

# Explorando la Ecología Material: materiales biobasados, taxonomías y procesado

Esther Pizarro Juanas <sup>(1)</sup>

---

**Resumen:** La ecología material se centra en el análisis de los flujos y ciclos de materiales en los ecosistemas, examinando cómo interactúan con los organismos y su entorno. En el ámbito creativo, esta disciplina investiga y desarrolla materiales biobasados mediante métodos de producción tanto digital como analógica, en un marco interdisciplinario que integra biología, ciencias de los materiales, ingeniería e informática. Esta convergencia ofrece un enorme potencial para impulsar la creatividad y el diseño.

Los biomateriales, también conocidos como materiales biobasados o *Do It Yourself (DIY) Materials*, son una innovación reciente derivada de la experimentación con tejidos biológicos, facilitada por los avances en biotecnología. La biomaterialidad implica el uso de materiales de origen biológico o inspirados en la naturaleza para el diseño y desarrollo de productos, tecnologías y sistemas basados en recursos animales o vegetales. Las técnicas de biofabricación se dividen en dos grandes categorías: materiales cultivados (*Growing Materials*) y materiales procesados manualmente (*Craft Materials*). La investigación en este campo está en auge, ofreciendo oportunidades casi ilimitadas debido a la diversidad de aditivos y enfoques disponibles. La biofabricación sigue una metodología cíclica que incluye las fases de desarrollo, modelado, implementación y compostaje, integrando los ciclos naturales en la producción de biomateriales.

Como estudio de caso, se presenta *BioLabMatrix*, una instalación artística concebida como una “materioteca” de tejidos biobasados que incorpora biomasa de cianobacterias (*Arthrospira Platensis*). En el arte contemporáneo, el uso de biomateriales no solo impulsa la innovación estética, sino que también fomenta un discurso profundo sobre la interconexión entre la creatividad humana y la naturaleza, ofreciendo soluciones a las diversas crisis ambientales dentro de un marco de sostenibilidad.

**Palabras clave:** Ecología Material - Biomateriales - DIY Materials - Materiales Biobasados - Espirulina - Biofabricación - Fabricación Digital - Bioarte - Biodiseño - Sostenibilidad

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 46-47]

---

<sup>(1)</sup> **Esther Pizarro Juanas** es Artista visual, Investigadora y Catedrática de la Universidad Europea de Madrid. Doctora en Bellas Artes, por la Universidad Complutense de Madrid, ha completado su formación con diversas becas destacadas, que incluyen la beca de la Fundación Pollock-Krasner en New York, la beca de la Academia de España en Roma, la beca del Colegio de España en París y la Beca de la Comisión Fulbright en Estados Unidos. Tie-

ne reconocidos cuatro sexenios de investigación por la ANECA. Dirige el grupo de investigación Ecosistemas Creativos y BioDiseño Lab (EcoBDLab), adscrito al Campus Creativo de la Universidad Europea de Madrid (UEM), institución en la que trabaja como docente desde el 2003. Pizarro Juanas está afiliada a la Escuela de Doctorado e Investigación (EDI) de la UEM como Investigadora Senior. Su trabajo artístico ha pivotado entre la obra personal, la instalación y el arte público. Sus proyectos recientes exploran la complejidad de la sociedad contemporánea, desde la intersección del arte, la ciencia y la tecnología, visualizando crisis medioambientales en la esfera del bioarte. Ha participado en más de doscientas exposiciones, obtenido quince ayudas y becas de producción e investigación artística, y recibido veinte premios, menciones y distinciones profesionales en el ámbito artístico. En su faceta de investigadora, es autora de treinta y seis publicaciones científicas y técnicas, ha realizado seis presentaciones en congresos, ha colaborado en dieciocho comités científicos y técnicos y ha pronunciado cincuenta conferencias en jornadas y cursos especializados.

## 1. Antecedentes y contextualización de la Ecología Material

La ecología material<sup>1</sup> se presenta como un concepto multifacético que integra la conciencia ambiental, las elecciones de materiales sostenibles y el análisis cultural, con el objetivo de promover un cambio global hacia prácticas de consumo y producción responsables. Este enfoque examina la relación entre los agentes humanos y no humanos, subrayando la importancia de establecer valores ambientales consensuados que trasciendan fronteras y fomenten una vida sostenible. En este contexto, la ecología de los materiales abarca el uso de recursos renovables, iniciativas de reciclaje y metodologías de fabricación ecológicas, buscando reducir la huella de carbono asociada a la producción de materiales convencionales. Asimismo, investiga los avances técnicos, incluyendo las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la cadena de bloques, en la creación de plataformas descentralizadas que faciliten la elección sostenible de materiales y la gestión de residuos a nivel global. Al entrelazar la ética ecológica, el análisis cultural y los avances tecnológicos, la ecología material busca redefinir las técnicas de fabricación y promover una coexistencia armoniosa con el planeta.

Este enfoque representa un cambio paradigmático en el pensamiento del diseño, enfatizando la interconexión entre los objetos producidos y sus entornos a través de materiales multifuncionales, técnicas de fabricación avanzadas y algoritmos computacionales. Al desafiar los paradigmas de diseño tradicionales, centrados en piezas estandarizadas y funciones predeterminadas, la ecología material aboga por una visión holística que considera la computación, la fabricación y el material como dimensiones inseparables. Este concepto se expande más allá del diseño, abarcando campos como la biología sintética, donde los materiales son vistos como agentes computacionales; y el diseño de nuevos sistemas de materiales, mediante programación genética. La especulación arquitectónica y artística también se nutre de estas ecologías, diseñando estructuras e instalaciones que se integran con los paisajes locales y que son capaces de adaptarse y regresar a la naturaleza

sin generar desperdicios, fusionando así la estética artístico-arquitectónica con principios ecológicos.

