



María Mallo Zurdo

<https://orcid.org/0000-0003-3864-594X>

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM

(Madrid, España)

maria.mallo@upm.es

Hacia una transformación biomaterial: tensiones y contradicciones en la cocreación con hongos, bacterias y algas en el diseño regenerativo

Towards a Biomaterial Transformation: Tensions and contradictions in co-creation with fungi, bacteria and algae in regenerative design

Recibido: 04/07/2025

Aceptado: 07/04/2026

Cómo citar este artículo:

Mallo Zurdo, M. (2026) «Hacia una transformación biomaterial: tensiones y contradicciones en la cocreación con hongos, bacterias y algas en el diseño regenerativo». Inmaterial. Diseño, Arte y Sociedad, 11(21), pp 58-81

[DOI 10.46516/inmaterial.v11.294](https://doi.org/10.46516/inmaterial.v11.294)

Palabras clave:

biomateriales, cocreación multispecie, ecologías materiales, diseño regenerativo, agencia material.

Keywords:

Biomaterials, multispecies co-creation, material ecologies, regenerative design, material agency.

Resumen

Este artículo examina cómo las prácticas de cocreación con organismos vivos pueden contribuir a la construcción de presentes y futuros más regenerativos. La pregunta que guía el texto es: “¿Qué condiciones metodológicas, materiales y logísticas permiten (o impiden) un diseño con biomateriales alineado con ciclos ecológicos, y qué contradicciones emergen al trasladarlo a contextos profesionales e institucionales contemporáneos?”

La contribución se plantea como una reflexión crítica basada en una revisión narrativa de referentes internacionales y en el análisis de prototipos y casos desarrollados por este equipo de investigación, situados en el ámbito del diseño en sentido amplio. Para ello, se traza un recorrido desde algoritmos generativos inspirados en geometrías naturales hasta procesos de diseño que incorporan materiales vivos y arquitecturas adaptativas, asumiendo la imposibilidad de un control absoluto y la necesidad de reconocer la coagencialidad de hongos, bacterias y algas.

Los casos analizados permiten identificar tensiones recurrentes entre el ideal de circularidad y las condiciones reales de producción: uso inevitable de plásticos (moldes y embalajes), dependencia de transporte internacional y restricciones impuestas por circuitos culturales como bienales y exposiciones. Como aportes, el artículo propone (1) la trazabilidad material como herramienta crítica y pedagógica para evaluar decisiones y compromisos, (2) una aproximación al diseño que prioriza relaciones cuidadosas entre materiales, cuerpos y entornos y (3) criterios analíticos transferibles para integrar procesos materiales vivos en fases de prototipado, documentación y mediación pública. Finalmente, se señala la articulación entre investigación experimental, academia y práctica aplicada como una condición clave para sostener este tipo de prácticas en contextos reales.

Abstract

This article examines how practices of co-creation with living organisms can contribute to the construction of more regenerative presents and futures. The guiding question of the text is: what methodological, material and logistical conditions enable (or hinder) a biomaterial-based design aligned with ecological cycles, and what contradictions emerge when these practices are translated into contemporary professional and institutional contexts?

The contribution is articulated as a critical reflection based on a narrative review of international references and on the analysis of prototypes and case studies developed by this research team, situated within an expanded understanding of design. To this end, the article traces a trajectory from generative algorithms inspired by natural geometries to design processes that incorporate living materials and adaptive architectures, assuming the impossibility of absolute control and the need to acknowledge the co-agentiality of fungi, bacteria and algae.

The analysed cases reveal recurring tensions between the ideal of material circularity and real production conditions: the unavoidable use of plastics (moulds and packaging), reliance on international transportation, and constraints imposed by cultural circuits such as biennials and exhibitions. As contributions, the article proposes: (1) material traceability as a critical and pedagogical tool for evaluating decisions and commitments, (2) a design approach that prioritises careful relationships between materials, bodies, and environments and (3) transferable analytical criteria for integrating living material processes into phases of prototyping, documentation and public mediation. Finally, the article highlights the articulation between experimental research, academia and applied practice as a key condition for sustaining these approaches in real-world contexts.

1. Introducción. Habitar el problema: diseño, biomateriales y regeneración

Diseñar generando un impacto positivo en el entorno constituye uno de los principales desafíos del diseño contemporáneo. En este contexto, las prácticas de cocreación con organismos vivos se han posicionado como estrategias potencialmente regenerativas. Sin embargo, su desarrollo plantea interrogantes relevantes, especialmente en relación con la posibilidad de que estas prácticas, aun desde planteamientos críticos, puedan reproducir, de forma involuntaria, dinámicas propias del sistema productivo contemporáneo.

En un planeta donde la masa antropogénica supera la biomasa terrestre (Elhacham *et al.*, 2020), reciclar plástico resulta claramente insuficiente. El reto no se limita a sustituir materiales, sino a repensar los modos de producir, diseñar y habitar desde una conciencia material situada. En este contexto, la noción de «habitar el problema» (Haraway, 2019) propone abandonar las soluciones totalizantes y asumir la complejidad, las contradicciones y los límites como parte constitutiva de cualquier práctica ecológicamente responsable. Desde esta perspectiva, se plantea la necesidad de generar propuestas con materiales cuyos procesos de degradación sean coherentes con el uso y la temporalidad que cada diseño requiere.

Desde una perspectiva ecofeminista, estas tensiones han sido también señaladas en

relación con los límites biofísicos y la centralidad de los cuidados, subrayando que no toda transformación material es necesariamente regenerativa si no atiende a las condiciones de reproducción de la vida en sentido amplio (Herrero, 2021).

A partir de estas consideraciones, el artículo indaga en las condiciones metodológicas, materiales y logísticas que permiten (o impiden) un diseño con biomateriales alineado con ciclos ecológicos, prestando especial atención a las contradicciones que emergen cuando estas prácticas se insertan en contextos profesionales e institucionales, como bienales, exposiciones y encargos urbanos.

