

## Possible Futures: Material Exploration out of invasive plants

Javier Álvarez-Durán <sup>1</sup>, Habid Becerra-Santacruz <sup>2</sup>,

<sup>1-2</sup> Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Mexico  
1920716e@umich.mx; habid.becerra@umich.mx

**Abstract.** The water lily (EICHORNIA CRASSIPESSE) is an invasive plant that affects bodies of water throughout the world, generating serious socio-environmental problems. This research uses an experimental approach to study the feasibility of using water lilies to make biobased materials. To achieve this, a hybrid methodology was formulated based on Design Thinking and the Material Driven Design Method divided into three stages called exploratory, material, and functional. The results show a biobased biomaterial with different applicability characteristics in limited use that takes advantage of a harmful and underutilized invasive plant. Establishing its virtue to replace traditional materials. These results show that the water lily is competent as a raw material to be transformed into future materials as an alternative to current environmental problems while attacking its overpopulation.

**Keywords:** Sustainable Design, DIY culture, Biomaterial, Regenerative Design, Invasive plants.

### 1 Introducción

La invasión y sobre población de lirio acuático (EICHORNIA CRASSIPESSE) en prácticamente todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo está documentada como un problema grave, es considerada una de las 100 especies más dañinas debido a las grandes cantidades de masa biológica flotante que genera cuantiosas modificaciones ecosistémicas alrededor del mundo, (Albano et al., 2015). El lirio acuático es una planta flotante con crecimiento en cuerpos de agua dulce nativa del Amazonas. En su territorio no representa ningún riesgo debido a la presencia de depredadores naturales, sin embargo, es altamente infecciosa cuando se inserta en otras regiones. Su alta tolerancia ambiental y la falta de control biológico que limiten su crecimiento la convierten en una plaga (EPPO, 2010). Se estima que el crecimiento diario de biomasa por hectárea en cuerpos de agua infectados varía de 400 a 700 toneladas (Ruiz et al., 2008).

De manera paralela, la materialidad derivada del petróleo, en particular el plástico, genera gran contaminación, ejemplo de ello son los 13 millones de toneladas anuales estimadas de que se arrojan al mar (Lugo, 2019). Lo cierto es que los plásticos dentro de sus grandes propiedades presentan un problema, la nula biodegradabilidad y permanencia en nuestro ecosistema hasta por 4000 años.

Las materialidades que no dependen exclusivamente del petróleo también generan un problema debido a la explotación de las materias primas necesarias para su elaboración. El agotamiento de los recursos finitos derivados de la explotación desmedida actual requiere 74% más recursos de lo que los ecosistemas pueden regenerar al año para vivir (Global Footprint Network, 2021). Los impactos negativos generados por la extracción, transformación y desecho de las materialidades actuales hacen redireccionar la manera en que se entienden y producen nuevos materiales, actualmente la democratización de la producción permite generar aportaciones en este campo (Rognoli et al., 2018).

Por ello, el objetivo principal que motiva la investigación se centra en la exploración de posibilidades hacia nuevas materialidades futuras, esto a través del aprovechamiento de plantas invasoras, las cuales representan un problema que puede convertirse en potencial oportunidad a partir de la extracción y manipulación de ellas, transformándolas en un material biobasado (producido a partir de biomasa).

## 2 Metodología

Para la transformación material del lirio acuático se utiliza una apropiación metodológica de carácter experimental creada a partir de Design Thinking con hibridación del Material Driven Desing Method tratando de extraer lo mejor de ambos procesos. El planteamiento metodológico híbrido, así como la discusión sobre la aplicación de un enfoque integral ecosistémico el cual busca potencializar el conocimiento local, las técnicas y recursos materiales locales a partir de una exploración continua e iterativa han sido reportado en extenso en otro artículo (Becerra-Santacruz, A. & Becerra-Santacruz, H., 2023). El presente trabajo se centrará en presentar la adecuación metodológica de diseño compuesta de 3 etapas nominadas como exploratorio, material y funcional.

### 2.1 Exploratorio

Su finalidad radica en observar el comportamiento entre las composiciones seleccionadas para encontrar una base estable para el material. La regulación y supervisión aumenta cuando el material candidato avanza en el proceso. En esta etapa se hace la selección de los aglutinantes naturales para la

experimentación, así como la manera que serán mezcladas y se establecen las técnicas de manipulación. Se recolecta finalmente información a partir de las exploraciones realizadas y se aplica un criterio de selección material. Esta etapa comprende los momentos idear y comprender.

