

DEL LAGO AL AULA: APROVECHAMIENTO DEL LIRIO DE VALSEQUILLO PARA PIZARRONES SOSTENIBLES

FROM THE LAKE TO THE CLASSROOM:
HARNESSING THE VALSEQUILLO LILY FOR
SUSTAINABLE BLACKBOARDS

Flores-Estrada Claudia V.¹
Morales-González Lo-Rohami¹
Ruiz-Vallejo Karina M.¹
Sánchez-Sánchez Mariana¹
Castañeda-Antonio Ma. Dolores*²
Espinosa-Aquino Beatriz³

¹Licenciatura en Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas, Ciudad Universitaria, Edif. EMA6, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue., México.

² Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas Instituto de Ciencias

³ Centro de Química Instituto de Ciencias Benemérita Universidad Autónoma de Puebla 24 sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria C.P.72570, Puebla, Pue. México.

claudia.floreses@alumno.buap.mx,

lo.morales@alumno.buap.mx

karina.ruizva@alumno.buap.mx,

mariana.sanchezsa@alumno.buap.mx,

dolores.castaneda@correo.buap.mx*,

beatriz.espinosa@correo.buap.mx

<https://orcid.org/0009-0009-0611-2330>

<https://orcid.org/0009-0009-4594-4244>

<https://orcid.org/0009-0009-7095-2924>

<https://orcid.org/0009-0002-8125-168X>

<https://orcid.org/0000-0003-0350-3802>

<https://orcid.org/0000-0003-3509-1777>

Recepción: 19 junio 2025

Revisión 30 junio 2025

Publicación 30 Septiembre 2025

A11N75.25/991

Resumen

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta invasora en México que, aunque tiene potencial para la biorremediación, su manejo inadecuado representa riesgos ecológicos, sociales y de salud pública. Este trabajo propone una alternativa sostenible para el aprovechamiento de esta planta mediante su transformación en pizarrones escolares. La metodología incluyó recolección, secado, trituración y moldeo del lirio, seguido de tratamientos estructurales con materiales accesibles como pegamento blanco, yeso y aceite de linaza. Se probaron distintos métodos de secado y acabado, evaluando su resistencia, viabilidad y seguridad. Este enfoque promueve un modelo de economía circular, disminuye la exposición a metales pesados bioacumulados por la planta y contribuye a la dotación de materiales didácticos en comunidades con recursos limitados. La investigación demuestra que es potencialmente factible utilizar el lirio acuático para crear productos útiles sin comprometer la salud humana, fomentando así una solución ambiental, educativa y socialmente responsable.

Palabras clave: *Eichhornia crassipes*, sustentabilidad, pizarrones, materiales didácticos, residuos.

Abstract

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is an invasive plant in Mexico, known for its bioaccumulation capacity and environmental impact when not properly managed. This study presents a sustainable alternative to repurpose this biomass into school blackboards. The methodology included collection, drying, grinding, and molding of the plant, followed by structural treatments using affordable materials such as white glue, gypsum, and linseed oil. Various drying techniques and finishing processes were tested to assess the strength, feasibility, and safety of the boards. The approach supports a circular economy model, reduces exposure to heavy metals accumulated by the plant, and addresses the shortage of educational materials in underserved communities. The findings confirm the viability of using *Eichhornia crassipes* to manufacture functional products without endangering human health, contributing to an environmentally and socially responsible solution.

Key Words: *Eichhornia crassipes*, sustainability, blackboards, educational materials, waste.

Introducción

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta originaria del Amazonas que se ha extendido por cuerpos de agua de todo el mundo debido a su alta tasa de reproducción y adaptabilidad (Gutiérrez et al., 2001).