El manuscrito se plantea como una investigación basada en la práctica, combinada con una revisión narrativa y el análisis crítico de casos propios y referentes internacionales en el ámbito del diseño en sentido amplio. A partir de prototipos desarrollados entre 2013 y 2022, se analizan procesos de diseño que incorporan algoritmos generativos, biomateriales cocinados (entendidos como materiales biobasados producidos mediante la formulación, la transformación y la cocción de ingredientes biológicos en contextos experimentales) y materiales vivos, como micelio o celulosa bacteriana.

El aporte del artículo es doble. Por un lado, propone un conjunto de criterios analíticos transferibles para evaluar prácticas de diseño con biomateriales a partir de criterios como circularidad efectiva, dependencia de infraestructuras, temporalidades impuestas, ergonomía y coagenialidad material. Por otro lado, visibiliza cómo los fallos, desvíos e imprevistos, lejos de ser meros

problemas técnicos, pueden leerse como manifestaciones de una agencia material que entra en fricción con la imposición de formas, tiempos y lógicas heredadas del diseño moderno y colonial.

Desde esta perspectiva, el texto no busca ofrecer soluciones cerradas, sino contribuir críticamente al debate contemporáneo sobre diseño regenerativo, materialidades más-que-humanas y responsabilidad ética en contextos institucionales y productivos complejos.

2. Marco teórico: coagencialidad, ecologías materiales y diseño regenerativo

2.1. Simbiogénesis y agencia más-que-humana

A finales del siglo XX, Lynn Margulis (2002) situó a los microorganismos y a las alianzas simbióticas en el centro de los procesos evolutivos, cuestionando la primacía del individuo y la competencia como motores de la vida. La teoría de la simbiogénesis plantea que la cooperación entre organismos de distintos reinos constituye una condición estructural de los sistemas vivos, y no una excepción. Esta perspectiva resulta especialmente relevante para repensar las prácticas contemporáneas de diseño con biomateriales, al desplazar la autoría humana y abrir el proceso proyectual a formas de cocreación multiespecie.

Diseñar con hongos, bacterias o algas implica reconocer que la materia viva no es pasiva ni completamente controlable, sino que actúa, responde y transforma el proceso. Esta concepción de la materia como agente constituye un antecedente directo de los enfoques contemporáneos sobre la coagencialidad y la intraacción, donde los resultados no son preexistentes, sino que emergen de relaciones situadas entre humanos, materiales, organismos y contextos.

Esta comprensión relacional de la materia y de la agencia se alinea con aportes recientes del pensamiento posthumano que cuestionan la centralidad del sujeto humano y proponen marcos ontológicos basados en la interdependencia, la vulnerabilidad y la responsabilidad compartida entre entidades humanas y no humanas (Braidotti, 2022).

2.2. Habitar el problema y la ecología oscura

Desde el ámbito de los estudios feministas y posthumanistas, la noción de «habitar el problema» (Haraway, 2019) propone una forma de pensamiento que rehúye las soluciones totalizantes y asume la complejidad, la ambigüedad y las contradicciones como condiciones inevitables de la acción responsable. En lugar de buscar respuestas limpias o modelos universales de sostenibilidad, este enfoque invita a permanecer en la incomodidad, atendiendo a los límites materiales, políticos y éticos de cada decisión proyectual.

En esta línea, la ecología oscura (Morton, 2018) cuestiona las narrativas optimistas y transparentes de lo «verde», señalando que toda práctica ecológica está

atravesada por tensiones, dependencias y huellas inevitables. Desde esta perspectiva, los fallos, los desvíos y los fracasos no se entienden como errores por corregir, sino como manifestaciones de relaciones materiales complejas que resisten ser simplificadas. Este marco resulta especialmente pertinente para analizar prácticas de diseño con biomateriales desarrolladas en contextos institucionales y productivos reales, donde las aspiraciones regenerativas entran en fricción con restricciones logísticas, temporales y económicas.

2.3. Biomateriales contemporáneos: entre regeneración y mercado

En las últimas dos décadas, numerosos desarrollos en biomateriales han transitado desde prácticas experimentales y universitarias hasta aplicaciones industriales a gran escala. Empresas que cuentan con inversiones multimillonarias como Notpla (<https://www.notpla.com/>), Ecovative (<https://ecovative.com/>) o MycoWorks (<https://www.mycoworks.com/>) han logrado introducir en el mercado materiales biobasados que funcionan como alternativas a envases alimenticios de plástico, poliestireno expandido o cuero animal (respectivamente). De esta forma, demostraron la viabilidad técnica de estas propuestas en contextos industriales.

Sin embargo, la consolidación industrial de los biomateriales plantea nuevas tensiones. La necesidad de escalabilidad, estandarización y competitividad económica, en algunos casos, compromete la circularidad material y favorece prácticas de *greenwashing*. Materiales comercializados como «cueros alter-

nativos» elaborados a partir de cactus o residuos de la uva o la piña y presentados como «biodegradables» incorporan porcentajes significativos de polímeros sintéticos, que dificultan su degradación efectiva y desplazan el problema hacia otras fases del ciclo de vida.

Este contexto evidencia que la regeneración no depende únicamente de la naturaleza del material, sino del sistema completo en el que se produce, distribuye, utiliza y desecha. Analizar los biomateriales exige, por tanto, atender no solo a sus propiedades físicas o biológicas, sino también a sus condiciones de producción y circulación dentro de una ecología material compleja.

2.4. Ecologías materiales abiertas y conocimiento situado

Frente a los modelos industriales cerrados, en paralelo, han emergido redes abiertas de investigación y experimentación en biomateriales basadas en el intercambio de conocimientos, recetas y experiencias. Plataformas como Materiom (<https://www.materiom.org/>), encuentros latinoamericanos de biodiseño como Biopolimérica (<https://linktr.ee/biopolimerica/>), cursos independientes y *biolabs* universitarios configuran una ecología distribuida del saber material, donde el conocimiento se produce de forma situada, colaborativa y no extractiva. En esta línea, publicaciones recientes del grupo de investigación EcoBD Lab, vinculado a la Universidad Europea de Madrid, como la colección EcoMat (Pizarro, Trigo y Marcos, 2025), ofrecen aportes sistemáticos sobre la creación, la formulación y la documentación de

materiales biobasados, reforzando un enfoque situado, interdisciplinar y relacional en la producción de conocimiento material.