- **Idear:** A partir de la observación y entendimiento del contexto territorial, se visualizan oportunidades para trabajar nuevas materialidades que respondan y incidan sobre problemas actuales. Una vez analizadas estas oportunidades, se selecciona el o las materias primas para desarrollar experimentaciones. Mediante un enfoque de empatía busca atender a problemáticas complejas actuales. Este momento demanda hacer una investigación y recolección de datos que informen a cerca del material a desarrollar.

- **Comprender:** Por medio de un proceso cíclico entre la experimentación y la información recabada de la misma experimentación, se permite entender las cualidades y posibilidades del material. El objetivo es experimentar, estimular a través de un proceso lúdico partiendo de la exploración, de tal manera que pueda comunicar al proceso con base en la información proveniente de la experimentación.

## 2.2 Material

Se crea una visión material generada a partir de las cualidades de las materialidades exploradas, se realizan las iteraciones necesarias sobre los materiales que no fueron descartados en la etapa anterior. El objeto es mejorar sus características y cualidades para lograr un material estable, de igual manera se acota y controla el número de experimentaciones direccionaladas de acuerdo con la visión planteada. Dentro de esta etapa se desprende el momento para definición material.

- **Definir:** Se establece la definición de una visión material a partir del entendimiento de este desde la etapa de exploración. Esto permite acotar y descartar elementos explorados, seguir el desarrollo con base en las intenciones materiales que se visualizaron. En este apartado se somete al material a pruebas más rigurosas o controladas, sin embargo, la subjetividad juega un papel primordial, pues es a través del entendimiento empírico trabajado con la materia que se pueden visualizar y potenciar sus cualidades.

## 2.3 Funcional

Una vez obtenidos materiales potenciales se aplican pruebas de laboratorio para determinar las características y cualidades de las nuevas materialidades misma que nos permitirán guiar el proceso funcional a partir de estas. Como parte final se especula sobre posibles aplicaciones hacia productos u objetos. De esta etapa se deriva la aplicabilidad.

- **Aplicar:** La finalidad es la concepción de ideas hacia sus posibles aplicaciones, visualizar la manera en que podría funcionar el nuevo material,

esto por medio de un prototipo o especulación que puede llevarse a un prototipo físico o digital. Generar prototipos de usabilidad de acuerdo con las características propias del material. Finalmente implementarlo para poner a prueba el producto final.

La elaboración de la investigación es realizada bajo estándares y procesos manuales de autoproducción. Como materia prima se utiliza el lirio acuático que afecta cuerpos de agua de la región en combinación con aglutinantes naturales abundantes y de fácil acceso en el contexto local.

### 3 Experimentación

Se analizó la planta invasora, en este caso el lirio acuático, el cuál se dividió en sus partes para determinar cuáles de estas podrían ser utilizadas. Se descarta el tallo y la flor con poca presencia dentro de la planta para enfocarse en los peciolos y raíz con mayor porcentaje de biomasa, ambas pueden medir entre 10cm a 1m de longitud. Ambas partes se deshidrataron directamente al sol por un periodo de 10-15 días. Por cada 100gr de lirio recién extraído quedaran únicamente 20gr., estableciendo una pérdida total del 80% en su composición. En el caso de la raíz la perdida es del 60% de su peso inicial. Para la experimentación se decide transformar la materia prima en molienda, una vez tratada para su utilización, se procedió a la exploración material con los aditivos y aglutinantes seleccionados (Fig. 1).



Figura 1. Experimentación con aglutinantes y agregados.

### 3.1 Exploración material

Para la elaboración del bio-material, se estableció una lógica material utilizada para su realización a partir de incorporar “aditivos” y “agregados” al aglutinante, este último como base para iniciar las exploraciones, adicional a ello, la incorporación de técnicas de manipulación. De acuerdo con criterios de abundancia, accesibilidad y ecología se seleccionó resina de pino, almidón de maíz, grenetina, cera de soya y alginato de sodio para realizar los diferentes experimentos, dejando para la siguiente etapa al almidón de maíz y grenetina por obtener los mejores resultados durante la experimentación. El lirio acuático es un agregado dentro del proceso de fabricación material.

### 3.2 Definición material

Se propusieron 2 visiones terminales para el biomaterial, los cuales tienen diferentes cualidades técnicas y sensoriales en el entendido de que el desarrollo es bajo estándares de autoproducción sumado a resaltar las cualidades experienciales del material se pretendió potencializar sus características naturales encontradas.