Adicional a eso, es una planta frecuentemente utilizada en investigación sobre biorremediación. En un estudio realizado por Miguel-Barrera et al. (2020), se evaluó la capacidad de esta planta para remover plomo (Pb) de cuerpos de agua contaminados. Los resultados indicaron que, en un periodo de 15 días, el lirio acuático incrementó su contenido de plomo en un 91.84%, pasando de 0.127 mg/kg a 0.284 mg/kg, lo que confirma su eficacia como bioacumulador de metales pesados. Esta característica lo convierte en una herramienta valiosa para la limpieza de ecosistemas acuáticos afectados por contaminantes industriales y urbanos, ofreciendo una solución ecológica y de bajo costo para mejorar la calidad del agua. Sin embargo, aunque puede ser una alternativa atractiva y muy usada, la falta de sistemas para su retiro y manejo posterior puede convertirlo en un problema a largo plazo.

En México, esta especie se considera invasora y ha generado serios problemas ecológicos, económicos y sociales. En la presa de Valsequillo, ubicada en el estado de Puebla, la proliferación del lirio acuático ha impactado negativamente la calidad del agua, la biodiversidad acuática y las actividades recreativas, agrícolas y pesqueras locales (CONAGUA, 2018).

Esta planta crece de forma acelerada en ambientes eutrofizados, ricos en nutrientes como nitrógeno y fósforo, los cuales son frecuentemente resultado del vertido de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Su capacidad para formar densas coberturas sobre la superficie del agua impide el paso de la luz solar, disminuye el oxígeno disuelto y altera los ciclos naturales de los ecosistemas acuáticos (Martínez-Juárez et al., 2012).

Ante esta problemática, han surgido propuestas para utilizar el lirio acuático como materia prima para la elaboración

de fertilizantes orgánicos, aprovechando su alto contenido de nutrientes vegetales (González-Torres et al., 2020). Sin embargo, esta estrategia representa riesgos significativos. Diversos estudios han demostrado que el lirio acuático es una planta bioacumuladora, capaz de absorber y concentrar metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y mercurio (Hg) presentes en cuerpos de agua contaminados (Zarazúa et al., 2013).

El uso de este material contaminado como fertilizante puede conllevar la transferencia de estos metales al suelo agrícola y, eventualmente, a los cultivos y la cadena alimenticia, generando impactos negativos en la salud humana y el ambiente (Alloway, 2013).

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) ha sido evaluado en diversas ocasiones como sustrato alternativo para el cultivo, incluyendo también el cultivo de setas comestibles, específicamente *Pleurotus ostreatus*. En el estudio realizado por Castañeda-Antonio et al. (2016), se compararon dos tratamientos: uno con paja sola y otro con una mezcla de paja y lirio acuático. Ambos sustratos demostraron ser viables para el crecimiento de las setas; sin embargo, se detectó una translocación de metales pesados, siendo el arsénico el más preocupante, con concentraciones de 0.08 mg/kg en la paja sola y 0.155 mg/kg en la mezcla con lirio. Estos hallazgos resaltan la necesidad de evaluar la toxicidad del lirio acuático antes de su uso como sustrato, recomendando prestar especial atención a los niveles de arsénico presentes.

Por lo tanto, es necesario evaluar cuidadosamente los beneficios y riesgos del aprovechamiento del lirio acuático, especialmente en contextos donde la contaminación de los cuerpos de agua es significativa.

Para evitar este tipo de riesgos y promover un aprovechamiento más seguro, se ha propuesto el uso del lirio acuático como materia prima para la elaboración de pizarrones escolares por la no disponibilidad de metales en el material seco. Esta alternativa busca subsanar la falta de materiales didácticos en algunas escuelas, especialmente en zonas marginadas, al mismo tiempo que se da un uso construc-

tivo al lirio recolectado. Al encapsular la biomasa en compuestos sólidos que impidan el contacto directo con los usuarios, se puede aprovechar el recurso sin exponer a los niños ni al personal educativo a los metales pesados que esta planta pudiera contener. Esta propuesta representa un enfoque innovador, circular y sostenible que atiende tanto una necesidad ambiental como educativa.

