



Bioadhesivo a base de higuera: precedentes para la promoción de una opción circular de producción

Bioadhesive based on higuera: preceding for the promotion of a circular production option

Hernández-Luna, Carlos Manuel

Fernández de Lara-Arcos, Claudia Patricia

Castañeda-Escobar, Lizbeth Angélica

Pacheco-Tejeda, Isaí

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Sección 5ª Reserva Territorial S/N,

Col. Santa Bárbara, C.P. 91096, Xalapa, Veracruz

*Autor de correspondencia: claudia.fa@xalapa.tecnm.mx

Recibido 12 de abril 2024; recibido en forma revisada 20 de junio 2024; aceptado 18 de noviembre 2024

RESUMEN

El sistema de producción y consumo actual, conceptualizado como economía lineal, ha provocado la generación excesiva de residuos no biodegradables que, con el paso del tiempo se han traducido en contaminación y en el cambio climático que ha comenzado a generar fuertes afectaciones en el planeta.

Con base a lo anterior, la implementación de la eco-innovación representa una oportunidad ante la necesidad de generar productos y proceso amigables con el medio ambiente, que concuerden con los ejes rectores de la economía circular.

Así bien, se propuso la elaboración de un bioadhesivo a base de las hojas y tallo de la higuera (*Ricinus communis* L. por su alto contenido de lignina, obtenida mediante la aplicación de operaciones unitarias, que dieron como resultado un producto que permite la adherencia entre las superficies de papel de peso liviano.

Palabras Clave: Bioadhesivo, Higuera, Economía circular.

ABSTRACT

The current production and consumption system, conceptualized as a linear economy, has caused the excessive generation of non-biodegradable waste that, over time, has resulted in pollution and climate change that has begun to have strong effects on the planet.

Based on the above, the implementation of eco-innovation represents an opportunity given the need to generate environmentally friendly products and processes that agree with the guiding axes of the circular economy.

Thus, the development of a bioadhesive based on the leaves and stem of the castor plant (*Ricinus communis* L.) was proposed due to its high lignin content, obtained through the application of unit operations, which resulted in a product that allows adhesion. between the lightweight paper surfaces.

Keywords: Bioadhesive, Higuera, Circular economy.

INTRODUCCIÓN

Economía circular

La economía lineal se concibe como modelo de producción y consumo caracterizado por la obtención o extracción de materias primas, producción y/o transformación en productos, uso de bienes y servicios, y desecho de residuos; sin considerar el desgaste y escasez de recursos que este modelo generaría con el paso del tiempo (Espaliat, 2017).

En pocas palabras, la consecuencia de esta corriente económica, es el cambio climático, entendido como los cambios a largo de las temperaturas y patrones climáticos, acentuados por las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles que generan emisiones de efecto invernadero (Naciones Unidas, S/F); lo que ha generado afectaciones a la salud humana, escasez de materias primas (disposición de los factores de producción), pobreza y desaparición de especies, por enlistar algunos (Naciones Unidas, S/F).

Por esta razón, resulta imperante la implementación de corrientes económicas, que promuevan el uso eficiente de los recursos o materias primas y la

disminución de residuos, así como el desarrollo de políticas comerciales justas, centradas en las personas y no únicamente en la obtención de utilidades; tal y como lo proponen la economía circular y la economía social y solidaria; que a su vez contribuyan al alcance de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, específicamente mediante la innovación basada en la sostenibilidad (Naciones Unidas, S/F).

Con base en lo expuesto, surge la propuesta de promover el desarrollo de nuevos productos diseñados bajo la eco-innovación, que busca la optimización de las fases de producción, por medio de la modificación de patrones de producción y consumo; bajo la premisa del uso eficiente de recursos naturales y la aplicación de nuevos métodos de gestión en los negocios para minimizar el daño ambiental (Cámara de Comercio de España, S/F).