La ecología material representa un importante cambio de paradigma dentro de las humanidades ambientales, al hacer hincapié en las intrincadas relaciones entre materia, agencia y prácticas ecológicas. Este enfoque, esbozado por Iovino y Oppermann (2012), integra las ideas de los nuevos materialismos, desafía las nociones tradicionales de agencia y fomenta una perspectiva no antropocéntrica en la que las entidades no humanas se reconocen como participantes activos en las narrativas ecológicas. En contextos educativos, Boucher (2019) ilustra cómo las prácticas colaborativas con materiales pueden fomentar una ecología de la práctica, destacando la importancia de las respuestas específicas del contexto a los retos socioambientales. Ingold (2012) critica la desconexión entre los estudios de cultura material y la antropología ecológica, y aboga por una «ecología de los materiales» que reconozca los procesos dinámicos de la vida y las interacciones materiales. Además, Collier y Alles (2010) hacen hincapié en las implicaciones industriales de la ecología material y abogan por prácticas sostenibles que den prioridad al ciclo de vida de los materiales y a su potencial de reciclaje. Todas estas perspectivas subrayan el potencial transformador de la ecología de los materiales para remodelar nuestra comprensión de las interacciones medioambientales y la sostenibilidad.

Adicionalmente, la ecología material se centra en el estudio de los flujos y ciclos de materiales en los ecosistemas y en cómo los materiales interactúan con los organismos y el medioambiente. Busca comprender cómo los materiales circulan y se acumulan en los ecosistemas y cómo estas dinámicas afectan la estructura y función de los sistemas naturales. En el ámbito creativo, la ecología material se define como el estudio y diseño de productos y procesos que integran la conciencia medioambiental, la generación de formas computacionales y la fabricación digital. Este campo opera en la intersección de la biología, la ciencia e ingeniería de los materiales y la informática, enfatizando el diseño y la fabricación digital respetuosos con el medioambiente (Oxman, 2013).

Dentro de este contexto, la figura de Neri Oxman, arquitecta y diseñadora del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), destaca como pionera en el campo del diseño computacional y la biología sintética aplicada al diseño. Fundadora del Laboratorio *Mediated Matter*, ha impulsado investigaciones innovadoras que exploran la intersección de diseño, ciencia y tecnología, resaltando el uso de materiales biológicos en contextos ecológicos y sostenibles. El uso de materiales biológicos y su aplicación a un diseño bioinspirado en un contexto ecológico y sostenible la han situado como referente en este tema. A través de su enfoque, Oxman plantea que la Revolución Industrial y la posterior Revolución Digital han creado una desconexión entre la forma y la materia, lo que ha llevado a un renacimiento del proyecto formalista y a la necesidad de una nueva materialidad que integre prácticas artísticas con un compromiso ambiental. El lienzo digital ha ampliado aún más la brecha entre forma y materia. El diseño computacional ha motivado el renacimiento del proyecto formalista basado en geometrías complejas y generación infinita de formas. En este contexto de fracasos ecológicos del diseño moderno, están emergiendo voces que abogan por una nueva materialidad. Ejemplos de creciente interés del potencial tecnológico del uso de materiales innovadores son los avances y la experimentación que se están produciendo en biomateriales, materiales mediadores y sensibles y materiales compuestos.

Esta nueva materialización, donde las fronteras de los materiales y la fabricación digital se juntan, favorece la aparición de nuevas prácticas artísticas donde el interés por el medio ambiente actúa como punto de inflexión. En este pliegue matérico-conceptual es donde situamos nuestra investigación.

La ecología material es un campo emergente del diseño que denota relaciones informadas entre productos, edificios, sistemas y su entorno. Definido como el estudio y el diseño de productos y procesos que integran la generación computacional de formas y la fabricación digital respetuosas con el medio ambiente, este campo opera en la intersección de la biología, la ciencia e ingeniería de materiales y la informática, con énfasis en el diseño y la fabricación digital respetuosos con el medio ambiente (Oxman, 2013, s.p.).

De lo expuesto anteriormente, podríamos afirmar que la ecología material emerge como un campo que, de manera interdisciplinar, no solo estudia los flujos y ciclos de materiales en los ecosistemas, sino que también propone una transformación en la concepción de la fabricación y su aplicación en el arte y el diseño. Su enfoque holístico busca integrar el entorno construido, el natural y el biológico, promoviendo un nuevo paradigma en el que el arte y el diseño se conviertan en partes integrales y armonizadas de nuestra ecología global. Este nuevo pliegue matérico-conceptual abre la puerta a la utilización de una amplia gama de materiales, donde los procesos naturales y las interacciones biológicas juegan un papel fundamental, creando un espacio dinámico de exploración y co-evolución entre arte, ciencia, naturaleza y tecnología. Este enfoque no solo desafía las nociones tradicionales de producción, sino que también invita a los creadores a repensar su relación con los recursos y el impacto de sus obras en el medio ambiente.

## **2. Una Nueva materialidad: Biomateriales, Materiales biobasados, *Do It Yourself (DIY) Materials***

El campo del diseño de materiales se caracteriza por su constante evolución, observable a lo largo de la historia en el desarrollo y uso de materiales que hacen posible el ejercicio del diseño. La materialización actúa como un puente entre lo concebible y lo realizable, entre las ideas y la tecnología, generando intersecciones entre el desarrollo del pensamiento basado en modelos mentales, estructuras culturales y formas de conocimiento, y el progreso técnico, centrado en la disponibilidad de materiales y las técnicas de transformación y producción (Manzini, 1993). Desde los primeros artefactos fabricados a partir de recursos naturales como la madera, hasta las formas contemporáneas que emplean materiales de vanguardia y tecnologías innovadoras en los medios de producción, el dominio de los materiales ha sido un área de constante investigación académica.