Desarrollo Metodología para la elaboración de pizarras escolares a base de Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*)

Con el objetivo de aprovechar la biomasa del lirio acuático, se desarrolló un proceso experimental para elaborar prototipos de pizarras escolares. Este trabajo surge como respuesta a la proliferación del lirio en cuerpos de agua como la presa de Valsequillo, Puebla, y a la necesidad de materiales didácticos en comunidades con recursos limitados.

1. Recolección y secado del lirio acuático

La primera etapa consistió en la recolección manual del lirio acuático (Figura 1). La recolección se llevó a cabo con medidas de protección adecuadas para evitar algún riesgo durante la toma de muestras (lentes de protección, guantes, mascarilla) también se tomaron precauciones para evitar un posible golpe de calor.

El 14 de abril de 2025 se hizo la primera recolección de muestras de Lirio. Primero se pidió permiso para poder recolectar muestras de 3 puntos diferentes de la zona. Después se escogió el punto a recolectar, se hizo una descripción del punto (hora de recolección, coordenadas, temperatura ambiental, condiciones del suelo (Muy húmedo, húmedo y Parcialmente húmedo), condiciones de la planta, condiciones climáticas de la zona y el punto de recolección. Por último, se recogió la especie sin alterar o desaparecer la vegetación del punto, se guardó en una bolsa de plástico y se llevó a casa a secar a temperatura ambiente.

Muestra 1

Hora de recolección: 11:07 h
Coordenadas: 18.904994, -98.170274
Temperatura: 21°C
Suelo: Húmedo
Planta con raíz, sin flor y fresca.
Día soleado y sin nubes
Muestra recolectada a 0.50 m aproximadamente de la orilla del agua.

Muestra 2

Hora de recolección: 11:14 h
Coordenadas: 18.905543, -98.170303
Temperatura: 21°C
Suelo: Parcialmente húmedo
Planta con raíz, sin flor y semi fresca
Día soleado y sin nubes
Muestra recolectada a 2.0 m aproximadamente de la orilla del agua.

Muestra 3

Hora de recolección: 11:24 h
Coordenadas: 18.905533, -98.170339
Temperatura: 21°C
Suelo: Muy húmedo
Planta sin raíz, sin flor y fresca
Día soleado y sin nubes
Muestra recolectada a 1.30 m aproximadamente de la orilla del agua.



Figura 1. Recolección de Lirio en el Lago de Valsequillo. Elaboración Propia



Figura 2. Secado del Lirio a Temperatura Ambiente. Elaboración Propia

El mismo día se tomó una segunda muestra de un área diferente del Lago Valsequillo, donde se alternó la zona de recolección de las muestras en 3 puntos diferentes alejados de los 3 puntos de recolección anterior siguiendo los procedimientos anteriores se anotó la descripción de cada punto de recolección.



Figura 3. Segunda Recolección de Lirio en el Lago de Valsequillo. Elaboración Propia

Posteriormente, las plantas completas fueron sometidas a un proceso de secado natural a temperatura ambiente durante aproximadamente 15 días (Figura 2 y 4).



Figura 4. Secado de la segunda muestra del Lirio a Temperatura Ambiente. Elaboración Propia

Esta técnica es común para reducir la humedad sin degradar la estructura celular de la planta (Singh & Bishnoi, 2013). Luego, el material seco se cortó en fragmentos pequeños, eliminando la raíz de las plantas y se introdujo en una estufa de laboratorio a temperaturas controladas entre 35 y 40 °C durante varias horas, con el fin de eliminar la humedad residual. El secado térmico en ese rango de temperatura evita la descomposición de compuestos orgánicos y reduce el riesgo de proliferación microbiana (Kumar et al., 2020).

2. Trituración y elaboración de la pasta base

Una vez seco, el lirio fue triturado en un procesador de alimentos hasta obtener una harina vegetal fina. Esta harina se utilizó como base para formar una pasta, combinándola con harina de trigo, pegamento blanco (acetato de polivinilo) y agua tibia. La harina de trigo actúa como aglutinante natural por su contenido de gluten, mientras que el pegamento blanco mejora la cohesión y la adherencia del compuesto (García et al., 2017).