La primera de ellas corresponde a generar un material base biológica con características “**flexibles**” (Fig. 2). Se realizan las iteraciones necesarias para encaminar el desarrollo hacia un material con aplicaciones semejantes a un cuero animal, pero con características ambientales ecológicas. Esta decisión se toma al identificar las oportunidades en la tonalidad de la raíz del lirio acuático, siendo de un color muy oscuro casi negro cuando mantiene humedad. Las exploraciones con grenetina y glicerina obtuvieron mejores resultados .



**Figura 2.** Bio-material flexible elaborado con raíz de lirio acuático y aglutinante natural.

La segunda visión material fue la elaboración de un “Bio-Comprimido”, un compuesto bio-basado con características semejantes a un aglomerado. Por las características aprendidas al trabajar con los nenúfares del lirio acuático se definió que era a través de estos y no la raíz quien nos permitiría logarlo. Las tonalidades cobrizas con cafés que tienen los nenúfares una vez secos, además de su capacidad de ser comprimido y mantener su forma sin desprendimientos fueron algunas de las características por lo que se decide iterar este material (Fig. 3).



Figura 3. Bio-material comprimido elaborado con pecíolo de lirio acuático y aglutinante natural sometido a presión.

Para elaborar este bio-compuesto se diseñó un molde para compresión que nos permitiera elaborar placas en distintos grosores y en tres medidas, 6x12cm, 12x12cm y 12x24cm. Se elaboró en madera de pino con grosor de 1.5cm con 3 tapas que se usan para generar la compresión con ayuda de prensas, sin embargo, durante las pruebas se observó que carecía de capacidad para compresión final además de absorber agua por ser un material natural. Para corregir lo anterior, se generó un molde de 8x8cm, diseñado e impreso en 3d a base de plástico biodegradable, esto con la intención de mejorar la resistencia a compresión y deformación. El plástico no absorbe agua además de permitir moldear y imprimir patrones sobre el material durante la compresión siendo este, la mejor opción para este fin (Fig. 4).

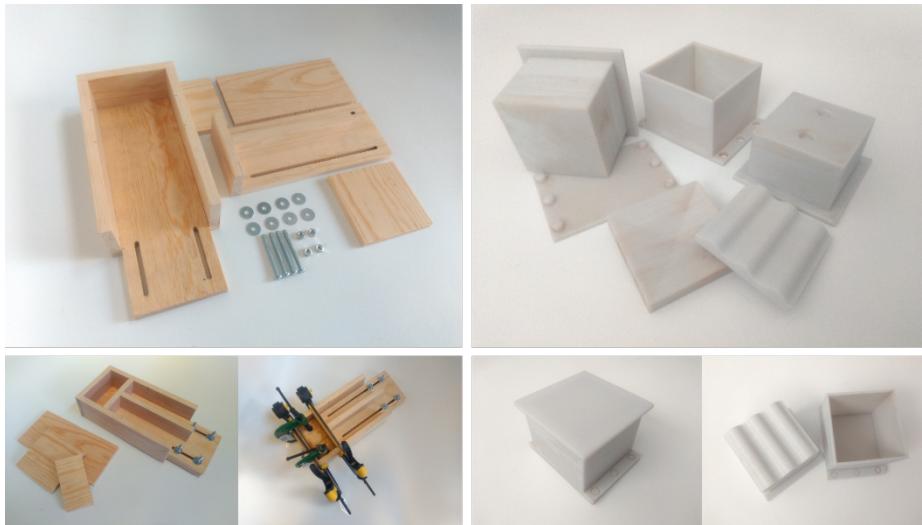


Figura 4. Moldes elaborados para la compresión y moldeo del material.

### 3.3 Definición material

Se realizó una caracterización al bio-material. Esta caracterización permite entender con mayor claridad su funcionamiento al manipularlo y establecer las posibilidades y especulaciones hacia su usabilidad. Este apartado mide la factibilidad funcional y aplicación del resultado material. Para esto se emplearon pruebas físicas a muestras para poder determinar sus cualidades. El protocolo toma como base las caracterizaciones del Material Driven Design Method. Modelo que incorpora conceptos de calidad percibida por el usuario tanto funcionales como emocionales de los materiales. Usa la percepción material, táctil y sensorial como elemento diferenciador frente a su competencia (Alarcón, et al 2020). Con base en esto, la caracterización del material se dividió en 2 partes, por un lado, se realizaron pruebas físico - mecánicas que determinaron la información técnica. En un segundo apartado se somete a pruebas sensoriales para dimensionar sus bondades y características sensibles.