Adhesivos

Un adhesivo se puede definir como una sustancia que, al aplicarse entre las superficies de dos materiales, permite una unión resistente a la separación (Madrid, 1997). Estos productos pueden clasificarse de acuerdo al destino para el cual serán

utilizados o en múltiples categorías de acuerdo a su composición química, estado físico, modo de aplicación, método de curado o fraguado, materiales a unir, método de adherencia y durabilidad (Conesa Guillen, 2008). Así mismo, estos productos pueden utilizarse en diversas actividades, facilitando las tareas en diversos ámbitos económicos y sociales.

No obstante, la composición de los adhesivos puede ser muy variada y pueden llegar a incluir sustancias que pueden generar efectos nocivos para la salud de los usuarios; ya que la mayoría incluye una amplia gama de polímeros y disolventes, llegando a representar desde un 60% hasta un 80% de su conformación (Berenguer Subils, M. Jose, 1984). Estos disolventes, al ser productos volátiles, pueden penetrar fácilmente en el organismo por la inhalación de los vapores que generan o por contacto directo; pudiendo llegar a generar la depresión del sistema nervioso central, déficit intelectual por síndrome cerebral y problemas emocionales (Berenguer Subils, M. Jose, 1984). De igual manera, estas sustancias pueden llegar a generar graves afectaciones tanto en sus procesos de producción y con los residuos generados por su uso.

Así bien, esta investigación busca sentar las bases para el desarrollo de un adhesivo a base de aceite de higuera (*Ricinus communis L.*), amigable con el medio ambiente, para la unión de papel, de uso doméstico y/o en oficina, elaborado con ingredientes naturales que tengan un proceso de biodegradación menor a los existentes en el mercado, con la finalidad de disminuir la generación de residuos relacionados con su producción.

Higuera (*Ricinus communis L.*)

La higuera, también conocida como ricino, palmacristi o higuera del diablo (CONABIO, 2024), es una planta que pertenece a la familia Euphorbiaceae, originaria de del continente africano (Gobierno de México). Se considera una planta exótica invasiva importante en México, que puede encontrarse de manera silvestre en veinte estados de la república, incluido Veracruz; en terrenos abandonados o baldíos (CONABIO, 2024).

Es un arbusto con tallo grueso, leñoso y hueco. Sus hojas son grandes, de nervadura palmeada y hendidas de 5 a 9 lóbulos, con bordes dentados de manera irregular; hojas alternas, de peciolo largo, unido por su parte inferior; las flores se disponen en

inflorescencias, de las cuales las masculinas se sitúan en la parte inferior, con un cáliz, con cinco piezas lanceoladas y estambres soldados, con forma de columna; las flores femeninas se encuentran en la panícula, con un ovario formado por tres carpelos y un remate de tres ramas bifurcadas (Raya-Perez, Ramirez-Pimentel, Covarrubias-Prieto, Chable-Moreno, & Aguirre-Mancilla, 4).

De la semilla se obtiene aceite de ricino, que contiene un alto contenido de ácido ricinoleico, que es utilizado para la fabricación de distintos productos, como cosméticos, aceites industriales, hidrocarburos, plásticos, fibras sintéticas y productos terapéuticos (Gobierno de México).

Por otra parte, de acuerdo con Escoto Garcia, Rutiaga Quiñones, Orihuela Equihua, Rodriguez Rivas, & Rivera Prado (2014) mediante la extracción con solventes orgánicos y agua caliente, se puede obtener aproximadamente de un 18.5 a 21.5% de lignina procedente del tallo de higuierilla de igual forma que la holo celulosa y otros compuestos.

La lignina es un biopolímero que puede modificarse mediante diversos métodos químicos (enolización, demetilación, etc.) y formar puede utilizarse para

formulaciones de nuevos adhesivos u mejorar las propiedades de desempeño de resinas o adhesivos (Chavez-Sinfuentes & Domine, 2013).

METODOLOGÍA

Esta investigación se planteó desde un enfoque experimental y transversal, ya que propone la elaboración de un bioadhesivo elaborado a base de extracto de Higuierilla (*Ricinus communis* L.), obtenido mediante la implementación de diversas operaciones unitarias.