Figura 5. Moldeado de lirio. Elaboración Propia

3. Moldeo y secado de las piezas

La pasta resultante fue extendida con un rodillo para formar placas planas de diferentes grosores. Se probaron distintos métodos de secado: sobre superficies lisas al aire, dentro de bolsas plásticas con pequeñas aperturas, y al sol directo. Se observó que las piezas secadas en bolsas mostraron crecimiento de hongos, posiblemente debido a la humedad atrapada y la baja ventilación (Alam et al., 2022), mientras que aquellas expuestas al sol directo se curvaron y presentan agrietamiento por el secado rápido y desigual (Pathak et al., 2018).



Figura 6. Secado de las placas a sol directo.

Para alisarlas, se les aplicó vapor de agua sobrecalentado en las zonas curvadas, posteriormente se les aplicó presión aproximada de 5 kg (Figura 7).



Figura 7. Placas de Lirio tras su alzamiento. Elaboración Propia

El secado más eficiente se logró en un ambiente cálido (30-35 °C), sin exposición directa al sol ni fuentes de calor artificial, favoreciendo un secado gradual que evita deformaciones o fracturas (Figura 8).



Figura 8. Placa de Lirio secada al Sol que presenta una fractura muy grande en su estructura.

Además, se encontró que el grosor de las placas era un factor crítico: si eran demasiado delgadas, tendían a doblarse, mientras que, si eran muy gruesas, se rompían fácilmente al secarse, evitando una fragmentación que dejara inutilizable el producto. El grosor ideal fue el que permitió mantener rigidez sin comprometer la integridad estructural.

4. Acabados y tratamiento de los prototipos

Se desarrollaron dos procedimientos para evaluar la viabilidad de uso de los prototipos como pizarras. En el primero, las placas secas fueron impermeabilizadas con una mezcla de aceite de linaza y pegamento blanco (Figura 9). Este tratamiento sirve para sellar la superficie y evitar la absorción de humedad (Rodríguez et al., 2016). Luego, se aplicó una capa delgada de papel y engrudo, para proporcionar mayor firmeza, seguida de pintura y barniz para obtener una superficie utilizable como pizarra blanca.



Figura 9. Impermeabilización y refuerzo del lirio por el primer método. Elaboración Propia

Aprovechamiento de plantas para la elaboración de materiales

[illegible]

El uso del lirio acuático para la fabricación de productos útiles como lo son los pizarrones abre una oportunidad económica y ecológica para crear un nuevo mercado, dando una solución innovadora y sostenible con valor agregado a esta especie.

El uso de lirio acuático disminuye la población de este en cuerpos de agua controlando su reproducción y mitigando el impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, es importante evaluar la disponibilidad y factibilidad en la fabricación de estos productos para no alterar o dañar los ecosistemas acuáticos.

Declaración de privacidad

Los datos de este artículo, así como los detalles técnicos para la realización del experimento, se pueden compartir a solicitud directa con el autor de correspondencia.

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún tipo de conflicto de interés.

Agradecimientos

A los docentes y asesores por el apoyo brindado durante la formación académica.