En el discurso contemporáneo, los llamados materiales novedosos han ganado relevancia. Según Pelta (2010), estos materiales generan un entorno técnico-cultural nuevo que transforma la materia. Este fenómeno es clave en los procesos específicos de diseño, ya que

las configuraciones de los artefactos evolucionan en paralelo, estableciendo una relación recíproca entre el diseño y los materiales utilizados. Como resultado, el interés en este campo de investigación ha crecido notablemente, y los materiales DIY (*Do It Yourself*) han surgido como producto de exploraciones que trascienden los parámetros técnicos convencionales de los materiales tradicionales. De este modo, se descubren nuevos atributos que, a través de expresiones, sensaciones, emociones y significados, ofrecen oportunidades alternativas en la síntesis de materiales mediante el diseño (Ascuntar-Rivera *et al.*, 2020). En este artículo, se adopta la definición de Rognoli para los materiales DIY, descritos como “materiales creados mediante prácticas de autoproducción individuales o colectivas, a menudo a través de técnicas y procesos inventados por el propio diseñador. Pueden ser materiales completamente nuevos o versiones modificadas o perfeccionadas de materiales existentes” (Rognoli *et al.*, 2015). La democratización de las tecnologías de fabricación, junto con la creciente tendencia a la personalización de productos, presenta una gran oportunidad para explorar metodologías de producción avanzadas, distribuidas y colaborativas que permitan la fabricación automatizada de materiales y productos. Como señaló Gershenfeld (2012), “piense globalmente, fabrique localmente”. La autoproducción implica una metodología que regula los procesos de producción mediante la experimentación y la creatividad: desde la creación de un material en un entorno de laboratorio hasta su transformación en un producto terminado en el mismo espacio. Este paradigma obliga al diseñador a considerar casi cualquier recurso como un candidato viable para la autoproducción.

Los materiales DIY se refieren a los recursos que las personas o diseñadores formulan o modifican para su uso personal, a menudo con un énfasis significativo en la sostenibilidad y la expresión individual. Este concepto abarca una amplia gama de aplicaciones, desde la producción de alimentos hasta el diseño y la gestión de residuos. La aparición de los materiales DIY en el ámbito del diseño subraya una transición hacia la autoproducción, donde los diseñadores adoptan prácticas experimentales con materiales, como bioplásticos derivados de cáscaras de plátano, para crear artefactos distintivos y sostenibles (Ayala-García, 2019). Esta metodología no solo promueve la innovación, sino que también cultiva una conexión más profunda entre los usuarios y sus creaciones, fomentando así una economía circular y sostenible (Charlotte *et al.*, 2020).

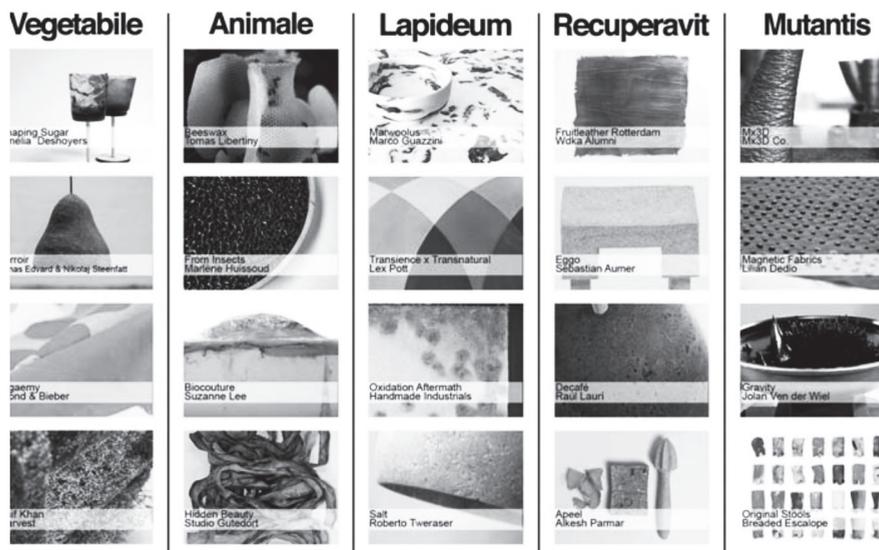
Un estudio realizado por Ascuntar-Rivera (2019) evidencia que los principales campos académicos que contribuyen a la investigación y el avance de los materiales son el diseño industrial, la ingeniería de diseño y la ingeniería de materiales, tanto en contextos profesionales como en estudios de posgrado. Junto con el diseño de materiales DIY, surge el concepto de *Material Driven Design (MDD)* (Karana *et al.*, 2015), que se concibe como un proceso de creación de materiales impulsado por el diseño y la exploración sensorial, donde las materias primas se valoran por sus cualidades expresivas, las emociones que evocan y las posibilidades creativas que facilitan. Generalmente, la metodología colaborativa asociada a la producción de estas nuevas materialidades se desarrolla principalmente en comunidades académicas y de investigación. En este proceso, el diseñador participa activamente en la selección de los materiales para dar forma a un producto específico, con un enfoque que analiza las respuestas emocionales, las provocaciones y el impacto resultante en el usuario. Este estudio también revela que el diseño de materiales DIY encarna

los principios pragmáticos de la Bauhaus, que promueve la comprensión, creatividad y desarrollo de materiales basados en el conocimiento experiencial. Además, este enfoque se alinea con el fenómeno conocido como *Material Tinkering* (Parisi *et al.*, 2017), una práctica contemporánea que enfatiza la exploración sensorial de los materiales, aprovechando tanto la creatividad del diseñador como el aprendizaje experiencial a través de la participación activa. En la misma línea, los resultados muestran el alto potencial de la investigación en materiales DIY para abordar una amplia variedad de temas y producir respuestas que atiendan las demandas sociales, culturales y ambientales actuales (Ascuntar-Rivera *et al.*, 2020: 12).