Las muestras de higuierilla se recolectaron de un terreno baldío ubicado en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

De la higuierilla obtenida se cortaron los tallos y hojas en segmentos pequeños (figura 1). Es importante recalcar que las semillas de esta planta no fueron utilizadas por su alto nivel de toxicidad.



Figura 1. Muestra de higuierilla.

Fuente: Elaboración propia

Se observa la muestra de tallos y hoja de higuera a tratar.

La materia obtenida se sometió a una extracción con acetona con 90 % de pureza, durante un periodo de 48 a 72 horas (figura 2). Posteriormente, la mezcla se sometió a una destilación simple, para la recuperación del 95 % del solvente. Finalmente, el aceite obtenido se resguarda en un contenedor de cristal, sin tapa para la promoción de la evaporación de los restos de acetona.



Figura 2. Resultado de la extracción con acetona.
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen se puede observar el extracto de higuera

Finalmente, con el producto obtenido se realizaron pruebas de adherencia en papel bond y materiales maderables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bioadhesivo obtenido consiste en una sustancia con densidad media, consistencia agradable al tacto, de color verde oscuro, con aroma frutal y con posible generación de pigmentación en los objetos con los que tenga contacto.

Para verificar su capacidad adhesiva, el producto se aplicó en trozos de papel bond de color azul (para semejar a las notas autoadheribles) que, al unirse, mostraron resistencia a la separación (figuras 3 y 4).

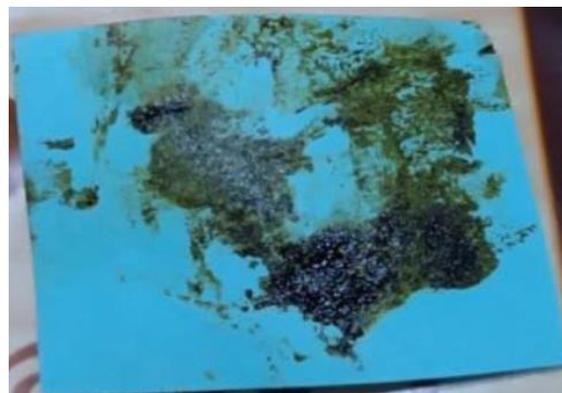


Figura 3. Aplicación del bioadhesivo a papel bond.
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen es posible observar la aplicación del extracto en papel bond.

En otras palabras, la adherencia generada por el bioadhesivo es similar a la de los pegamentos escolares desarrollados con materiales sintéticos, aplicables a papel de peso liviano; debido a los componentes estructurales de la planta que se

extrajeron en mayor proporción a partir de las hojas y tallos como la lignina que, al oxidarse presenta una colorimetría amarilla, además se extraen favorables porcentajes de holo celulosa la cual se fragmenta en celulosa y hemi celulosa tras su prolongado contacto con solventes por lo que se observan estos colores verdosos oscuros y tras la aplicación de diversas operaciones unitarias se recuperan los solventes para su posterior re utilización en el mismo proceso y por lo tanto estos pasos aumentan la densidad, viscosidad y adhesividad del fluido extraído, obteniendo así el bio pegamento. A partir de los residuos líquidos y sólidos se pueden aplicar a la generación de otros productos aprovechables como bio-pesticidas, fertilizantes orgánicos e incluso generación de papel ecológico impulsando la economía circular.



Figura 4. Prueba de adherencia.
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen se puede observar la propiedad adhesiva del extracto de higuera generado por la lignina en dos superficies de papel bond.

Este producto, representa la primera etapa del proyecto de generación de un bioadhesivo a base de higuera, pues los métodos de extracción y conservación, aún pueden ser perfeccionados, además se plantea en un futuro la mejoría de la fórmula, mediante la integración de otras sustancias o aceites de origen natural.

CONCLUSIONES

La combinación de productos que promuevan la disminución de materias primas que generan afectaciones importantes al medio ambiente, representa una oportunidad para sentar la bases para la implementación de procesos económicos circulares, que promueven un desarrollo económico sostenible y justo.