#### a) Características técnicas

Las limitaciones del estudio se fijaron con pruebas de laboratorio solo para la compresión a través de una máquina universal por ser considerada el estándar de la industria. Además, se complementa el estudio con pruebas no estandarizadas bajo protocolos internos que ayudan a comprender de manera fácil y eficaz las capacidades del material (Fig. 5).

- **Compresión:** Los resultados de la prueba mostraron un material que tiene la capacidad de soportar compresión desde 16.00kg/cm<sup>2</sup> hasta 21.4kg/cm<sup>2</sup> antes de comenzar a fallar. Dicho de otra forma, un esfuerzo mayor a esta carga llevará al material a su ruptura y deformación irreversible.

- **Dilatación:** Se coloca una muestra del compuesto dentro de un recipiente con agua durante el lapso de 48hrs. Posterior a esto se observa material ligero que flota sobre el agua. Absorbe rápidamente hasta quedar completamente impregnado sin perder su capacidad de flotar. Pasados 10min el material mantiene sus dimensiones iniciales, sin embargo, al aplicar fuerza sobre la muestra esta tiene menor rigidez y es susceptible de deformación. Al termino de 24hrs aún mantiene su forma, pero se ha dilatado poco, se siente menos rígido con el paso del tiempo. Se puede en este punto manipular para recuperar toda la molienda de lirio para otros fines o subproductos. 48hrs después existe desprendimiento y agrietamiento generado por la cantidad de agua absorbida, el material se ha dilatado un 50% de su tamaño inicial, pasando de 14mm iniciales a 21mm finales.

- **Temperatura:** Mide la resistencia a fuentes de calor sin cambiar su estructura o alcanzar algún punto de ignición. Para la prueba se introduce el material sobre una bandeja de metal a un horno eléctrico y se programa la temperatura a 180°C por un lapso de 10 min. A esta temperatura la muestra empieza a cambiar su color natural, sobre todo en la parte baja apoyada sobre bandeja de metal, el tono se pone marrón, se obscurece, básicamente se tosta, pero sin modificación morfológica.

Como segunda prueba se enciende la flama de un encendedor y se acerca a la muestra para que tengan contacto directo con el fuego durante 60 segundos y 120 segundos, un encendedor comercial puede alcanzar temperaturas de 1200°C. La muestra se quema, pero no mantiene encendido el fuego sobre sí mismo, al retirar el fuego la flama desaparece y únicamente queda la brasa en el centro comprimido de material sin extenderse o expandirse a los demás sitios de la muestra, esta brasa tarda de 2 a 3 minutos en extinguirse para la prueba de 60 segundos y hasta 9 minutos para la prueba de 120 segundos.

### **b) Características sensoriales**

Este apartado tiene la finalidad como se menciona anteriormente, de incorporar a la caracterización material conceptos percibidos acerca de su calidad emocional, se enfatiza la percepción que existe hacia el material y la dimensión del significado. Lo táctil y sensorial como rector de nuevos materiales.

- **Visual:** Establece la apariencia e impacto visual del material, esta valoración es completamente perceptiva. Los resultados de acuerdo con el grupo de personas consultado fue una percepción Natural, cálido, artesanal, confort, reciclado, ético.

- **Olfativa:** La intensidad de olor del material es muy baja, es necesario acercarse demasiado al mismo para poder diferenciar algún olor particular que en este caso es dulzón, acaramelado. Este olor se intensifica cuando fue tostado en la prueba de calor dentro del horno.

- **Acústica:** Bofo, Silencioso

- **Palpable:** Imperfecto, Ligero, Compacto, Suave



Figura 5. Ejemplos de las pruebas materiales sobre el bio-compuesto.

### c) Bondades

Las bondades del material se definen como aquellas posibilidades que permite el material más allá de sus cualidades técnicas y sensoriales, estas bondades también permiten conocer su aplicabilidad y uso en un contexto actual.

- **Moldeable:** cuenta con la capacidad de darle distintas formas a través de moldes para compresión.

- **Grabable:** El comprimido puede adquirir relieves en la superficie a través de corte laser, CNC o durante su compresión por medio de moldes texturizados.
- **Cortable:** Al igual que un comprimido tradicional puede cortarse a través de láser, CNC y Herramientas tradicionales.
- **Perforable:** Se puede ranurar, taladrar o clavar sobre él con buena resistencia y soporte.
- **Reciclable:** Se puede recuperar la materia prima para otros usos.
- **Acústico:** Con base en investigaciones sobre las capacidades que tiene las fibras naturales como absorbente acústico, se presume que el lirio acuático es acústico.
- **Térmico:** Cualidad adquirida gracias a sus fibras naturales.

La caracterización técnico-sensorial y bondades realizada permite generar una serie de conceptos descriptivos para identificar las prestaciones del material, atributos fundamentales para apreciarlo de manera verdadera. Como parte final, derivado del aprendizaje y caracterización material es posible asentar las áreas de oportunidad para aplicar el bio-compuesto bajo la lógica territorial y artesanal asentada anteriormente. Las imágenes contiguas no muestran el diseño de objetos como tal, la morfología esta derivada de las capacidades del material. Las especulaciones pretender potenciar las cualidades del material, así como visualizar las oportunidades de trabajar con lirio acuático como materia prima (Fig. 6).



Figura 6. Especulación material derivado de las capacidades del bio-material.

## 4 Conclusión

La investigación ha sometido al lirio acuático a un proceso de transformación material, después de observar los resultados obtenidos, se puede afirmar que este posee características para seguir investigando y mejorando el desarrollo de materiales futuros bajo lineamientos ecológicos y sustentables. La etapa exploratoria desarrollada en el protocolo experimental mostró suficientes posibilidades para seguir explorando nuevos materiales a partir de lirio acuático. En cuanto a la exploración final, un bio-compuesto con características de rigidez elaborado con molienda de lirio seco y almidón como aglutinante, se puede definir como un producto estable con posibilidades de introducción al mercado previo mejoramiento de procesos y formulas (Fig. 7).

El biomaterial elaborado es un posicionamiento critico contra la materialidad altamente contaminate actual. Es desarrollado con el potencial de generar cambios ecosistémicos, controlar y dar balance a otros recursos finitos a partir de una práctica creativa. Busca estrategias productivas con impactos sociales sin representar un peligro para el planeta.

El biomaterial muestra nuevas maneras de entender los recursos de nuestro territorio para explorar no solo su transformación material si no también la generación de experiencias sensoriales potentes, así como diferentes relaciones con nuestra materialidad. Ataca un problema real y actual de plantas invasoras sin solución aparente, se utiliza el lirio acuático para generar nuevas economías en la región a través de su transformación material, permitiendo con esto la regeneración de los cuerpos de agua infectos.



Figura 7. Paleta material que muestra algunos de los futuros posibles explorados.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por su apoyo y patrocinio para la realización de éste proyecto, así como al programa de Maestría en Diseño Avanzado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por todas las facilidades para su desarrollo.

## References

Alarcón, J., Celaschi, F. & Celi, M. (2020). Diseño de materiales: del Basic Design al Material Driven Design. Cuaderno 114, Centro de Estudios en Diseño y Comunicación (2020/2021). pp 59 - 69 ISSN 1668-0227

Albano E., Ruiz T, Ramos S, Casero P., Vázquez f. Rodriguez P., Labrador J., López F., González J., Sánchez J. (2015) Seed germination and risks of using the invasive plant *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub. (Water hyacinth) for composting, ovine feeding and biogas production, *Acta Botanica Gallica*, 162:3, 203- 214, DOI: 10.1080/12538078.2015.

Becerra-Santacruz, A. & Becerra-Santacruz, H. (2023) Crafting the Digital: A pedagogical design process in a digital era., p. 1277-1288. In: XXVI International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. São Paulo: Blucher, 2023. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/sigradi2022-sigradi2022\_294

EPPO (2010) *Eichhornia crassipes*. OEPP/EPPO Bull.

Global Footprint Network (2021) El Día del Sobregiro Ecológico de la Tierra será el 29 de julio. Earth Overshoot. Recuperado de: <https://www.overshootday.org/newsroom/press-release-june-2021-spanish/>

Lugo G. (2019) Llegan al mar 13 millones de toneladas de plástico al año. Gaceta UNAM. Recuperado de: <https://www.gaceta.unam.mx/llegan-al-mar-13-millones-de-toneladas-de-plastico-al-ano/>

Rognoli, V & Ayala G., Camilo. (2018). Material activism. New hybrid scenarios between design and technology. Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación. 1-3. 10.18682/cdc.vi70.1143.

Ruiz, T.\* , De Rodrigo E.M, Lorenzo, G. Albano, E. Morán, R. Sánchez J.M. (2008) The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Gadiana River Basin (spain). Aquat. Invasions 3, 42-53. recuperado de: <https://doi.org/10.3391/ai.2008.3.1.8>