Los materiales DIY suelen originarse a partir de la transformación de recursos no convencionales, tales como vegetales cultivados, componentes animales, minerales básicos, residuos reutilizados o la modificación de un material estándar mediante medios tecnológicos. Ayala-García (2019) propone una clasificación de estos materiales en reinos (*Ver Figura 1*). Este marco de categorización se inspira en la clasificación biológica pionera del siglo XVII, establecida por el eminente botánico, zoólogo y médico sueco Carolus Linnaeus en su obra seminal *Systema Naturae* (Linnaeus, 1758). De manera similar a la taxonomía linneana, los reinos de los materiales DIY se refieren principalmente a las fuentes o ingredientes que posibilitan la fabricación de un material específico. Los cinco reinos propuestos son:

- *Reino Vegetabile* (Vegetal), que incluye materiales DIY cuya fuente primaria proviene de plantas y hongos.
- *Reino Animale* (Animal), que abarca fuentes derivadas de animales y organismos bacterianos.
- *Reino Lapideum* (Mineral), que comprende materiales DIY procedentes de minerales, como piedras, arena, cerámica, arcilla, entre otros.
- *Reino Recuperavit* (Reciclaje), que incorpora los recursos que la sociedad considera residuos, pero que pueden ser transformados en materiales valiosos.
- *Reino Mutantis*, formado por materiales DIY desarrollados a partir de mezclas tecnológicas e híbridas, que incluyen fuentes industriales, interactivas o inteligentes (Ayala-García y Rognoli, 2019: 213).

Esta clasificación permite mapear los atributos y cualidades de cada reino en función de la experiencia estética que producen, su tactilidad y sus características plásticas.



**Figura 1.** Categorización de los materiales DIY en Reinos, según la propuesta de Ayala-García *et al.*, 2019 (Fuente: Ayala-Barcia y Rognoli en Rampino, L. y Mariana, I. *Advancements in Design Research*. Milano: Franco Angeli, ISBN 9788891786197, p. 213).

Es innegable que los materiales DIY suponen un terreno fértil para la experimentación e investigación dentro del ámbito creativo de las artes y las humanidades. Por ello, el presente artículo tiene como objetivo establecer un marco conceptual que permita comprender qué son los materiales DIY, cómo se pueden categorizar, cuáles son sus principales clasificaciones y qué procesos de fabricación facilitan su experimentación.

### 3. Características, taxonomía, clasificación y tipologías de materiales biobasados o materiales DIY

En el contexto contemporáneo, la investigación de materiales de base biológica ha adquirido una relevancia significativa, especialmente en épocas marcadas por crisis y emergencias relacionadas con la sostenibilidad. Como disciplina científica, los biomateriales tienen una historia relativamente reciente, de menos de cincuenta años, y su desarrollo está intrínsecamente vinculado a la experimentación con tejidos biológicos destinados a aplicaciones médicas, ya sea con fines terapéuticos o diagnósticos, facilitada por los avances en biotecnología (Williams, 2004).

Los materiales DIY, materiales biobasados o biomateriales están integrándose cada vez más en los campos del arte y el diseño, con especial impacto en la moda, donde ofrecen alternativas sostenibles a los materiales tradicionales. Entre sus características clave se encuentran su origen biológico (provenientes de recursos renovables como plantas, algas, hongos o residuos orgánicos), su compostabilidad (descomposición rápida mediante microorganismos en condiciones específicas de humedad y calor), su no toxicidad (al descomponerse, no liberan sustancias tóxicas, sino nutrientes para el suelo), y su sostenibilidad (no dependen de materias primas extraídas de la naturaleza). Además, tanto las materias primas utilizadas como los procesos de producción están alineados con los principios de la economía circular, donde los residuos se transforman en nuevos productos, y al finalizar su ciclo de vida, se convierten en materia fértil para generar nuevas materias primas.

El concepto de biomaterialidad se refiere al uso de materiales biológicos o inspirados en la naturaleza para el diseño y desarrollo de productos, tecnologías y sistemas. Los biomateriales se definen como sustancias originadas en recursos naturales o como aquellas que replican propiedades observadas en organismos vivos. Esta noción se sustenta en la idea de que la naturaleza, a lo largo de millones de años de evolución, ha generado soluciones eficientes y sostenibles, y que estas pueden ser aprovechadas para resolver desafíos humanos desde una perspectiva ecológicamente responsable.

Los biomateriales se definen como aquellas sustancias que son fabricadas a partir de derivados de organismos vivos o en colaboración con sistemas biológicos que abarcan elementos de la medicina, la biología, la química, la ciencia de los materiales y la ingeniería de tejidos (tisular) (Delgado, 2023: 36).

Este potencial de colaboración con la naturaleza ha captado la atención de numerosos artistas y diseñadores, quienes, a través de sus prácticas creativas y experimentales, han dado lugar a lo que se ha denominado la “revolución material” (Delgado, 2023). Este creciente interés la inclusión de formación sobre biomateriales en los currículos universitarios, en instituciones independientes<sup>2</sup>, en programas de postgrado<sup>3</sup> y en cursos especializados.

Al profundizar en la complejidad de los procesos de fabricación y en la capacidad de generar nuevas formas de expresión que favorezcan paradigmas más sostenibles en biología, arte, diseño y arquitectura (Myers y Antonelli, 2012), es posible categorizar las técnicas de biofabricación de materiales biobasados en dos grandes grupos: materiales procesados (*Craft Materials*) y materiales cultivados (*Growing Materials*) (Delgado, 2023).