Referencias

- . Alam, A., Al-Rumaihi, A., Al-Ansari, T., & Baawain, M. S. (2022). Drying methods and their influence on biomass-based materials for bio-composite applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112136. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112136>
- Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer.
- Ayala, S. L. G., & Sanabria, F. L. Y. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. *Ingenierías USBmed*, 9(1), 69-74. <https://doi.org/10.21500/20275846.3008>
- Castañeda, Antonio, M. D., Conde Reyes, A., Martínez Carrera, D., Portillo Reyes, R., Muñoz Rojas, J., Munguía Pérez, R., & Rivera Tapia, A. (2016). Viabilidad del uso de *Eichhornia crassipes* como sustrato de cultivo de setas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12371/17947>
- CONAGUA (2018). Informe de la calidad del agua en la presa de Valsequillo, Puebla. Comisión Nacional del Agua.
- García, J. D., Pérez, F. R., & Ruiz, C. M. (2017). Evaluación de adhesivos naturales y comerciales en compuestos aglutinados. *Revista Colombiana de Materiales*, 8(2), 25-33.
- González-Pérez, M. M., & Lomelí-Ramírez, M. G. (2024). CAPÍTULO 2 BIOPOLÍMEROS RENOVABLES: ALIADOS SOSTENIBLES DE LA ECONOMÍA CIRCULAR. *Innovación en biomateriales sustentables para un mundo mejor*, 41.
- González-Torres, L. R., López-López, M. A., & Martínez-Hernández, J. L. (2020). "Aprovechamiento del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) para la elaboración de compostaje como alternativa sustentable". *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 7(2), 45-52.
- Gutiérrez, E. L., Ruiz, E. E., Uribe, E., & Martínez, J. M. (2001). Biological control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Mexico. *Biocontrol News and Information*, 22(4), 99N-108N.

- Kumar, A., Sharma, M. P., & Ghoshal, A. K. (2020). Drying of biomass for production of biofuels: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109782. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109782>
- Lema Vera, E. (2021). Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico. *Ingeniería E Innovación*, 9(1). <https://doi.org/10.21897/rii.2407>
- Luna, P., & Lizarazo-Marriaga, J. M. (2022). Fibras naturales como refuerzo en materiales compuestos de matriz polimérica. *MOMENTO*, 65, 65-79. <https://doi.org/10.15446/mo.n65.103151>
- Martínez-Juárez, M., Hernández-Muñoz, P., & Castro-Pérez, M. (2012). "Impacto ecológico del lirio acuático en cuerpos de agua del centro de México". *Ecología Aplicada*, 11(2), 75–85.
- Meneses, M. H. M., Agatón, L. L., Gutiérrez, L. F. M., Mendieta, L. E. G., & Botero, J. D. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Revista Educación En Ingeniería*, 5(9), 128-139. <https://doi.org/10.26507/rei.v5n9.14>
- Miguel-Barrera, A., Castañeda-Antonio, D., Santamaría-Juárez, J. D., Munive-Hernández, J. A., Rivera-Tapia, A., & Ramos-Cassellis, M. E. (2020). Modelo de biorremediación de plomo con lirio acuático.
- Morales Sánchez, V. A., Zuluaga-García, J. A., Aguirre Salazar, J. D., Aristizábal-Buitrago, D., & Ruiz Montilla, A. M. (2023). Biopolímeros y pectina: Una revisión con Tree of Science. *Interfaces*, 5(2). <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/interfaces/article/view/10727>
- N, A. V., R, M. H., & Ramírez-Díaz, R. (2018). Evaluación de la adhesión de un pegante realizado con almidón nativo de yuca (*Manihot sculenta* Crantz) variedad M-Tai. *Revista de Investigación*, 11(1), 89-95. <https://doi.org/10.29097/2011-639x.181>
- Pathak, S., Mandal, A., & Sharma, A. (2018). Moisture management in natural fibers and its effect on bio-composite performance. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 19238–19243. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.269>

Perez, A. X. A., Salazar, J. S. V., Rea, A. M. J., & Jimenes, R. P. T. (2022). Materiales compuestos y su aplicación en partes automotrices: Revisión. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(9), 596-622.

Rodríguez, R., Salinas, A., & Vázquez, J. (2016). Recubrimientos impermeabilizantes: uso de aceites naturales y resinas como alternativas ecológicas. *Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 1(2), 45-53.

Singh, A., & Bishnoi, N. R. (2013). Comparative study of various drying techniques on *Eichhornia crassipes* for bioethanol production. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(6), 2037-2044.

Zarazúa, G., Ávila-Pérez, P., Tejeda, S., Barcelo-Quintal, I., & Martínez, T. (2013). Bioacumulación de metales pesados en lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en cuerpos de agua contaminados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 203-211.