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO AMIGABLES CON EL AMBIENTE. *Revista Ra Ximhai*, 13(2), 365–382.

<https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070021.pdf>

Ortega Cahui, M. B. (2019). Elaboración de bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz. Facultad de Ingeniería Ingeniería Industrial.

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2810/Mariangela%20Ortega_Trabajo%20de%20investigaci%3%b3n_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortiz, L. J. A., & Lopez, C. (2018). APROVECHAMIENTO DE FIBRA DE LIRIO ACUÁTICO EN CULTIVOS SEMI-HIDROPÓNICOS. *Jovenes En La Ciencia*, 4(1), 947–951.

<http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/5080/1/Aprovechamiento%20de%20fibra%20de%20lirio%20acu%3%a1tico%20en%20cultivos%20semi-hidrop%3%b3nicos.pdf>

Ower, J., Cresswell, C. F., & Bate, G. C. (1981). The effects of varying culture nitrogen and phosphorus levels on nutrient uptake and storage by the water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms. *Hydrobiologia*, 85(1), 17–22. <https://doi.org/10.1007/bf00011341>

Paredes, A. (2023, January 3). ¿Qué es la biocapacidad de la tierra? - SIMEAM. SIMEAM.

<https://consultoraambiental.mx/2023/01/03/que-es-la-biocapacidad-de-la-tierra/>

Penfound, W. T., & Earle, T. T. (1948). The Biology of the Water Hyacinth. *Ecological Monographs*, 18(4), 447–472. <https://doi.org/10.2307/1948585>

Porras, D. P. N., & Arana, N. (2014). EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE BIOPLÁSTICOS TERMO-COMPRIMIDOS ELABORADOS CON HARINA DE YUCA. *Biología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 12(2), 40–48.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117747.pdf>

Prieto MA, Escapa IF, Martínez V, Dinjaski N, Herencias C, de la Peña F, Tarazona N and Revelles O. 2016. A holistic view of polyhydroxyalkanoate metabolism in *Pseudomonas putida*. 2016. *Environmental Microbiology* 18: 341-357

Prieto, A. (2020). Los bioplásticos, ¿qué son? ¿cuántos hay? ¿cómo se producen?

https://doi.org/10.18567/sebbmdiv_anc.2020.08.1

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2023). Cerrar el grifo: cómo el mundo puede poner fin a la contaminación por plásticos y crear una economía circular. Programa De



- Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente. <https://www.unep.org/es/resources/turning-off-tap-end-plastic-pollution-create-circular-economy>
- Quiroga, R. (2008). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. United Nations Publications.
- Ramos, M., & Nathali, P. (2016). Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio. Universidad Nacional Agraria La Molina.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/UNALM/2016/1/Q60-M49-T.pdf>
- Riera, M. A., & Palma, R. R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances En Química*, 13(3), 69–78.
<http://epublica.saber.ula.ve/index.php/avancesenquimica/article/download/13983/2192192506>
- Riera, M. A. (2020). OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.). *Colón Ciencias*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v7n1a1>
- Roastbrief. (2022, July 22). Preestreno: The Juju México y Global Footprint Network proponen medir la huella ecológica. Roastbrief. <https://roastbrief.com.mx/2021/05/preestreno-the-juju-mexico-y-global-footprint-network-proponen-medir-la-huella-ecologica/>
- Rodríguez, H. (2018) ¿La degradación del plástico potencia el efecto invernadero?. *National Geographic*. PE.
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/degradacion-plasticopotencia-efecto-invernadero_13126
- Secretaría de Marina. (2022). CHAPALA, JALISCO. Gobierno De México.
<https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioChapala.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Huella ecológica, datos y rostros* (1st ed.).
https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/HuellaEcologica_SEMARNAT.pdf
- Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. (2017). *Qué es la huella ecológica*. gov.mx.
<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-huella-ecologica?idiom=es#:~:text=la%20tecnolog%C3%ADa%20actual.->



[.La%20huella%20ecol%C3%B3gica%20de%20cada%20ser%20humano%20es%20de%202.7%20que%20el%20planeta%20puede%20darno](#)

Segovia, M. D., & Victoria, G. (2019). Elaboración y degradación de bioplástico de residuos de *Solanum tuberosum* y *Tropaeolum tuberosum* en lugares de bajas temperatura - Oyón, 2019. In Repositorio Institucional - UCV.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_f35bcc791c220e020847c3875fdac275

SEMARNAT. (2023). Población

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/01_poblacion/cap1.html

Solórzano, M. (2022). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de plátano y colágeno de escamas de pescado. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4626>

Staff, F. (2015). Bill Gross cree que 2015 será el año del colapso. Forbes México.

<https://www.forbes.com.mx/bill-gross-cree-que-2015-sera-el-ano-del-colapso/>

Torres, C. A. O., Gómez, J. C., & Puerta, M. F. P. (2023). Percepción de consumidores y perspectivas de industrias de alimentos de Cali sobre el uso de bioplástico en sus empaques. *Universidad y Empresa*, 25(44), 1-40. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12506>

Urzaga, A. (2021, octubre 10). Lirio acuático. Chapala, Un Lago Vivo. <https://lagodechapala.org/lirio-acuatico/>

Valverde, M. a. V., Hurtado, C. D., Rodas, C. F. R. (2020). Panorama cuantitativo de la biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 19(1), 79–91. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1567>

Vargas-García, Y., Pazmiño-Sánchez, J., & Dávila-Rincón, J. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una Revisión. *Revista Politécnica*, 48(2), 7–20. <https://doi.org/10.33333/rp.vol48n2.01>

Welle, D. (2023, August 2). Día del Sobregiro de la Tierra 2023: el planeta se agota. dw.com. <https://www.dw.com/es/d%C3%ADa-del-sobregiro-de-la-tierra-2023-el-planeta-se-agota/a-66422125>



World Wildlife Fund (2020). Informe Planeta Vivo 2022. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo. Almond, R.E.A.; Grooten M.; Juffe Bignoli, D. y Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suiza.

Zavaleta, G. D., Viascán, V. O., Luna, F. R., & Martínez, J. A. (1989). Control y aprovechamiento del lirio acuático en México. <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/814>