### 3.1. Materiales procesados (*Craft Materials*)

Este grupo incluye los materiales obtenidos mediante prácticas manuales o procesadas, conocidos como *Craft Materials*, que implican la manipulación directa tanto en la creación del material como en su producción final. En este contexto, se trabaja con materiales o subproductos biológicos que se destacan por su sostenibilidad o su potencial de reciclaje, sustituyendo así a materiales más perjudiciales para el medio ambiente, como plásticos o

resinas, o aquellos que requieren un elevado consumo de energía o agua, como el cuero, hilados y textiles.

Dentro de esta categoría, los principales componentes de un material DIY (*Craft Material*) incluyen:

1. Soluto: actúa como diluyente, generalmente agua.
2. Gelificante: funciona como aglutinante. Dependiendo de su origen, se obtiene un bio-material u otro, como gelatina, *agar-agar*, almidón o gomas vegetales.
3. Plastificante: aporta flexibilidad al material, siendo la glicerina el plastificante más común.
4. Conservante: actúa como bactericida o fungicida, como el ácido cítrico, el vinagre o el clavo de olor.
5. Cargas: aportan características expresivas al material, como textura, volumen, grosor, apariencia y color. Las cargas pueden provenir de los cinco reinos mencionados anteriormente, ya sea de origen vegetal (café, cáscaras, semillas), animal (pelo, piel), mineral (arcilla, piedra), residual (desechos, pelusa) o *mutantis* (materiales modificados tecnológicamente).

Dentro de la taxonomía de materiales manuales o procesados, se pueden identificar varias categorías principales, entre ellas: bioplásticos, biorresinas, *biocomposites*, bioespumas, biocueros y biohilos.

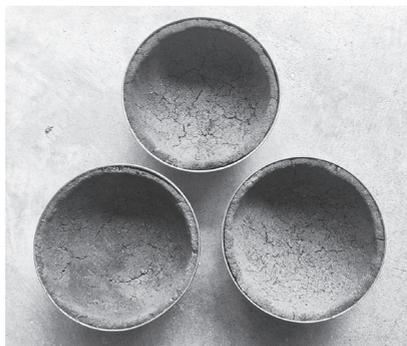
Los bioplásticos son materiales poliméricos, derivados de fuentes naturales y renovables, que han despertado interés en el diseño debido a sus propiedades únicas y su potencial de biodegradación, para sustituir plásticos convencionales en diversas aplicaciones (*Ver Figura 2*). Pueden ser de origen animal, como la gelatina, o de origen vegetal, como el *agar-agar*. La gelatina es una proteína obtenida a partir de la hidrólisis parcial del colágeno presente en piel, huesos y tejidos conectivos de animales. Los bioplásticos de gelatina se fabrican mezclando gelatina con plastificantes, como la glicerina, y agua, lo que permite formar una película flexible al secarse. Estos bioplásticos son biodegradables, flexibles y transparentes, con una contracción del 10% durante el secado. Por otro lado, el *agar-agar*, un polisacárido extraído de algas rojas, también se utiliza para crear bioplásticos. Comparte propiedades similares con la gelatina, pero su contracción durante el secado es mayor (aproximadamente un 20%, dependiendo del grosor).



**Figura 2.**  
Experimentación  
con bioplásticos de  
*agar-agar* (superior)  
y gelatina (inferior)  
(Fuente: Elaboración  
propia. ©Fotografía:  
Esther Pizarro Juanas).

Las biorresinas son materiales poliméricos obtenidos parcial o totalmente de recursos biológicos, como plantas, algas o residuos orgánicos. A diferencia de las resinas tradicionales derivadas del petróleo, las biorresinas ofrecen una alternativa más sostenible y ecológica, lo que las hace especialmente atractivas para aplicaciones en diseño. Estas resinas pueden utilizarse solas o como matriz en la fabricación de otros materiales. Entre sus características destaca su carácter biodegradable y compostable, al estar producidas a partir de recursos renovables, como el maíz, la soja, o la caña de azúcar. Pueden ser procesadas mediante técnicas convencionales como moldeo por inyección, extrusión, laminación y termoformado, lo que facilita su integración en procesos de fabricación ya existentes. Las biorresinas pueden exhibir propiedades mecánicas comparables a las resinas sintéticas, incluyendo alta resistencia a la tracción, dureza, y durabilidad. Muchas biorresinas, especialmente aquellas derivadas de aceites vegetales, son hidrofóbicas y muestran buena resistencia al agua y a agentes químicos. Las biorresinas pueden ser coloreadas, texturizadas, y moldeadas en formas complejas, ofreciendo amplias posibilidades de personalización en el diseño de productos.

Por su parte, los *biocomposites* (o biocompuestos) son materiales compuestos, formados por una matriz polimérica combinada con un refuerzo de origen natural, como fibras vegetales o partículas orgánicas (Ver Figura 3). La matriz puede ser tanto una resina sintética como una biorresina (un polímero derivado de fuentes renovables), mientras que los refuerzos suelen ser fibras naturales como el lino, cáñamo, bambú, sisal, o partículas como cáscaras de arroz, celulosa, o lignina. Poseen características similares a las biorresinas.



**Figura 3.**  
Experimentación  
con *biocomposites* de  
restos de café (Fuente:  
Elaboración propia.  
©Fotografía: Esther  
Pizarro Juanas).

Otro grupo está constituido por la bioespuma, un tipo de espuma polimérica que se fabrica utilizando materiales de origen biológico, como polímeros naturales (gelatina, *agar-agar*, maicena) y cuenta con la aplicación de jabón neutro en su formulación (Ver Figura 4). Su característica más destacable es su ligereza y baja densidad, lo que la hace especialmente útil en aplicaciones donde el peso sea un factor clave, como el embalaje o el mobiliario.

También poseen buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico, comparables a las espumas de poliuretano y poliestireno. Aunque son ligeras, las bioespumas pueden ofrecer una resistencia mecánica adecuada. Las bioespumas pueden ser procesadas mediante métodos convencionales, como el moldeo por inyección, extrusión, y espumado en molde.



**Figura 4.** Experimentación con bioespuma de gelatina y carga de anemocoria (izquierda) y bioespuma de agar-agar (derecha) (Fuente: Elaboración propia. ©Fotografía: Esther Pizarro Juanas).

Biocuero es un término que abarca una variedad de materiales que imitan las propiedades del cuero animal, pero que son producidos a partir de fuentes vegetales, residuos agrícolas, o por procesos biotecnológicos. Estos materiales se desarrollan como alternativas más sostenibles y éticas al cuero tradicional, con el objetivo de reducir el impacto ambiental asociado con la ganadería y la curtiduría. Se fabrica a partir de materias primas renovables como restos de piña, plátano, mango, uvas, etc. (Ver Figura 5). Esto reduce la dependencia de la cría de animales y minimiza el impacto ambiental de la producción de cuero convencional. Su producción no involucra productos químicos. Muchos tipos de biocuero son biodegradables al final de su vida útil. Ofrece propiedades mecánicas similares al cuero animal, como flexibilidad, resistencia al desgarro, y durabilidad.



**Figura 5.** Experimentación con biocuero de mango y carga de anemocoria (izquierda) y biocuero de plátano (derecha) (Fuente: Elaboración propia. ©Fotografía: Esther Pizarro Juanas).

Los biohilos son hilos producidos a partir de materiales biológicos, como es el caso del alginato de sodio, y se utilizan en la creación de textiles y productos de diseño que priorizan la sostenibilidad y la biodegradabilidad. El alginato de sodio es un polisacárido natural extraído de las paredes celulares de las algas pardas (*Phaeophyceae*). Una de las propiedades más notables del alginato de sodio es su capacidad para gelificar en presencia de iones divalentes, como los iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Este proceso de gelificación es fundamental en la producción de biohilos, donde el alginato puede ser extruido en una solución de cloruro de calcio para formar hilos sólidos y flexibles. Los biohilos de alginato pueden variar en su resistencia y flexibilidad dependiendo de su método de fabricación y de la concentración de alginato utilizado. Estos hilos pueden ser reforzados o combinados con otros materiales para mejorar su durabilidad y aplicabilidad en textiles. Pueden ser procesados con las mismas técnicas de los hilos convencionales, tejido, ganchillo, tricotado o bordado. En la formación de biohilos se prepara la solución de alginato y se realiza la extrusión en una solución de cloruro de cálcico, que producen una gelificación instantánea del alginato, formando un hilo continuo que se puede recoger y secar (Ver Figura 6).



**Figura 6.**

Experimentación con biohilos de alginato de sodio, diferentes diámetros de extrusión (Fuente: Elaboración propia. ©Fotografía: Esther Pizarro Juanas).

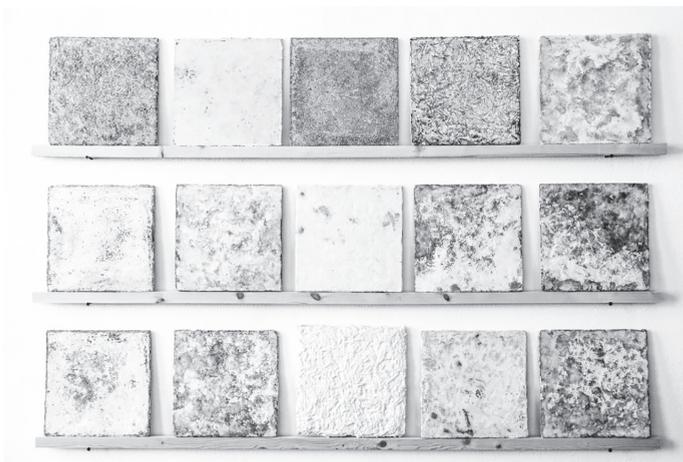
Todas las categorías descritas permiten modificar su color mediante pigmentos naturales, colorantes alimentarios, aceites u otros aditivos. Además, es posible incorporar cargas provenientes de residuos animales, vegetales, orgánicos o inorgánicos, generando una amplia gama de texturas, olores y densidades. Esta capacidad para intervenir y variar estos parámetros otorga a los materiales biobasados un potencial casi infinito para la investigación y la experimentación. Sin embargo, su principal desventaja radica en su alta sensibilidad a la humedad y al calor, lo que limita su aplicación en ambientes húmedos, a altas temperaturas o en situaciones que requieran durabilidad a largo plazo.

### 3.2. Materiales cultivados (*Growing Materials*)

Los materiales cultivados (*Growing Materials*) son aquellos en los que los diseñadores y artistas facilitan la proliferación de organismos vivos al establecer condiciones ambientales

externas, delinear umbrales de propiedad específicos y regular los procesos de crecimiento para generar materiales novedosos. Los sistemas vivos que se están investigando incluyen el micelio, la celulosa bacteriana, la manipulación del genoma mediante la biología aumentada en entornos de laboratorio y la deposición conjunta de organismos vivos junto con el desarrollo computacional.

El micelio es la parte vegetativa de los hongos, formada por una red de filamentos finos llamados hifas. Es una estructura fundamental en el ciclo de vida de los hongos, desempeñando un papel crucial en la descomposición de materia orgánica y en la simbiosis con plantas. Desde el punto de vista biotecnológico, el micelio ha ganado atención como un material sostenible y versátil, conocido como micomaterial, que puede ser utilizado en diversas aplicaciones industriales y ambientales (*Ver Figura 7*). Dentro de sus propiedades destaca su composición y estructura fibrosa y robusta, lo que le confiere propiedades mecánicas comparables a los polímeros sintéticos. Su matriz micelial puede ser manipulada para que adquiera la forma deseada y con una textura específica, lo que hace que sea un material muy interesante para diseñadores. Este micomaterial destaca también por su biodegradabilidad, al descomponerse naturalmente en el medioambiente. Es un material altamente sostenible, ya que requiere pocos recursos para su producción, se puede cultivar a partir de residuos agrícolas, lo que promueve la economía circular. Dependiendo del tipo de hongo, los micomateriales pueden tener una amplia gama de propiedades mecánicas, desde flexibles hasta rígidos. Sin duda, destaca su potencial en biofabricación, ya que puede ser modelado durante el proceso de crecimiento, lo que permite la creación de formas complejas sin necesidad de procesos adicionales de manufactura. Los materiales renovables a base de micelio pueden contribuir a la nueva economía, sustituyendo a los productos derivados del petróleo, como los plásticos. Estos productos biológicos podrían utilizarse, por ejemplo, como aislantes térmicos y acústicos y como envases (Appels *et al.*, 2019: 65).



**Figura 7.**  
Muestras de micelio  
(Fuente: <https://mogu>).

Otro material cultivado que está siendo ampliamente investigado por las posibilidades expresivas y matéricas que posee es la celulosa bacteriana. Se trata de un biopolímero natural producido por varias especies de bacterias, especialmente *Gluconacetobacter xylinus*. Este material ha despertado un interés significativo en los campos del diseño y la ingeniería debido a sus propiedades únicas que lo hacen adecuado como biomaterial en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo el diseño de productos, moda, arte y arquitectura sostenible. Entre sus características destacan su alta pureza y su estructura nanofibrilar que, a diferencia de la celulosa derivada de las plantas, la hacen extremadamente pura, sin presencia de lignina (Ver Figura 8). La celulosa bacteriana está formada por nanofibras de celulosa que se entrelazan en una estructura tridimensional, ordenada y multicapa, lo que le confiere una textura fibrosa que permite su manipulación en la creación de materiales transparentes, delgados y flexibles. Es un material altamente versátil, ya que puede ser modelado durante su crecimiento, lo que permite la creación de formas complejas y personalizadas. Puede ser teñida y combinada con otros materiales, permitiendo un alto grado de experimentación e investigación. La biocompatibilidad de la celulosa bacteriana la hace adecuada para aplicaciones que están en contacto con la piel. Además de ser un material biológicamente producido, es completamente biodegradable, lo que la convierte en una opción sostenible para un diseño responsable. A pesar de su ligereza y flexibilidad, la celulosa bacteriana posee una alta resistencia a la tracción y durabilidad. La estructura nanofibrilar de la celulosa bacteriana permite una alta capacidad de absorción de agua, lo que la hace útil en el diseño de productos que requieren regulación de humedad. La celulosa bacteriana puede ser integrada con otros biomateriales o aditivos para crear compuestos con propiedades mejoradas, como conductividad eléctrica o propiedades antimicrobianas. Esto abre nuevas posibilidades en el diseño interactivo, como textiles inteligentes y superficies responsivas. Su aplicación se está explorando en el ámbito de la moda y los textiles, en el diseño de productos, en instalaciones artísticas y en la arquitectura y diseño de interiores.



**Figura 8.**  
Experimentación con  
celulosa bacteriana,  
diferentes estadios  
de secado y grosores  
(Fuente: Elaboración  
propia. ©Fotografía:  
Esther Pizarro Juanas).

Los materiales cultivados, al ser organismos biológicos vivos, requieren protocolos de procesamiento más rigurosos que los materiales formulados, ya que es fundamental evitar su contaminación durante el crecimiento. Además, necesitan condiciones específicas de luz y temperatura para desarrollarse adecuadamente. En resumen, esta matriz de categorías, tipologías y componentes nos ofrece un vasto campo de experimentación, investigación y posibles combinaciones. La selección del material dependerá tanto del resultado que se desee obtener como de su aplicación en el contexto final.

#### **4. Biofabricación, procesamiento y tecnología de los materiales biobasados o materiales DIY**

La comunidad de diseño ha comenzado a implementar procesos de composición, fusión, promoción, alteración, experimentación y fabricación propia de materiales, en un marco que frecuentemente enfatiza los flujos de residuos locales. Los materiales DIY se generan a través de prácticas de fabricación propias, tanto individuales como colectivas, que a menudo emplean técnicas y procesos ideados por los diseñadores. Estos materiales son comúnmente considerados artefactos de baja tecnología, caracterizados por su calidad artesanal y una estética imperfecta. La metodología alternativa asociada a las prácticas de materiales DIY introduce una perspectiva innovadora sobre la interacción entre diseñadores, tecnologías, procesos y materiales. La llegada de los materiales DIY contribuye significativamente al desarrollo de propuestas novedosas que posibilitan experiencias nuevas y poco convencionales, así como alternativas sostenibles. La investigación y experimentación sistemática de materiales biobasados pueden facilitar la transición de nuestro paradigma industrial lineal hacia modelos circulares y, de manera optimista, hacia procesos más sostenibles.

El auge de la fabricación personal (digital o artesanal) crea un espacio potencial para el desarrollo de tecnologías de fabricación personalizada que podrían responder a una demanda de materiales a medida. En torno al concepto de materiales DIY podrían desarrollarse modelos empresariales y de negocio que podrían remodelar la relación entre materiales y productos: gracias al crecimiento de la fabricación digital, esta relación parece invertirse (Rognoli *et al.*, 2015: 701).

La experimentación, investigación y resultados en este campo están en constante crecimiento, con posibilidades casi infinitas debido a la vasta combinación de familias y materias de carga aplicables. El procesamiento de materiales biobasados se basa en una metodología cíclica que incluye el concepto de biofabricación, definido por los siguientes pasos: elaboración, modelado, aplicación y compostaje (Delgado, 2023: 36-37). La elaboración constituye el punto de partida en la producción del nuevo material, utilizando variantes de otros elementos biológicos (materias de carga) que sean biocompatibles, ofreciendo una respuesta adecuada al medio biológico en el que se emplean. Una vez obtenida la

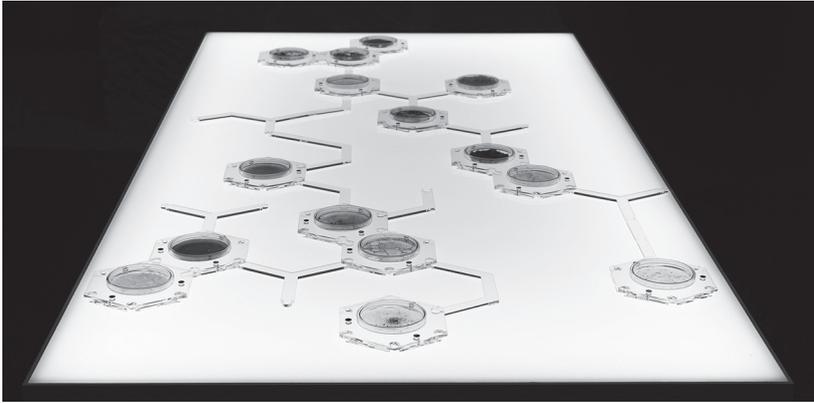
nueva materia homogénea –de acuerdo con fórmulas experimentales que permiten una enorme innovación en sus variantes– se manipulan las mezclas utilizando tecnologías de fabricación aditiva, vertido del material sobre moldes estándar o previamente diseñados mediante cortadoras láser o CNC, o a través de fresadores o cortadoras de hilo caliente. Tras el secado del material, se analizan los resultados obtenidos y se corrigen las propiedades que se deseen modificar (transparencia, flexibilidad, grosor, contracción, elasticidad, porosidad, texturación, etc.) hasta alcanzar el material deseado para su posterior aplicación. Esta metodología procesal implica una profunda investigación en el proceso, siendo incluso más importante que el resultado final. Como etapa final, se destaca el compostaje como el destino de todo producto biológico. Una vez que ha cumplido su propósito en la sociedad, debe ser capaz de reconvertirse en otra materia que pueda reutilizarse dentro del ciclo de elaboración de la biofabricación, fundamentado en la economía circular; o bien, debe degradarse fácilmente, actuando como un componente nutritivo o un filtro natural para el suelo o el agua.

A menudo es posible encontrar en Internet algunas recetas sobre cómo preparar y producir materiales de base natural. La creación de repositorios sobre material autoproducido es la primera prueba explícita de este proceso. En Open Materials ([www.openmaterials.org](http://www.openmaterials.org)), se presentan más de 100 materiales a través de un grupo de investigación dedicado a la investigación abierta y a la experimentación con métodos de producción DIY. La plataforma Wiki llamada Material Wiki Project ([www.materialproject.org](http://www.materialproject.org)) es también una plataforma de materiales que ofrece a profesionales y estudiantes de diseño la oportunidad de compartir sus investigaciones sobre materiales y encontrar oportunidades de colaboración (Rognoli *et al.*, 2015: 693).

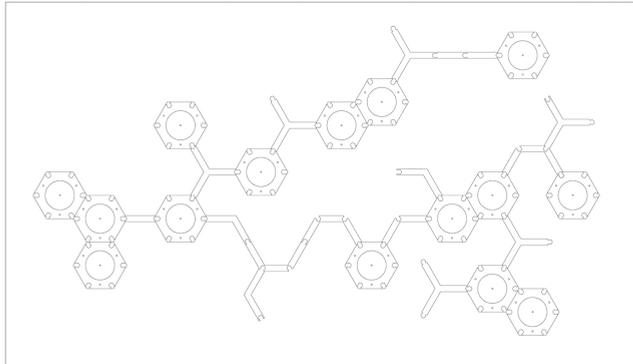
Existen numerosas publicaciones, plataformas y sitios web que comparten una gran variedad de formulaciones y recetas para innumerables biomateriales, contribuyendo así a la democratización de la fabricación de materiales biobasados. Por otro lado, los avances tecnológicos y el auge de los laboratorios de fabricación digital permiten una amplia gama de experimentación que, junto a procesos analógicos, posibilitan la fabricación de casi cualquier diseño que nos propongamos.

## 5. Caso de estudio: *Biolabmatrix*

Concebida como una instalación artística, *BioLabMatrix* (Ver Figuras 9 y 10) se presenta como una materioteca tridimensional. Su organización está determinada por una matriz hexagonal, en la que se modulan placas en forma de hexágono, cada una de las cuales contiene una placa Petri de vidrio. Esta disposición varía y se modifica en función de tres tipos distintos de conectores, lo que confiere al conjunto una gran flexibilidad formal.



9



10

**Figura 9.***BioLabMatrix*, 2023.

Instalación de Esther

Pizarro Juanas.

Biomateriales con biomasa

de espirulina, placas

Petri, acrílico, caja de luz.

200x100x20(h)cm (Fuente:

Cortesía de la autora.

©Fotografía: Javier Broto).

**Figura 10.**

Esquema distributivo de

*BioLabMatrix* (Fuente:

elaboración propia).

Su configuración final nos recuerda a una formulación química. Una celosía invisible que, como una mesa de juego activada por luz, nos acerca a la materialidad de los tejidos experimentados y protegidos en placas Petri de vidrio (*Ver Figura 11*). Un mosaico de conectores, enlaces y hexágonos que nos ayuda a reinterpretar fórmulas imposibles en nuestro bioexpositor (Pizarro Juanas, 2023: 105).