Así bien, este bioadhesivo desarrollado a base de higuera (*Ricinus communis* L.), muestra la posibilidad de la sustitución paulatina de productos sintéticos, generados con procesos altamente contaminantes y que ocasionan una importante cantidad de residuos.

BIBLIOGRAFÍA

Berenguer Subils, M. Jose. (1984). *NTP 164: Colas y adhesivos. Tipos y riesgos higiénicos*. Barcelona: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.
<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/5-serie-ntp-numeros-156-a-190-ano-1986/ntp-164-colas-y-adhesivos.-tipos-y-riesgos-higienicos>

Blasco Lopez, G., & Gomez Montaña, F. (2014).

Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Rev Med UV*, 22-26.
https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf

Cámara de Comercio de España. (S/F). *Cámara de Comercio de España*.

<https://www.camara.es/innovacion-y-competitividad/como-innovar/diseño-sostenible#:~:text=El%20ecodiseño%20es%20una%20filosofía,la%20producción%20y%20utilización%20y%20retirada.>

Chavez-Sinfuentes, M., & Domine, M. (2013).

Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 15-46.
<https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>

CONABIO. (20 de septiembre de 2024).

Euphorbiaceae.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexi>

co/euphorbiaceae/ricinus-
communis/fichas/ficha.htm

Conesa Guillen, J. (2008). *Evaluación mecánica de uniones adhesivas de materiales compuestos en la construcción naval*. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://repositorio.upct.es/entities/publication/00677860-0f76-4300-94fd-afe16baa2784>

Escoto Garcia, T., Rutiaga Quiñones, J., Orihuela Equihua, R., Rodriguez Rivas, A., & Rivera Prado, J. (2014). Estudio Químico, Micrográfico y Morfológico del Ricinus communis L., y su Aplicación en Pulpa Blanqueable. *Conciencia Tecnológica*(48), 4-11. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6400001.pdf>

Espaliat, M. (2017). *Economía circular y sostenibilidad. Nuevos enfoques para la creación de valor*. Create Space. <https://wolfypablo.com/documentacion/Economia-circular-y-sostenibilidad.pdf>

Gobierno de México. (20 de septiembre de 2024). *Data México*. Obtenido de Fabricación de

Pinturas, Recubrimientos y Adhesivos: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/paint-coating-and-adhesive-manufacturing>

Gobierno de México. (s.f.). *Manos que dan de comer: Qué hay detrás de la producción de plátano*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/manos-que-dan-de-comer-que-hay-detras-de-la-produccion-de-platano?idiom=es#:~:text=Producción%20de%20plátano%20en%20México,2022%20fue%20de%202%2C593%2C024.74%20toneladas>.

Gobierno de México. (s.f.). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. <https://www.gob.mx/siap/articulos/higuerilla-planta-tropical-oleaginosa?idiom=es#:~:text=Incluso%20%20hay%20quienes%20lo%20ocupan,y%20para%20curar%20algunas%20heridas>.

Madrid, M. (1997). *Tecnología de la adhesión*. Loctite. Naciones Unidas. (S/F).

<https://www.un.org/es/climatechange/whatis-climate-change>
Naciones Unidas. (S/F). *Naciones Unidas*.
[https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20\(ODS\)%20constituyen%20un%20llamamiento%20universal,personas%20en%20todo%20el%20mundo.](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#:~:text=Los%20Objetivos%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20(ODS)%20constituyen%20un%20llamamiento%20universal,personas%20en%20todo%20el%20mundo.)

Raya-Perez, J., Ramirez-Pimentel, J., Covarrubias-Prieto, J., Chable-Moreno, F., & Aguirre-Mancilla, C. (4). Manejo agronómico de la higuierilla (*Ricinus communis* L.). *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 1-10.

Sabio, C., Salgado, C., Salgado, V., & Saenz, V. (2014). *Manual del cultivo de bananao*. Escuela Agrícola Panamericana.

Sistetema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). (2014). *El cultivo del plátano (Musa paradisiaca), un importante alimento para el mundo*. Recuperado el 20 de

septiembre de 2024, de https://www.dane.gov.co/files/investigacion/es/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf