

# Optimización y desarrollo sostenible: viabilidad metodológica en el diseño de biomateriales para el entorno construido

Gustavo Jesús Islas Valverde <sup>(1)</sup>

---

**Resumen:** La naturaleza se ha convertido en una importante fuente de inspiración para la innovación tanto tecnológica como de procesos a través de mecanismos de traducción basados en diversas disciplinas del conocimiento, como la Biología, Biotecnología, Ingeniería, Diseño y otras que han contribuido desde sus *expertises* en el proceso de generación del conocimiento. De manera integrativa, los diferentes campos potencian esta práctica, interpretando los procesos y formas en que la misma naturaleza ha resuelto problemáticas en procesos de selección natural que han durado millones de años y que pueden retomarse para ser llevados a escalas de aplicación antrópica de una manera intencional. Esta “traducción” del conocimiento y su transferencia al entorno construido, considera el nivel organizativo de los componentes materiales con miras hacia la optimización de los procesos, con el objetivo de aproximarse hacia la viabilidad de los materiales sostenibles, en este sentido, se llevó a cabo un análisis metodológico secuencial en donde se visualizó la importancia del orden de los pre-tratamientos de subproductos de origen vegetal para alcanzar los requerimientos de diseño y aplicabilidad a través del despliegue y potencialización de las propiedades de sus componentes que influyen notablemente en la forma, su estructura, el proceso y su función, las cuales se concluyó representan una estrategia para el desarrollo de nuevos materiales.

**Palabras clave:** Bioinspiración - Diseño - Biotecnología - Secuencia - Optimización de procesos - Subproductos vegetales - Materiales de construcción

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 260]

---

<sup>(1)</sup> **Gustavo Jesús Islas Valverde** es Doctor en Diseño. Grado y Cédula de Doctor en Diseño (PNCP CONACYT), Julio 2020, Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Autónoma del Estado de México. Maestro en Diseño (PNCP CONACYT), Agosto 2016, Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Autónoma del Estado de México. Cédula de Ingeniero en Alimentos (Universidad Autónoma Metropolitana UAM-I), Agosto 1997. Estudio de dibujo y pintura en Academia Nacional de San Carlos. Profesor de asignatura en el Centro Universitario UAEM Valle del Chalco. Estancia de Investigación en el Centro de Investigación en alimentación y desarrollo CIAD Hermosillo Sonora durante la maestría en 2016. Últimas publicaciones en colaboración con la Universidad de Génova Italia, con la Dra. Adriana Del Borghi y su equipo de investigación con el artículo “Use of EPD System for designing new building materials: the case study of a bio-based thermal insulation

panel from the pineapple industry by-product”. Integrante del Grupo Bidesignio, con artículos de divulgación para la conservación de especies en condiciones no favorables. Ganador del Premio ANUIES a la mejor dirección de brigadas ecológicas en 2012. Certificador de materiales de envase y embalaje por (IMPEE) Manejo de equipo automatizado y muestras biológicas (ISEM).

## 1. Introducción

Desde hace miles de años, los sistemas biológicos vegetales han venido evolucionando para adaptarse a diversos entornos, dentro de los principales cambios se encuentran sus estructuras altamente funcionales escalables al entorno construido, dentro de estos cambios se encuentran las características de resistencia mecánica debido a su disposición estructural. Este tipo de bioestructuras naturales sirven de inspiración para el diseño de materiales estructurales de próxima generación con propiedades multifuncionales (Wei *et al.* 2023)

El diseño de materiales de bajo impacto ambiental o también llamados materiales sostenibles, representa una oportunidad para el desarrollo sostenible de la industria de la construcción (Arellano-Vazquez *et al.* 2020). De acuerdo con (Jaramillo *et al.* 2023) los biomateriales en la construcción son sustancias derivadas de fuentes orgánicas, por ejemplo, los subproductos vegetales, hongos y las bacterias.

La biomasa es un material de origen biológico que puede ser aplicado en la construcción como soporte de carga, relleno, aislamiento y enlucido. Como ejemplo se encuentran las fibras vegetales que al ser combinadas con aglutinantes proporcionan funciones térmicas, hídricas o estructurales (Bourbia, Kazeoui y Belarbi 2023). Las fibras vegetales están constituidas por celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes de orden secundario (polisacáridos, pectinas, ceras, ácidos grasos, azúcares) (Anon n.d.-f), en este sentido su arquitectura molecular proporciona una distribución eficiente de la tensión lo que mejora la resistencia mecánica a la tracción y flexibilidad. En otras investigaciones como la de (Dittenber y GangaRao, 2012) citado en (Velazquez, 2016) la eliminación de los componentes lignina y pectina influye notablemente en el mejoramiento de su efecto de refuerzo, por otro lado, el contenido de celulosa, el ángulo microfibrilar y las dimensiones celulares influyen en las propiedades mecánicas. Se pueden clasificar dependiendo de la parte de la planta de donde son extraídas (hoja, tallo, fruto, raíces), al igual que por su morfología (Salas 2018). Las propiedades fisicoquímicas de las fibras pueden variar tanto entre diferentes especies como en la misma especie, por su ubicación geográfica, condiciones de crecimiento, madurez en la cosecha, condiciones de almacenamiento, procesos de extracción (Königsberger, Lukacevic y Füssl, 2023).

Partiendo de la premisa de que las fibras vegetales como tal ya son materiales compuestos, dado su contenido de celulosa (componente de refuerzo) y lignina (matriz), se hace referencia a los organismos vegetales y sus estrategias de conformación estructural ante desafíos funcionales y su adaptación ante la evolución natural. Las principales ventajas de

estos materiales consisten en el bajo impacto ambiental, debido a su capacidad de renovación, su eficacia en el control de los cambios de temperatura y a sus numerosos usos, por lo tanto, se reconocen como una alternativa de materiales de construcción convencionales (Vaishali, 2019).

Las propiedades de las fibras naturales se han utilizado desde las antiguas civilizaciones y han dado lugar a importantes aplicaciones en la industria de la construcción sobre todo como refuerzo en materiales compuestos, siendo los polímeros la matriz en este tipo de materiales. Como ejemplo se tiene los ladrillos de barro conocidos como adobes reforzados con paja, hierba o pelo de animal (Thapliyal *et al.*, 2023).

En el ámbito de la industria de la construcción (Rodríguez, 2023) reporta un 26% en el uso de fibras vegetales. Actualmente, la industria de la construcción representa uno de los sectores con mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> al medio, mayores demandas y costos energéticos, en este sentido se requiere de materiales alternativos.

Cabe resaltar que la recuperación de los subproductos vegetales en el sector de la construcción tiene tres enfoques principales (económico, técnico y ambiental):

**Enfoque económico.** Las fibras vegetales representan un recurso natural de bajo coste, De acuerdo con Cerdá y Khalylova, existe hoy en día una transición de los modelos económicos lineales consistentes en adquirir, utilizar y desechar, hacia un modelo de economía circular, en donde se pueda convertir los materiales que antes eran descartados en un recurso para la creación de nuevos productos, este tipo de acciones forman parte de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Cerdá n.d.) (Saldaña, 2022).

**Enfoque técnico.** Los procesos de obtención de la llamada fibra técnica son: procesos mecánicos, proceso de enrilado y procesos químicos (Salas, 2018).

**Enfoque ambiental.** El aprovechamiento de los residuos agroindustriales permite dar solución a problemáticas ambientales originadas por la disposición de estos, si no son gestionados adecuadamente (Vargas Corredor Alexandra y Pérez Pérez I, 2018). De los mayores retos, hoy en día es el uso indiscriminado de los plásticos, por lo que la tendencia es, utilizar materiales compuestos que se puedan biodegradar y puedan constituirse como material biológico nutriente para los suelos, en este sentido, las fibras vegetales son una alternativa de bajo impacto ambiental al combinarse con materiales aglomerantes.

El objetivo principal de esta investigación es hacer un estudio de conjuntos y componentes de las fibras de subproductos vegetales), transferible hacia la arquitectura biomimética, se plantean los alcances de esta investigación en un análisis del nivel organismo al estudiar la arquitectura molecular de las fibras y pasar hacia el nivel comportamiento dadas las características de resistencia mecánica proyectables hacia el entorno construido.

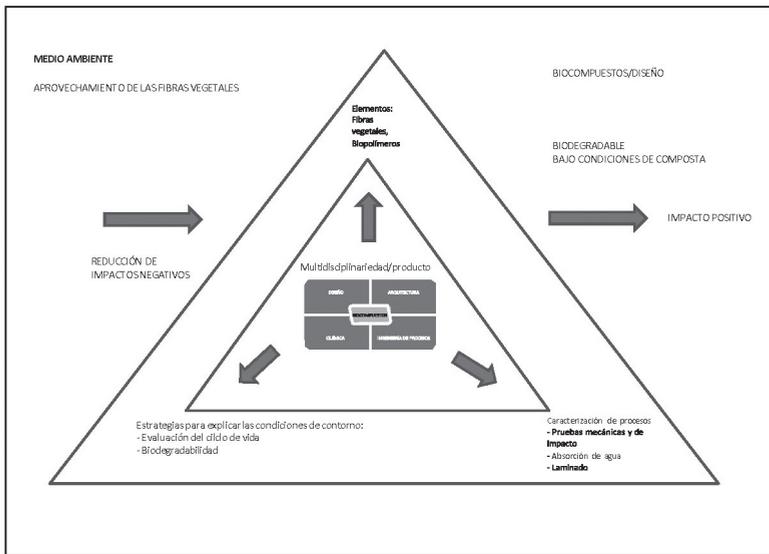
## Procesos biológicos en la construcción

A partir de la observación, el pensamiento lateral del diseñador y las diferentes áreas del conocimiento que intervienen en el desarrollo de productos hacen posible la traducción del nivel de la función para pasar al siguiente nivel que es el proceso, como tal, en el entorno natural existe una optimización de los componentes como parte de una economía natural, en este sentido, es importante conocer el comportamiento de los componentes y para ello la importancia de un equipo multidisciplinario. Su estructura natural y optimizada bioinspira la construcción de entornos más sostenibles.

De acuerdo con (Nora Nakhli Emhandi Tutor Eduardo Jarvier Gómez Pioz *et al.* 2021), la ecología material es un estudio de ciclos y materiales que interactúan con los organismos y el medio ambiente y en este estudio interceden: la Biología, Ciencia e Ingeniería de materiales, Diseño y Fabricación Digital.

En el campo de la Arquitectura y la Biología, la estrecha relación data desde el siglo XVII, de acuerdo con Philip y Steadman (1979 y 2008) citado en (Giménez, Mirás y Valentino n.d.), expresa la manera en que arquitectos y diseñadores se han inspirado en la biología a través del uso de analogías y a través de la evolución de los organismos, sus procesos y desarrollo. En la búsqueda de materiales alternativos, se establece un acentuado interés en la creación de prototipos derivados de la inspiración en la naturaleza y su equilibrio metabólico con el entorno (Frazer, 2011) en (Giménez *et al.* n.d.). En la búsqueda de la incorporación de conceptos y técnicas el diseño forma parte de la traducción de las formas al igual que la Arquitectura y la Biología confluyen en un lenguaje común en el modelado, crecimiento y adaptación ó morfogénesis, cuya interpretación va desde lo más formal hasta lo más poético (Roudavski 2009).

De acuerdo con Attia, 2015 la relación existente entre la Biología y el Diseño se da al observar el comportamiento biológico de los organismos y sus ecosistemas como una idea para emular soluciones de diseño a nivel estructural, funcional y de proceso (Ismail and Attia n.d.), con ello se pueden lograr cambios hacia prácticas de construcción más sostenibles a partir del aprovechamiento de la biomasa (Abdallah, Estévez y Afsar 2023).



**Figura 1.** Análisis del aprovechamiento de las fibras vegetales bajo condiciones de contorno en una dimensión sistémica.

La *Figura 1*, muestra la interdisciplina que existe entre diferentes áreas del conocimiento para poder explicar el “sistema” del biomaterial y sus interacciones con el medio ambiente. En este sentido se muestra el aprovechamiento de los residuos agroindustriales y con ello la reducción de los impactos negativos que éstos generan al ser desechados en la tierra. Durante el diseño del biocompuesto se consideran: a) Los materiales necesarios para su producción, en este caso, fibras naturales y matriz polimérica, b) Estrategias para explicar las condiciones de contorno, a través de la evaluación por su ciclo de vida, desde la obtención de las materias primas, hasta la biodegradación del biocompuesto, c) Caracterización de las pruebas mecánicas (flexibilidad, tensión, impacto), absorción de agua por la interfaz fibra-matriz.

Por otro lado, las características del diseño biodigital y la adopción de formas proyectadas responde a mejorar la eficiencia energética y la capacidad de integrarse en el entorno natural, generando soluciones eficientes y adaptativas en el entorno construido, así como la optimización de parámetros de diseño (forma, estructura, materiales, rendimiento energético (Estévez, 2024: 23-43).

El objeto del diseño puede ser estudiado desde el análisis de las interrelaciones que se dan a nivel multidisciplinario, la integración de “otros” en el proceso no es la resolución de problemas si no el cumplimiento de las funciones que a cada integrante pertenecen, y la arti-

culación de las mismas para darle continuidad a la resolución del sistema. En función de la oferta y la demanda, la interdisciplina mantiene una búsqueda del método proyectual. En este sentido el concepto de interdisciplina significa la capacidad de trabajo entendida como la inclusión de nuevas asignaturas para el perfil del diseñador, esto da como resultado una relación de ideas y experiencias. Hoy en día el perfil del diseñador requiere de algunas competencias extraídas de otras áreas del conocimiento para llegar a planteamientos de forma, función y tecnología.

Haciendo un análisis crítico, se tiene que el mismo usuario es el que da la pauta para el desarrollo de la metodología de interacción ya que se consideran sus actividades en un espacio-tiempo representativo, cuyas dimensiones tanto contextuales como humanas permean hacia un enfoque sistémico y complejo

Este enfoque combina principios de biotecnología, biología y diseño, para tal efecto se deben considerar los siguientes puntos: Sostenibilidad, tipo de biomaterial, propiedades mecánicas, durabilidad y longevidad, microestructura, biodegradabilidad, normas y reglamentaciones, análisis de ciclo de vida (ACV), aplicaciones.

**Sostenibilidad.** El diseño bioinspirado puede contribuir a la sostenibilidad, para cubrir este enfoque se requiere, revisar la disponibilidad de los materiales biológicos a través de su producción y reciclado, esto nos llevará a no afectar los intereses de las generaciones futuras, producciones de bajo consumo energético, uso de materiales locales. Los biomateriales son renovables y biodegradables, como ventaja, producen menos gases de efecto invernadero y menos tóxicos a lo largo de su vida útil en comparación con los materiales convencionales (Khitab *et al.* 2016).

**Tipos de biomateriales.** De acuerdo con (Pizarro 2024), la biomaterialidad coexiste de materiales biológicos inspirados en la naturaleza para el diseño de productos, tecnologías y sistemas, sustentándose en que la naturaleza ha desarrollado a través de millones de años soluciones aplicables al desarrollo antrópico. La idea de que el diseñador mantenga un concepto sustentable de los materiales es porque, forma parte esencial de la materialización de los objetos, en este sentido, influye directamente en los estilos de vida de las sociedades (Duarte Poblete y Nuñez García, 2020).

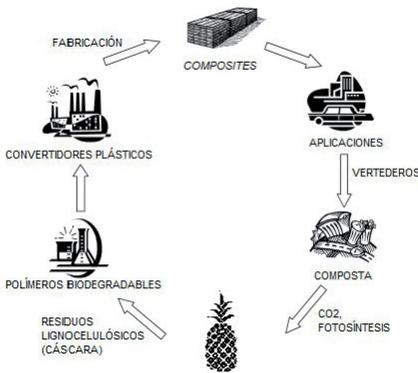
Para el caso de estudio se tiene un enfoque en aquellos biomateriales provenientes de la celulosa generada por subproducto vegetal de la cáscara de piña.

**Propiedades mecánicas.** Las más relevantes pruebas de tensión y flexibilidad, para la aplicación como biopanel.

**Durabilidad y longevidad.** Al tener un origen biológico se tiene que este tipo de materiales sufren una degradación a través de factores ambientales como los rayos ultravioletas, la humedad y por otro lado los microorganismos.

### Análisis de Ciclo de vida

El diseño de materiales sostenibles debe considerar todas las etapas involucradas en su ciclo de vida, incluyendo la extracción de las materias primas, los procesos de transformación, vida útil y consecutiva gestión de los residuos. Tomando como referencia el estudio de caso del rastrojo de piña *Ananas comosus* en la elaboración de biopanel de la *Figura 2*.



**Figura 2.** Ciclo de vida del rastrojo de piña (Fuente: modificado de: Goda y Cao, 2007).

### Aplicaciones

Derivado del alto crecimiento del sector de la construcción se han desarrollado aislantes térmicos y acústicos en la búsqueda de un mejor confort, reforzamiento de cemento, para lo cual el uso de las fibras vegetales ha representado una alternativa renovable, además, puede aplicar en otras áreas de la industria como se observa a continuación:



Figura 3. Proceso productivo de la cadena de valor de la piña y sus subproductos (Fuente: Elaboración propia, 2018).

### Diseño de estrategias para mejores prácticas

En la búsqueda de soluciones a problemas de diseño, se encuentran aspectos de tipo metodológico para ello se toma como referente la proximidad con la naturaleza. A partir de la experimentación e investigación se pueden emular las características de los procesos cuyos impactos ambientales son menores y más circulares para ser transferidos a las propuestas de diseño (Javier and Torrecilla n.d.). Este tipo de prácticas permite actuar de forma anticipada y permite hacer los procesos más eficientes en cuanto a tiempo y recursos. El modelo circular, no solo emula las estrategias naturales si no que constituye un modelo integral asociado con la disminución de los desperdicios y el aprovechamiento de los subproductos. De acuerdo con (Predassi, 2024), el modelo de economía circular busca recuperar y reintroducir materiales en los sistemas y cadenas de valor, esta acción permite devolver a la naturaleza sus nutrientes biológicos al fortalecer el suelo.

En este sentido, en (Quirós 2020) se habla sobre 3 grandes estrategias:

- La ralentización de los bucles de recursos, es decir, diseño de bienes de larga duración y consecuentemente el alargamiento de la vida útil del producto
- La potenciación de bucles cerrados de recursos, evitar la sobreexplotación de materiales vírgenes
- Incremento de la eficiencia de los recursos, reducción de fases en el ciclo de vida (Anon n.d.-a). Dispone las estrategias

1. “De abajo hacia arriba” es decir, el estudio del mecanismo biológico y luego una solución tecnológica, “orientado hacia la solución” o “Biomimética por inducción”

2. “De arriba hacia abajo” es decir, identifica una solución técnica en un área específica del conocimiento, “orientado a los problemas” o “Biomimética por analogía”

Las estrategias de adoptar procedimientos bioinspirados en la naturaleza, se direccionan hacia los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) a partir de la imitación de elementos y comportamientos desarrollados en el entorno natural, esto hace más eficiente los procesos y disminuye el impacto ambiental.

## 2. Materiales y métodos

El caso de estudio Biopanel (*Ananas comosus*) consistió en el desarrollo de un biocompuesto para la construcción desarrollado a partir del subproducto cáscara de piña cuyo objetivo principal fue integrar el subproducto vegetal en el entorno construido, a través de una serie de pretratamientos cuya secuencia lógica se justifica por el comportamiento del subproducto, es decir, el acondicionamiento para su integración con la matrices poliméricas o biopoliméricas, disminución enzimática y de la microbiota, configuración y estructura funcional, esto es un ejemplo de evolución del material biológico. Como menciona Cantera, 2015 (Anon n.d.-h), los procesos naturales y la transformación son fuertes protagonistas de la evolución del material, en este sentido, los pretratamientos también se constituyen para la configuración del material lo que implica un tiempo biológico determinado, traducido en un nivel de maduración óptimo del fruto de la piña *Ananas comosus* para poder aprovechar sus componentes como los polisacáridos, fibra, entre otros. Siguiendo la secuencia de acondicionamiento, los pretratamientos considerados, son los siguientes: Corte y molienda mecánica, filtrado y recuperación de los componentes bióticos para su uso integral como material alternativo.

### Principales factores que afectan la interacción fibra-polímero

La naturaleza hidrofílica de las fibras es uno de los factores que afectan, la relación fibra-polímero, en los materiales compuestos. Debido a ello se han hecho investigaciones para el tratamiento de la superficie de la fibra, con agentes mercerizantes.

### Humedad

Este factor puede tener efectos adversos en el rendimiento del biocompuesto hecho de fibras naturales, por lo que es muy importante el secado previo de las fibras naturales antes de ser procesadas con el polímero (Faruk *et al*, 2012).

### Contenido y tipo de fibra

En general, un aumento en el contenido de fibras en el material compuesto, aumenta la rigidez de manera significativa, adicionalmente se incrementa su fuerza de resistencia, por lo que, longitud de la fibra y su geometría juegan un papel decisivo, aunado a ello, el

uso de aditivos apropiados (agentes de acoplamiento, lubricantes, estabilizadores de la luz, colorantes, retardantes de la flama, agentes espumantes, reductores de olor y biocidas) en muy pequeñas cantidades (0.5-5%), pueden mejorar significativamente las propiedades fisicoquímicas o mecánicas del biocompuesto (Faruk *et al.* 2012).

### **Superficie de la fibra vegetal**

La naturaleza hidrofílica de las fibras vegetales y, por otro lado, la hidrofobicidad de los polímeros, son factores que afectan la unión fibra-polímero; hoy en día se están realizando investigaciones, donde se ha tratado la superficie de las fibras a través del método de mercerización.

Las propiedades mecánicas del biomaterial dependen del tipo de fibra usada y su homogeneización en la matriz polimérica. Las claves para controlar los factores que afectan a estas propiedades son el contenido de celulosa en la fibra, la orientación, longitud y diámetro de la fibra (Hassan 2012).

El tratamiento alcalino o mercerización es uno de los tratamientos químicos más empleados, (remueve cierta cantidad de lignina y grasas que cubren la superficie de la pared celular de la fibra, incrementando la rugosidad de ésta (Faruk *et al.* 2012).

La interacción del biomaterial con el medio ambiente, su mecanismo de biodegradabilidad bajo condiciones de composta, con la exposición a microorganismos específicos, sistemas enzimáticos, radiación solar, para el cierre del ciclo de vida del producto.

En la investigación se estudiaron los biomateriales con base al tipo de escala, macro, micro ó nano escala que contribuyen a la eficiencia energética, para el caso de estudio, la biomimética comprende las escalas macro y micro. Para el caso de la macro escala son considerados los materiales biodegradables.

### **Análisis macrodimensional de la cáscara de piña**

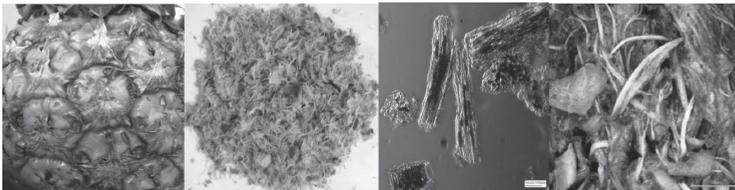
1. Subproductos aprovechables
2. Disponibilidad en México, nivel estatal y local
3. Es bivalente, es decir se maneja un aprovechamiento y un buen uso de los subproductos residuales de la piña a nivel ambiental.
4. Los pretratamientos de la cáscara de piña son de bajo costo.
- 5.- Baja densidad

### **Análisis microdimensional de la cáscara de piña**

1. La cáscara de piña contiene celulosa como carga para mejorar el rendimiento del composite.
2. Las partículas de la cascara molida presentan una textura con canales los cuales pueden integrarse mejor a la matriz polimérica.
3. Aprovechamiento de los polisacáridos de la pulpa adherida a la cáscara de la piña.
4. La piña por su acidez contiene ciertas propiedades antisépticas lo que puede ser aprovechado en la estabilidad del composite.

5. La piña al ser un fruto no climatérico permite su maduración por intercambio de gases a través de la cáscara, esto traducido a un panel como unidad puede ser aprovechado a nivel estructural como un panel bioclimático (*Ver Figura 4*).

### Óptica del diseño macro y microestructural (*Ananas comosus*)



Nivel de fruto	Nivel cáscara molida	Nivel de tejido	Nivel de configuración
Tamaño y forma	Fibra corta	Proporción y organización	Bio panel

**Figura 4.** Dimensionamiento de la cáscara de piña (de Macro a Micro) y su interacción con la matriz. Fuente propia, 2020.

Como menciona (Santiago, Galán Marín, and Roa Fernández n.d.), el composite fibroso, puede estar conformado por diversas formas:

- a. De forma unidireccional
- b. De manera aleatoria (fibras cortas)
- c. Con disposición ortogonal (mallas ortogonales)
- d. En varias capas alternadas

#### Plan de proyección y nivel de escalamiento

- 1.- Arquitectura de interiores
- 2.- Diseño automotriz
- 3.- Diseño de mobiliario
- 4.- Jardinería

#### Plan de diseño construccional

Los residuos vegetales (subproductos) pueden contener sustancias aprovechables de un alto valor en el desarrollo de co-productos (*Ver Figura 5*).

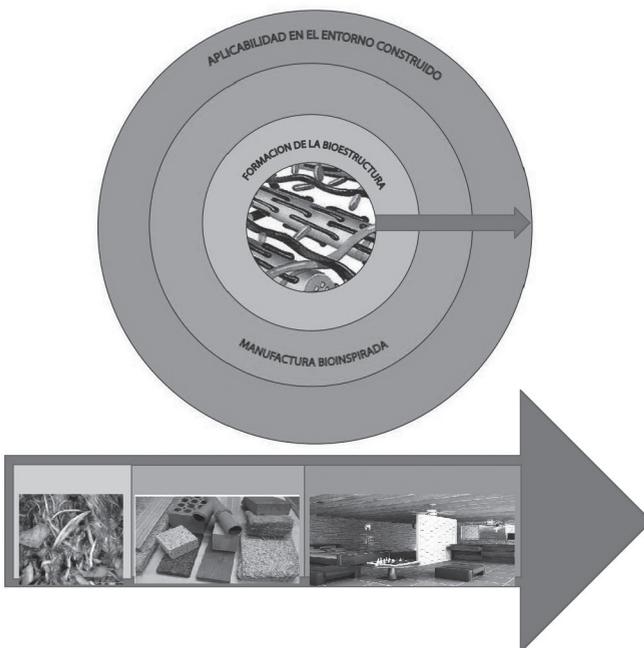
### El proceso de bioaprendizaje

En el desarrollo de materiales inspirados biológicamente deben de considerarse múltiples escalas desde nano, micros a macro y comprender el mecanismo del proceso de formación y la estructura biológica natural, controlar los procesos de fabricación y pretratamientos, comprender la conexión entre la estructura y la aplicación funcional (Wei *et al.* 2023).

Se han retomado modelos como el de las plantas que han evolucionado de tal manera que su contenido en fibra ha sido para enfrentar condiciones ambientales adversas, con la capacidad de generar gradientes de tejido, célula o pared celular (Islas, 2020).

El bioaprendizaje se constituye como una “práxis” y se sitúa en el centro del proceso como un eje rector y articulador hacia una observación del funcionamiento de la naturaleza a través de patrones y elementos visuales. El conocimiento del entorno natural proporciona herramientas para entender la relación del mundo natural con el mundo artificial (diseño) (Javier and Torrecilla n.d.).

La intervención del diseño que establece escalas o niveles en sistemas de producción requiere puntos específicos de crítica para alcanzar los niveles deseados de sustentabilidad basados en los pilares del entorno natural, es ahí donde se plantean las metáforas como parte inicial de las proyecciones artificiales.



**Figura 5.** Bioinspiración aplicada en el entorno construido a partir de las fibras vegetales.

## Conclusiones

La aproximación del subproducto residual (cáscara de piña) como caso de estudio, aplica en este sector, además, por otro lado, el aprovechamiento integral de la cáscara de piña, conlleva hacia la reincorporación de este tipo de metodologías en procesos de innovación ecoeficientes, de tal manera que los avances en la optimización y valorización del subproducto aplican en el aislamiento térmico como material alternativo en el entorno social, ambiental y económico.

La traducción de los procesos jerárquicos desempeña un papel fundamental para el conocimiento del mecanismo de diseño óptimo, esto representa una ruta de intersección de los campos de la Biotecnología, la Biología y el Diseño, lo que facilita la transferencia del conocimiento, de la morfología natural hacia la Arquitectura.

Es importante considerar que no todos los procesos aplican para el desarrollo de los composites ya que esto depende del tipo de material y el tipo de aplicación, por lo tanto, se deben el diseño de proceso (Vázquez *et al.* 2020)

Como menciona Giaccardi en (Fraile, 2019) el diseño se puede conceptualizar en tres dimensiones 1) diseño de proceso de diseño en sí mismo, 2) enfoque de diseño interdisciplinario y reflexivo, 3) integrando conceptos de creatividad y cocreación. Experimentar los materiales a través del campo de la evolución nos lleva hacia un proceso creativo del Diseño y la Arquitectura con roles con la Biología y la Biotecnología, si nos detenemos a través de una mirada panorámica observamos que existen muchas dimensiones en la naturaleza, es decir todo depende con que lupa las observemos, tal como menciona Jane Fulton Suri, el diseño bioinspirado es amplificar los lentes a través de los cuales los diseñadores ven el mundo (Ruano n.d.).

Mucho se ha hablado del aprendizaje bioinspirado y de entornos organicistas digitales, pero *¿qué hay de la adaptabilidad de este tipo de entornos con la biodiversidad?* Podríamos plantearnos la pregunta si los entornos antropizados son compatibles con la biodiversidad, cabría señalarse que el sistema siempre buscará un equilibrio como la naturaleza misma. En este ejercicio de percepción y toma de criterios se encuentran llaves que nos abren las puertas del conocimiento.

## Referencias bibliográficas

- Abdallah Y K, Estévez A Ty Afsar S (2023) Sistemas Bioaprendidos y Bioreceptivos de Materiales Biocompuestos en Arquitectura. En: Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación N°178. Coordinadores Estévez A T y Di Bella DV. Argentina: Instituto de Investigación en Diseño, Universidad de Palermo. DOI: 10.18682/cdc.vi178.8637.
- Vargas Corredor Alexandra, Pérez Perez Ibeth (2018) Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. En: Revista Facultad de Ciencias Básicas. Historia Del Artículo Resumen. 14(1):59–72. DOI: 10.18359/rfcb.xxxx.
- Arruda, A y Langella (2021) Prólogo, Biodiseño e innovación y Transdisciplinariedad. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación* (140). pp 23-33 ISSN 1668-0227.

- Estévez, A (2024) Del nacimiento de un nuevo lenguaje en arquitectura y diseño: entre la bioinspiración, el bioaprendizaje y lo digital. En: Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°220. Coordinadores Estévez A T y Di Bella DV. Argentina: Instituto de Investigación en Diseño, Universidad de Palermo. ISSN 1668-0227
- Fraille (2024) "Metadiseñadores. simbiosis de herramientas digitales e inteligencia artificial en el diseño arquitectónico". *Revista de comunicación y cultura* (10). doi: doi.org/10.32719/26312514.2024.10.3
- Rodríguez (2023) Estudio de materiales compuestos de fibras vegetales para el refuerzo de estructuras de bajo costo en Brasil. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Salas (2018) Implementación de tecnologías constructivas con fibras vegetales que sean sostenibles en contextos de precariedad. IV Congreso Internacional de Estudios de Desarrollo Córdoba 12-14 de diciembre de 2018.
- Saldaña (2022) Aprovechamiento de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Post cosecha*. ISSN: 1665-0204
- Vaishali (2019) Bio-Materials in Architecture. *International Journals of Research in Engineering, Science and Management* Vol. 2 (Issue 10) October 2019.
- Velazquez (2016) Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. En: *Informador técnico (Colombia)* (80) 1, 2016.
- Arellano-Vazquez D A, Luca Moreschi A, Del Borghi M, Gallo, Gustavo Islas Valverde, Miguel Mayorga Rojas, Lorena Romero-Salazar, and Juan Carlos Arteaga-Arcos. 2020. "Use of EPD System for Designing New Building Materials: The Case Study of a Bio-Based Thermal Insulation Panel from the Pineapple Industry by-Product." *Sustainability (Switzerland)* 12(17). doi: 10.3390/SU12176864.
- Islas, G. 2020. "USO Y APLICACIÓN DE LA SOROSIS DE (*Ananas Comosus*) COMO BIOCUESTO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN." *Tesis Doctoral, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO*
- Bourbia, S., H. Kazeoui, and R. Belarbi. 2023. "A Review on Recent Research on Bio-Based Building Materials and Their Applications." *Materials for Renewable and Sustainable Energy* 12(2):117-39.
- Cerdá, Emilio. n.d. *ECONOMÍA CIRCULAR, ESTRATEGIA Y COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL ECONOMÍA CIRCULAR*.
- Duarte Poblete, Sofía Soledad, and Rodrigo Nuñez García. 2020. "Materiales Biológicos." *Tableros* (11):e010. doi: 10.24215/25251589e010.
- Faruk, Omar, Andrzej K. Bledzki, Hans Peter Fink, and Mohini Sain. 2012. "Biocomposites Reinforced with Natural Fibers: 2000-2010." *Progress in Polymer Science* 37(11):1552-96.
- Giménez, Carlos G., Marta Mirás, and Julio Valentino. n.d. "Cuaderno 178 | Centro de Estudios En Diseño y Comunicación (2022/2023)." 147-68.
- Hassan, Elwathig A. M. 2012. *PLANT FIBERS REINFORCED POLY (LACTIC ACID) (PLA) AS A GREEN COMPOSITES: REVIEW*.
- Ismail, Doaa, and Ismail Attia. n.d. *Biomimicry In Eco-Sustainable Interior Design: Natural Ventilation Approach*. Vol. 5.

- Jaramillo, Haidee Yulady, Oscar Hernan Vasco-Echeverri, Luis Alfonso Moreno-Pacheco, and Ricardo Andrés García-León. 2023. "Biomaterials in Concrete for Engineering Applications: A Bibliometric Review." *Infrastructures* 8(11).
- Javier, Francisco, and Serón Torrecilla. n.d. "Cuaderno 178 | Centro de Estudios En Diseño y Comunicación (2022/2023)." 187–202.
- Khitab, Anwar, Waqas Anwar, Imran Mehmood, Muhammad Umer, and Arif Khan. 2016. *SUSTAINABLE CONSTRUCTION WITH ADVANCED BIOMATERIALS: AN OVERVIEW*.
- Königsberger, Markus, Markus Lukacevic, and Josef Füssl. 2023. "Multiscale Micromechanics Modeling of Plant Fibers: Upscaling of Stiffness and Elastic Limits from Cellulose Nanofibrils to Technical Fibers." *Materials and Structures/Materiaux et Constructions* 56(1). doi: 10.1617/s11527-022-02097-2.
- Nora Nakhli Emhandi Tutor Eduardo Jarvier Gómez Pioz, Estudiante, Aula Tfg, Eduardo Jarvier Gómez Pioz Adjunta, and Pilar Horna Almazán. 2021. *BIOARQUITECTURA Y FABRICACIÓN DIGITAL Ecología Material Según La Metodología de Neri Oxman*.
- Pizarro, Esther. 2024. "Ecomaterialidades Artísticas Interespecies Desde Un Enfoque Biocéntrico Biocéntrico." *Arte, Individuo y Sociedad* Avance en línea:1–17. doi: 10.5209/aris.94552.
- Predassi, Silvia. 2024. "Futuro Circular." *Proyectual-D* (1):e004. doi: 10.24215/30087473e004.
- Quirós, Manuel. 2020. "The Circular Nature of Materials: Emulating Nature." *RA Revista de Arquitectura* 22:203–6. doi: 10.15581/014.22.46-55.
- Roudavski, Stanislav. 2009. "Towards Morphogenesis in Architecture." *International Journal of Architectural Computing* 7(3):345–74. doi: 10.1260/147807709789621266.
- Ruano, David Sánchez. n.d. *E-ISSN En Trámite La Biomimesis: Más Que Una Herramienta de Inspiración Para El Diseño. Biomimesis: More than an Inspirational Tool for Design*.
- Santiago, M. Olivares, C. Galán Marín, and J. Roa Fernández. n.d. *LOS COMPOSITOS: CARACTERÍSTICAS y APLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN (COMPOSITOS: CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS IN BUILDING CONSTRUCTION)*.
- Thapliyal, Devyani, Sarojini Verma, Pramita Sen, Rahul Kumar, Amit Thakur, Anurag Kumar Tiwari, Dhananjay Singh, George D. Verros, and Raj Kumar Arya. 2023. "Natural Fibers Composites: Origin, Importance, Consumption Pattern, and Challenges †." *Journal of Composites Science* 7(12).
- Vázquez, D. A. Arellano, L. Moreschi, G. J. Islas Valverde, M. Gallo, A. Del Borghi, and J. C. Arteaga Arcos. 2020. "Evaluation of By-Products' Potentiality for the Reincorporation in New Building Materials." in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 544. Institute of Physics Publishing.
- Wei, Jingjiang, Fei Pan, Hang Ping, Kun Yang, Yanqing Wang, Qingyuan Wang, and Zhengyi Fu. 2023. "Bioinspired Additive Manufacturing of Hierarchical Materials: From Biostructures to Functions." *Research* 6. doi: 10.34133/research.0164.

---

**Abstract:** Nature has become an important source of inspiration for technological and process innovation through translation mechanisms based on various disciplines of knowledge, such as Biology, Biotechnology, Engineering, Design and others that have contributed their expertise in the process of knowledge generation. In an integrative way, the different fields enhance this practice, interpreting the processes and ways in which nature itself has solved problems in processes of natural selection that have lasted millions of years and that can be taken up again to be taken to scales of anthropic application in an intentional way. This ‘translation’ of knowledge and its transfer to the built environment considers the organisational level of the material components with a view towards process optimisation, with the aim of approaching the viability of sustainable materials in this sense, A sequential methodological analysis was carried out in which the importance of the order of pre-treatment of by-products of plant origin was visualised in order to achieve the requirements of design and applicability through the deployment and potentiation of the properties of its components that notably influence the form, its structure, the process and its function, which were concluded to represent a strategy for the development of new materials.

**Keywords:** Bioinspiration - Design - Biotechnology - Sequence - Process optimisation - Plant by-products - Building materials - Construction materials

**Resumo:** A natureza se tornou uma importante fonte de inspiração para a inovação tecnológica e de processos por meio de mecanismos de tradução baseados em várias disciplinas do conhecimento, como a biologia, a biotecnologia, a engenharia, o design e outras que contribuíram com sua experiência no processo de geração de conhecimento. De forma integrativa, os diferentes campos aprimoram essa prática, interpretando os processos e as formas como a própria natureza resolveu problemas em processos de seleção natural que duraram milhões de anos e que podem ser retomados para serem levados a escalas de aplicação antrópica de forma intencional. Essa “tradução” do conhecimento e sua transferência para o ambiente construído considera o nível organizacional dos componentes do material com vistas à otimização do processo, com o objetivo de abordar a viabilidade de materiais sustentáveis nesse sentido, Foi realizada uma análise metodológica sequencial na qual se visualizou a importância da ordem de pré-tratamento dos subprodutos de origem vegetal para atingir os requisitos de design e aplicabilidade por meio da implantação e potencialização das propriedades de seus componentes que influenciam notadamente a forma, sua estrutura, o processo e sua função, o que se concluiu representar uma estratégia para o desenvolvimento de novos materiais.

**Palavras-chave:** Bioinspiração - Design - Biotecnologia - Sequência - Otimização de processos - Subprodutos de plantas - Materiais de construção - Materiais de construção

---