Estas prácticas ponen en cuestión la separación entre experticia técnica y práctica cotidiana, y reivindican procesos de aprendizaje basados en la experimentación, el error y el cuidado. En este contexto, las prácticas *do it yourself* (DIY) o *cook it yourself* (CIY) no se entienden como aproximaciones *amateurs*, sino como metodologías situadas de producción de conocimiento material, en las que cocinar biomateriales, documentar fallos o adaptar recetas a contextos locales constituye una forma legítima de investigación aplicada.

Este marco resulta fundamental para comprender las prácticas analizadas en el presente artículo, que se sitúan deliberadamente entre la investigación experimental, la práctica artística y el diseño aplicado, asumiendo la imposibilidad de una pureza material absoluta (Morton, 2018) y entendiendo la regeneración como un proceso gradual, situado y relacional.

3. Metodología. Diseñar a través de los materiales y cocrear con lo vivo

La investigación se inscribe en enfoques de diseño en los que el material no se concibe como un medio pasivo, sino como un agente activo del proceso. En este marco, el artículo se apoya fundamentalmente en el enfoque de *design through materials*, entendido como una metodología de investigación basada en la práctica, donde el diseño opera como una forma de producción de conocimiento (Karana, Pedgley y Rognoli, 2013; Giaccardi y Karana, 2015).

Desde esta perspectiva, los materiales no se utilizan únicamente para dar lugar a objetos finales, sino como herramientas para pensar, experimentar y cuestionar los propios procesos de diseño. Los errores, los fallos, las transformaciones inesperadas y las desviaciones respecto a los resultados previstos se documentan y analizan como parte del proceso de investigación, incorporándose como información relevante para la comprensión del comportamiento material y del desarrollo proyectual.

Este enfoque se amplía aquí hacia contextos de cocreación multiespecie, en los que los materiales incorporan organismos vivos o procesos biológicos activos. Diseñar a través de materiales vivos implica asumir la pérdida de control absoluto, reconocer la coagencialidad de entidades humanas y no humanas y aceptar que el proyecto emerge de una negociación continua

entre intencionalidad proyectual, capacidades materiales y condiciones ambientales. En este sentido, el diseño se entiende como un proceso relacional e intraactivo, más que como una secuencia lineal orientada a un resultado predeterminado.

Por otro lado, esta perspectiva se alinea con marcos contemporáneos de investigación en diseño orientado a materiales, como el *materials driven design* (Karana *et al.*, 2015), en cuyo contexto se sitúan aportaciones recientes que consolidan metodologías basadas en la exploración iterativa, la caracterización material y la transferencia de conocimiento desde la práctica. En este sentido, trabajos como el de Pizarro y Rego (2025) refuerzan el papel del material como agente activo en el proceso de diseño.

Metodológicamente, el artículo analiza cinco casos propios desarrollados entre 2013 y 2022, seleccionados por su diversidad material y por su capacidad para poner en relación aspiraciones regenerativas y condiciones reales de producción. Estos casos se ponen en diálogo con referentes internacionales relevantes con el objetivo de situar la práctica analizada en un marco más amplio de investigación y experimentación contemporánea en diseño con biomateriales.

Se asume como limitación el carácter situado de la práctica presentada. No obstante, el análisis aspira a ofrecer criterios y aprendizajes transferibles a otras investigaciones basadas en práctica, especialmente a aquellas que trabajan con biomateriales, procesos vivos y contextos institucionales complejos.

4. Casos de estudio y análisis crítico

Los casos que se presentan a continuación se analizan a partir de una matriz común de criterios: (1) circularidad material efectiva, (2) dependencia de moldes e infraestructuras, (3) logística y escalas de producción, (4) temporalidades impuestas frente a ritmos biológicos, (5) relación con el cuerpo y la ergonomía y (6) coagencialidad material e indeterminación. Estos criterios permiten leer los proyectos no como soluciones cerradas, sino como situaciones donde se ponen en relación distintos condicionantes materiales, técnicos y contextuales.

4.1. De la eficiencia formal a la agencia corporal

Los primeros prototipos analizados se sitúan en una etapa previa a la incorporación explícita de biomateriales, pero resultan relevantes como antecedente conceptual. En el primer caso, el diseño se apoya en algoritmos generativos inspirados en geometrías naturales, que desplazan la autoría desde la forma impuesta hacia procesos de generación formal (Mallo, 2015).

En este sentido, desde el ámbito matemático se ha demostrado que las estructuras irregulares pueden presentar mayores niveles de eficiencia en comparación con las geometrías ortogonales predominantes en la construcción convencional (Mallo, Vidal y Santamaría, 2014). A partir de estos principios, el equipo de investigación desarrolla un primer prototipo espacial en 2013 (Mallo, 2013), donde la

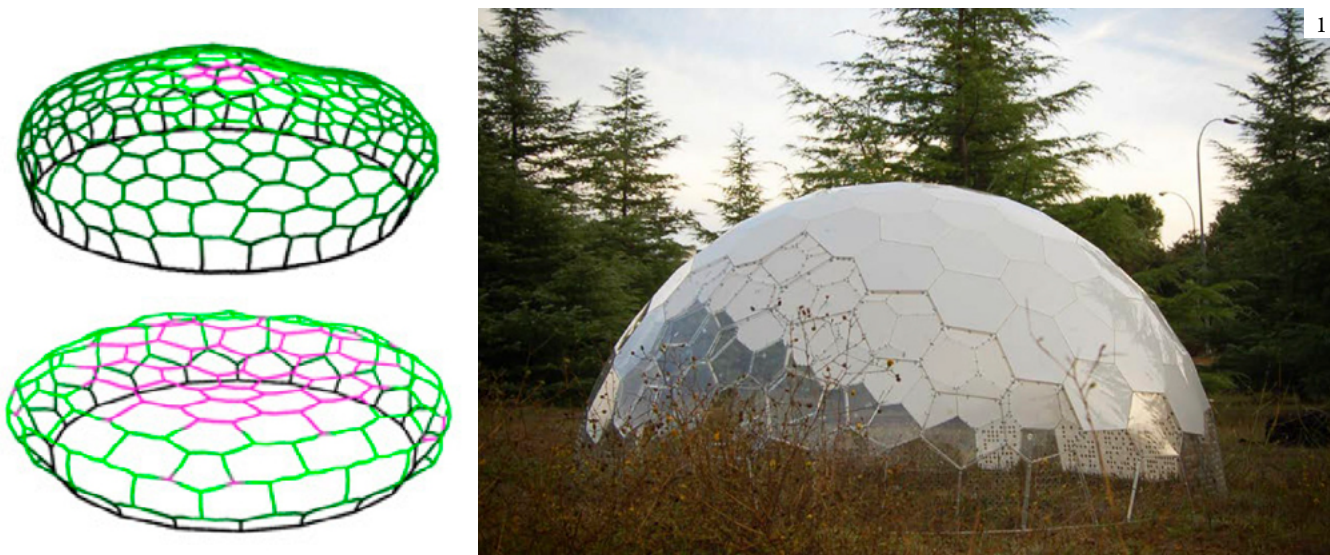


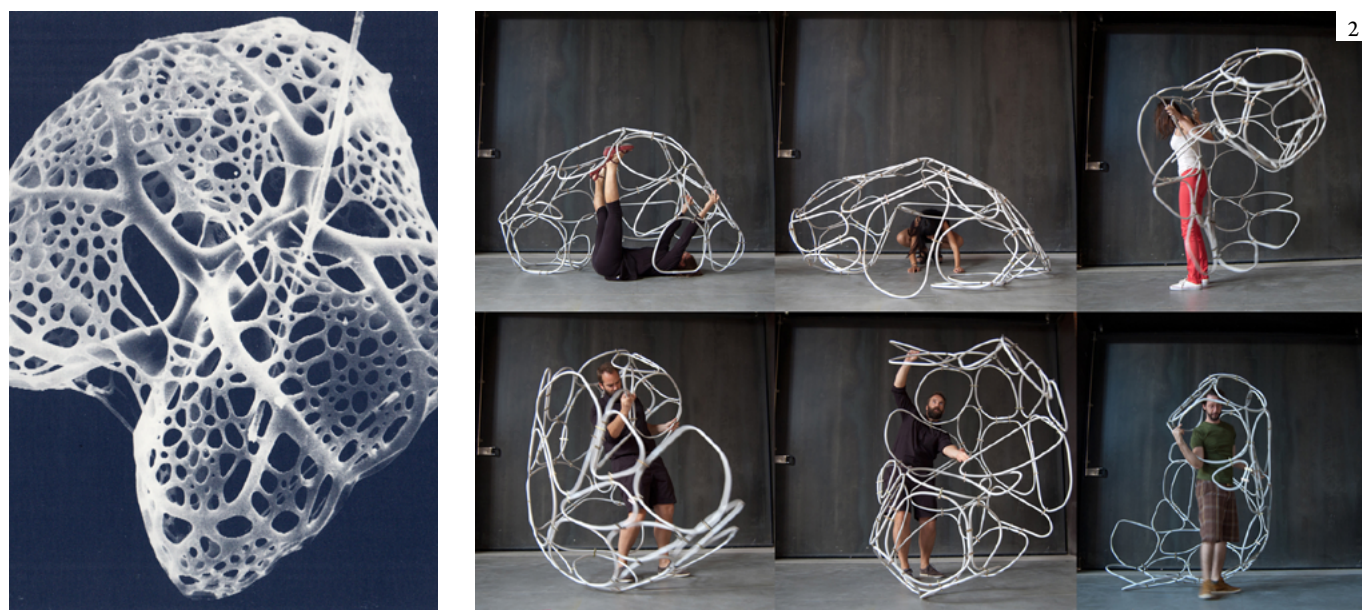
Figura 1 Derecha: *Teselaciones Irregulares Eficientes (TIE)*, María Mallo, Miguel Vidal y Javier Santamaría (2013). Izquierda: comparativa de comportamiento estructural entre TIE (arriba) y una cúpula geodésica (abajo), diagrama generado por Prajish Vinayak.

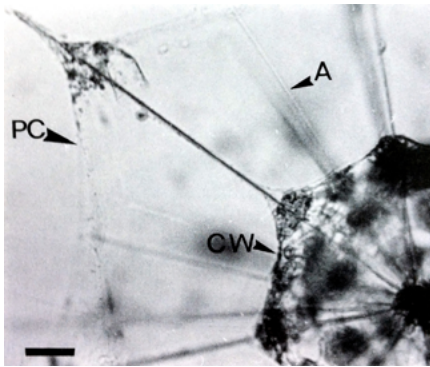
optimización formal y estructural se convierte en el eje central del proyecto (Figura 1).

En un segundo prototipo, desarrollado en 2014, se profundiza en la comprensión de que las formas en la naturaleza no son entidades estáticas, sino configuraciones en continua adaptación a su entorno. Inspirado en la noción de «arquitectura líquida» de Marcos Novak (1991) —una arquitectura cuya forma es contingente y dependiente de la interacción con sus habitantes—, el proyecto explora la posibilidad de trasladar estas lógicas desde el plano virtual hacia el ámbito material. El prototipo consiste en

un entramado de formas ameboides conectadas que se expanden, contraen y reorganizan en función de la manipulación corporal, estableciendo un estado de interdependencia dinámica entre espacio y cuerpo (Figura 2). Esta aproximación dialoga también con el concepto de espacio-cuerpo dinámico desarrollado por Jaime del Val en el marco del proyecto *Metabody*, donde arquitecturas flexibles e intraactivas promueven la exploración del movimiento y la emergencia de nuevas posibilidades perceptivas (<https://metabody.eu/>).

Figura 2 Izquierda: microfotografía de esqueleto radiolario realizada por Helmcke, *IL33 Radiolaria*, p. 119. Derecha: *Habitáculo Performativo*, María Mallo (2014).





Desde los criterios de análisis propuestos, estos dos prototipos muestran una evolución en la cesión de control proyectual: se pasa del cálculo generativo orientado a una eficiencia formal y estructural a una arquitectura adaptable donde el cuerpo participa activamente en la configuración espacial. Sin embargo, esta apertura a la indeterminación y a la coagencialidad —formal o corporal— permanece todavía desligada de una coherencia material regenerativa. Precisamente, esta tensión entre procesos dinámicos y materialidades aún no alineadas con los ciclos ecológicos marca la transición hacia los casos posteriores, donde se incorpora la dimensión biomaterial.

4.2. Entornos físicos vivos, transición biomaterial y ética del cuidado

Profundizando en la exploración de arquitecturas adaptativas, el tercer prototipo marca un giro decisivo hacia la generación de «entornos físicos vivos», donde las fronteras entre lo natural y lo artificial, lo físico y lo digital, se vuelven deliberadamente difusas. El proyecto se centra en el análisis de las membranas de los organismos vivos y da lugar a un hábitat cercano a lo fluido, conformado por una membrana flexible producida a partir de látex líquido, suspendida mediante un sistema de cuerdas y capaz de

albergar plantas en su interior. Los movimientos de esta membrana, provocados por los cuerpos que la habitan, se combinan con proyecciones dinámicas generadas mediante algoritmos, lo que produce una experiencia espacial cambiante y envolvente (Figura 3). La coexistencia de organismos naturales y artificiales, junto a esta variabilidad formal y sensorial, generan la percepción de habitar algo vivo.

Este tipo de configuraciones espaciales puede inscribirse en lo que algunos autores han descrito como «condiciones posnaturales», caracterizadas por la disolución de los límites tradicionales entre naturaleza y tecnología, y por la emergencia de nuevas formas de experiencia estética e interacción material (Parikka, 2015). En esta línea, la «estética híbrida» resultante de la fusión entre membranas bioinspiradas, tecnologías generativas y organismos vivos dialoga con la noción de «arquitectura biodigital» desarrollada por Alberto Estévez (Estévez, s. f.), que propone una integración radical entre sistemas biológicos y tecnologías digitales como vía para redefinir los modos contemporáneos de habitar y construir.

A partir de esta experiencia, se inicia una transición biomaterial consciente que implica tanto una investigación material situa-

Figura 3 Izquierda: membrana celular de un radiolario de la especie *Acantharia*, traccionada por las espículas. Derecha: *Protosphaera*, prototipo material dirigido por María Mallo dentro del grupo de investigación multidisciplinar Naturaleza Generativa, MediaLab Prado (2015).



Figura 4 De izquierda a derecha: *Caja de formas*, María Mallo (2018); *Cíclica*, María Mallo (2020); *Crisálida*, María Mallo (2020) y *Háptica*, María Mallo (2021). Fotografías 2 y 3 de Raquel Congosto.

da como un retorno a materiales naturales y técnicas ancestrales. En proyectos posteriores, los tubos de PVC son sustituidos por barras de madera; las conexiones metálicas, por nudos impresos en PLA biodegradable; y las estructuras rígidas, por entramados de ratán, médula y mimbre. Asimismo, los espacios comienzan a tejerse con fibras como lino, lana, rafia o papel (Figura 4). Estas decisiones no responden únicamente a criterios formales, sino a la voluntad de reducir la toxicidad, favorecer la biodegradación y asumir una mayor coherencia material con los discursos ecológicos planteados.

No obstante, esta transición pone de manifiesto nuevas contradicciones. No es lo mismo trabajar con ratán en Asia que hacerlo en Madrid; no es lo mismo utilizar materiales locales que depender de cadenas de suministro globales con una elevada huella de carbono asociada al transporte. Estas diferencias muestran la dependencia del diseño con biomateriales respecto a los contextos geográficos, culturales y económicos. En este sentido, el enfoque de «ecologías materiales» propuesto por Fallan y Halland (2023) subraya la necesidad de entender

los materiales no como objetos aislados, sino como procesos insertos en flujos históricos, culturales y ecológicos interconectados. Desde esta perspectiva, toda elección material conlleva una dimensión ética y ambiental que atraviesa la extracción, la transformación, el uso y la disposición final del material.

Por otro lado, la cuestión del cuidado se vuelve aún más explícita con el uso del látex líquido en un cuarto prototipo desarrollado en 2017. Tras lograr materializar un espacio continuo compuesto por suelo, paredes y techo de látex (Figura 5), se toma la decisión de no volver a emplear este material en proyectos posteriores. Aunque el látex es biodegradable y posee cualidades sensoriales especialmente adecuadas para generar arquitecturas envolventes, su procesamiento industrial requiere grandes cantidades de amoníaco, lo que convierte su manipulación en un proceso altamente tóxico. Este hecho desplaza la reflexión desde la materialidad en sí hacia una ética del cuidado de quienes producen estos espacios.

Los cuidados son importantes. Sin embargo, no lo son únicamente en el plano físico: cuidarse y cuidar resulta igualmente



esencial en los planos emocional y mental. En este contexto surge la pregunta: “¿Sería posible una arquitectura capaz de acoger los diferentes estados emocionales de quienes la habitan?”. Inspirándose en el comportamiento de las membranas de ciertos microorganismos, que se hinchan o se contraen en función de sus necesidades de flotación, el proyecto explora la posibilidad de generar arquitecturas que se expanden o se repliegan en relación con el estado corporal y emocional de quien habita. Siguiendo la noción de «intraacción» de Karen Barad (2007), estas arquitecturas se conciben como sistemas relacionales en los que cuerpos, materiales y entorno se coconstituyen en una reconfiguración continua.

Sin embargo, los sistemas de interacción propuestos (basados en sensores de presión y servo-

motores controlados mediante Arduino) no llegaron a funcionar ni en la primera instalación ni en una segunda iteración realizada en 2018. Actualmente, esta arquitectura permanece desmontada y almacenada, a la espera de una posible reactivación futura (Figura 6).

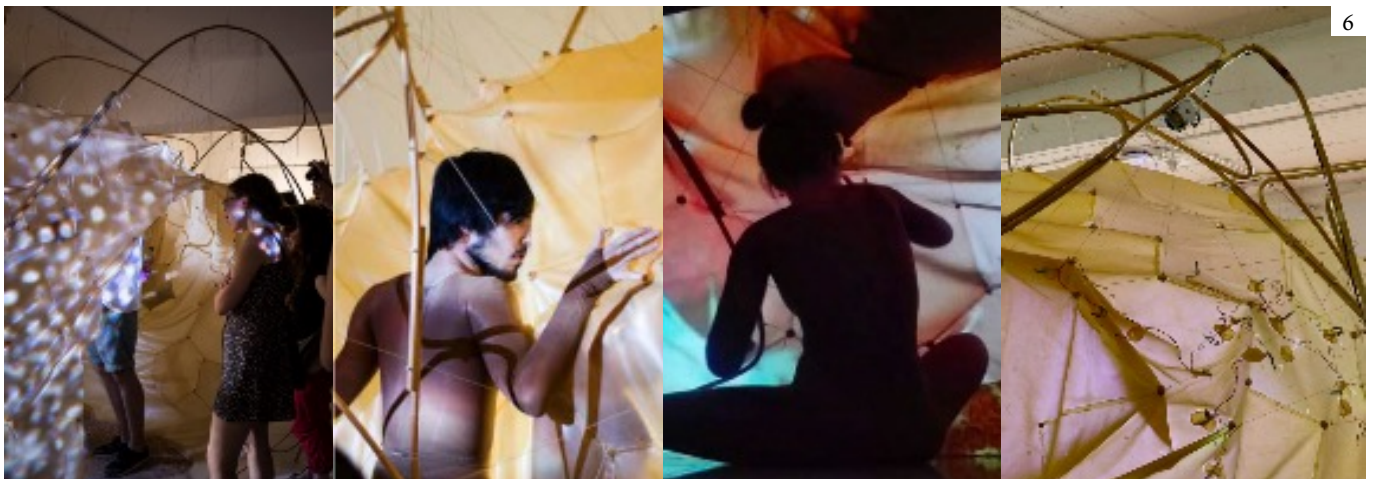
Desde los criterios de análisis aquí propuestos, este caso permite identificar límites materiales, tecnológicos y logísticos en el desarrollo de entornos «vivos».

4.3. Cocreación multiespecie y contradicciones institucionales

Si en los casos anteriores la investigación se centraba en la generación de entornos físicos que evocaban lo vivo mediante la fusión de lo natural y lo artificial, el foco se desplaza ahora hacia

Figura 5 Izquierda: proceso de elaboración de la membrana de látex, fotografía de Laura Casas. Derecha: interior de *Una Arquitectura para Ecosistemas Emocionales Diversos*, María Mallo (2017), fotografía de Pablo Wegmann.

Figura 6 *Una Arquitectura para Ecosistemas Emocionales Diversos*, María Mallo (2017-2018). De izquierda a derecha, créditos de las fotografías: Galerna, Galerna, Miriam Bue, Ricardo Santonja.



el trabajo directo con materiales vivos, incorporando organismos biológicos activos (micelio y celulosa bacteriana) como parte constitutiva del proceso de diseño.

En la naturaleza no existen residuos: aquello que un organismo desecha se convierte en recurso para otro, lo que da lugar a ciclos inherentemente circulares. Desde esta premisa, surge una pregunta central para el diseño con materiales vivos: “¿Podría concebirse una arquitectura alineada con los ciclos naturales, capaz de crecer, transformarse y degradarse de forma coherente con su uso y su contexto?”. Estas cuestiones orientan el desarrollo de un quinto prototipo, realizado entre finales de 2018 y el verano de 2019, que se concibe como un proceso en el que se cría hasta el diseño, desplazando la autoría desde el control formal hacia la selección y el acompañamiento de especies vivas.

Este enfoque dialoga con la noción de «arquitectura evolutiva» formulada por John Frazer (1995), que concibe la arquitectura como una forma de vida artificial sujeta a procesos de morfogénesis, replicación y selección, cuyo objetivo es alcanzar comportamientos simbióticos y equilibrios metabólicos análogos a los del entorno natural. En este marco, los algoritmos generativos no determinan una forma final, sino que plantean un campo de posibilidades que se negocia con las capacidades y los límites de los organismos implicados.

Las primeras probetas se realizan con micelio de seta de ostra cultivado sobre serrín. Sin formación previa específica y con información técnica limitada, los resultados no alcanzan la rigidez estructural esperada. Ante esta

situación, se decide incorporar un endoesqueleto de varilla de hierro y tablero de MDF, que funciona como encofrado perdido. Esta decisión supone una primera renuncia significativa: aceptar la pérdida de una arquitectura íntegramente cultivada para garantizar estabilidad y viabilidad constructiva.

La complejidad del proceso evidencia la necesidad de incorporar saberes expertos externos cuando se trabaja con materiales vivos. La colaboración con un micólogo profesional independiente resulta determinante para identificar la causa del fallo inicial: el micelio no puede metabolizar madera de especies resinosas, por lo que el serrín utilizado (de procedencia no controlada) probablemente contenía pino. Siguiendo esta indicación, se sustituye el sustrato por paja, una decisión que responde tanto a criterios de facilidad de cultivo como logísticos, ya que reduce el peso de las piezas y facilita su manipulación y transporte. El hecho de que la instalación deba trasladarse a otro país para su exhibición en una bienal introduce una nueva contradicción: aunque se trabaja con materiales cultivados y biodegradables, el proyecto genera una huella de carbono considerable asociada al transporte internacional. Esta paradoja es inherente a la lógica expositiva de muchas bienales, que rara vez producen las obras *in situ* y entran, así, en tensión con los principios de circularidad que estos proyectos buscan promover.

El proyecto suma, además, otras contradicciones materiales y de consumo energético. Los muros y los nervios se patronan en plástico, configurando fundas que actúan simultáneamente como moldes e incubadoras para el



Figura 7 Izquierda arriba: crecimiento de micelio en placa de Petri. Derecha: *Breeding Space*, María Mallo (2019), fotografía de Wladimir Pulupa. Izquierda abajo: proceso de cultivo de *Breeding Space*, fotografía de María Mallo.

micelio. Tras el cultivo, el micelio superficial queda adherido al plástico, lo que hace inviable su reutilización. Esto genera residuos de plásticos de un solo uso, una de las principales cuestiones que la producción con biomateriales pretende evitar. Por otro lado, el cultivo se realiza en pleno verano, en un espacio que requiere climatización artificial mediante aires acondicionados para mantener las condiciones adecuadas de crecimiento. Los plazos impuestos por la bienal hacen imposible ajustar el proceso a los ritmos estacionales naturales, lo que introduce una importante fricción entre temporalidades biológicas y tiempos institucionales (Figura 7).

Diseñar con materiales vivos implica aceptar la pérdida de control absoluto. En el intento de producir burbujas de celulosa bacteriana destinadas a ocupar los huecos entre los nervios de micelio, aparecen colonias no previstas de mohos que compiten por los nutrientes. Paradójicamente, cocrear con microorganismos vivos requiere, en muchos casos, aislarse de otros procesos naturales mediante entornos estériles. Las burbujas proyec-

tadas no llegan a materializarse; en su lugar, emergen paisajes orgánicos inesperados, resultado de la coexistencia y disputa entre distintas colonias. Estas formaciones, de gran potencia visual, se documentan y se presentan como una serie de veinte fotografías (Figura 8), desplazando el foco desde el objeto arquitectónico hacia la observación de procesos vivos en transformación.

En este terreno de la cocreación multiespecie se inscriben también las investigaciones de referentes internacionales como Neri Oxman. En proyectos como *Silk Pavilion* (2013) o *One Material. One Biome. O°* (investigación actualmente en curso), Oxman explora sistemas donde el cálculo computacional y el comportamiento biológico coproducen materiales capaces de crecer y biodegradarse de forma programada. Su trabajo plantea un horizonte en el que los productos no solo cumplen una función durante su vida útil, sino que continúan siendo operativos tras su degradación, alimentando nuevos ciclos materiales y ecológicos (Oxman *et al.*, 2012; Oxman, 2020).

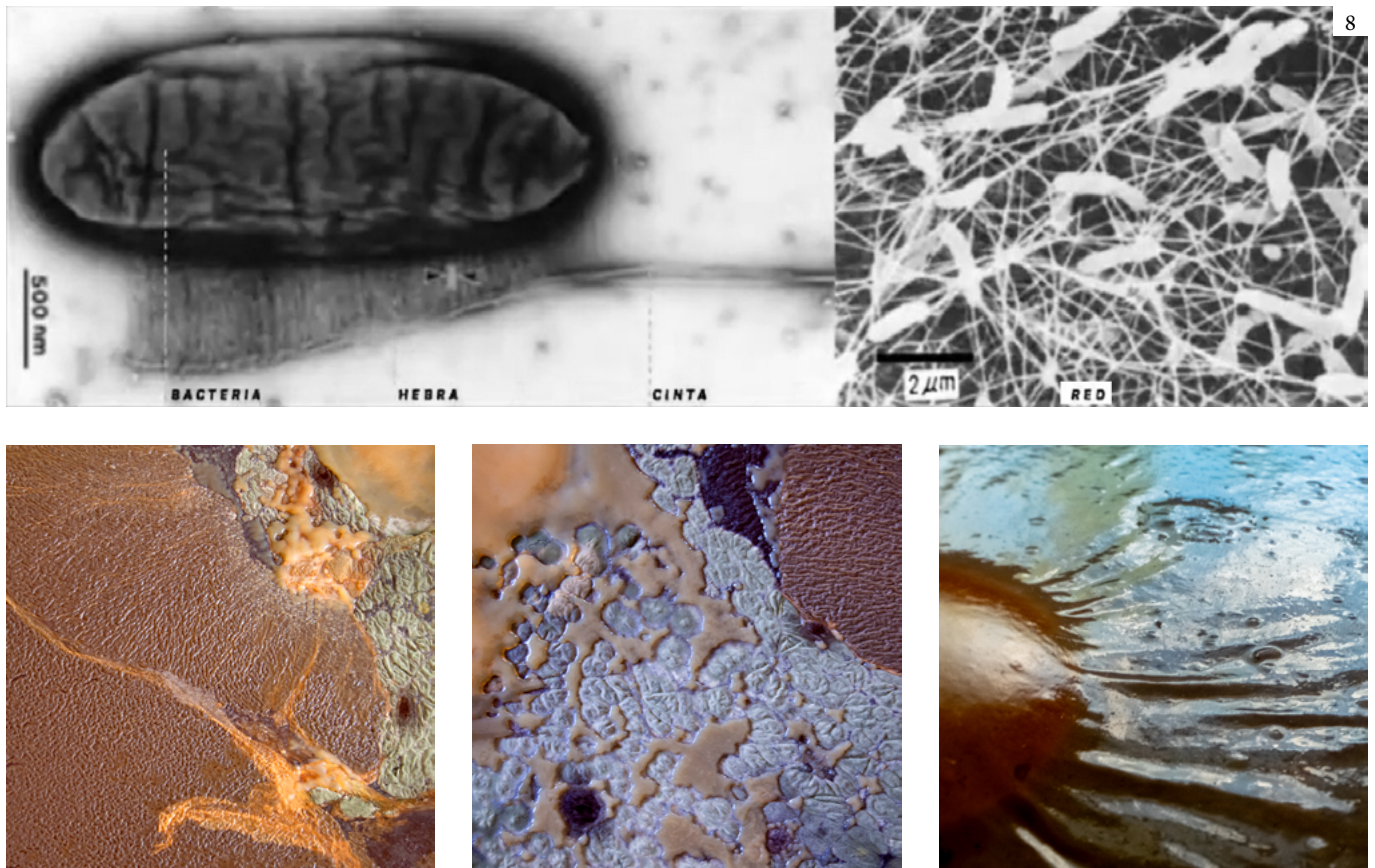


Figura 8 Arriba: colonia de bacterias produciendo celulosa bacteriana, imagen extraída del Laboratorio de Valdivia, Chile. Abajo: *Breeding Territories*, María Mallo (2019), fotografías de María Mallo (1 y 2) y Jaime Mangas (3).

Desde los criterios de análisis aquí propuestos, los fallos de cultivo, la necesidad de infraestructuras técnicas, el uso de moldes plásticos y la dependencia de los calendarios institucionales no se interpretan únicamente como problemas logísticos, sino como expresiones de una agencia material que entra en fricción con los tiempos, los formatos y las lógicas heredados de la producción cultural.

4.4. Escalas temporales, diseño urbano amable y regenerativo

En el apartado anterior se abordaron proyectos concebidos para crecer y biodegradarse en el entorno. Por el contrario, este último caso, realizado en 2022, introduce un desplazamiento clave: el encargo de una instalación permanente para el espacio público, que exige trabajar con materiales no biodegradables y

repensar críticamente la relación entre permanencia, temporalidad y ecología.

Desde esta conciencia material, el proyecto se concibe como una reflexión en torno a la evidencia de cómo la naturaleza siempre se abre paso invadiendo lo inerte, haciendo, en este proceso, las ciudades más «amables» y habitables. La pieza se produce para una ciudad europea de elevada humedad, donde la presencia espontánea de musgo surge, incluso, en orientaciones soleadas. El proyecto parte, además, de una observación fundamental: en la naturaleza coexisten múltiples escalas temporales; procesos geológicos que se extienden a lo largo de millones de años hasta endurecimientos progresivos en los troncos de los árboles y fenómenos efímeros como las floraciones estacionales. Esta coexistencia se traslada al diseño urbano mediante una combina-



ción estratégica de materiales con diferentes grados de permanencia.

La instalación está compuesta por un conjunto de siete islas realizadas en mortero de cal, dispuestas de manera que permiten el crecimiento de musgo entre ellas. La cal, como alternativa al cemento, es un material tradicional que se endurece con el tiempo, respira, absorbe ruido y contribuye a la captura de CO₂, lo que la convierte en un aliado potencial para mitigar el impacto ambiental del tráfico urbano. En contraste, los elementos emergentes de acero inoxidable se conciben como componentes perpetuos, mientras que en sus extremos lobulados albergan láminas de biopolímero alojadas en marcos metálicos atornillados, fácilmente desmontables y reemplazables.

Estos componentes biodegradables introducen una dimensión de cuidado y apropiación colectiva. Durante la inauguración, se organiza un taller abierto en el que la ciudadanía aprende a fabricar bioplásticos y a sustituir las piezas degradadas, lo que fomenta una relación activa con el espacio público. De este modo, la permanencia del conjunto no depende únicamente de la durabilidad material, sino de una práctica compartida de mantenimiento y atención, en la que el deterio-

ro no se oculta, sino que activa procesos de participación.

El proyecto incorpora, además, una estrategia consciente para evitar la generación de residuos durante su construcción. Los encofrados de madera empleados para moldear las islas (de geometrías sinuosas y ergonómicas) se reutilizan posteriormente como bancos móviles para espacios interiores, evitando, así, el uso de moldes de un solo uso y prolongando el ciclo de vida de los materiales.

Desde el criterio de la ergonomía y la relación con el cuerpo, la propuesta cuestiona la primacía de valores puramente formales en el diseño urbano contemporáneo. En la naturaleza, los entornos tienden a ofrecer apoyo, acogida y confort, salvo cuando la incomodidad cumple una función de supervivencia. Frente a una tradición moderna que ha normalizado lo incómodo como gesto estético, el proyecto reivindica un diseño que permita sentarse, tumbarse, acurrucarse y habitar el espacio de manera sensible y corporal (Figura 9).

En este sentido, las investigaciones de María Auxiliadora Gálvez (2019) sobre somática aplicada a la arquitectura aportan un marco relevante para interpretar el proyecto: la experiencia corporal directa del espacio y de

Figura 9 *Archipelago*, María Mallo (2022). De izquierda a derecha, créditos de las fotografías: Leticia Hueda (1), Esther Galván (2), María Mallo (3).

los materiales no solo informa el diseño, sino que posibilita una relación empática, consciente y activa con el entorno construido. Concebir el mobiliario urbano como una infraestructura que acoge el cuerpo y que puede ser intervenida y cuidada por la ciudadanía abre nuevas vías para pensar la materialidad urbana desde una perspectiva situada, relacional y regenerativa.

En esta misma línea, la noción de «arquitecturas afectivas» desarrollada por Mauro Gil-Fournier (2022) resulta un referente cercano, al situar los afectos, las emociones y las relaciones sensibles como componentes activos del espacio arquitectónico. No obstante, la noción de «arquitectura amable» que aquí se propone desplaza el foco hacia las condiciones materiales, temporales y ecológicas que hacen posible esa dimensión afectiva: materiales que acogen el cuerpo y las emociones, espacios que permiten el descanso y el juego y estructuras que promueven prácticas de cuidado y relación con el entorno.

5. Discusión. Agencia material, fricción institucional y visibilidad

Los casos analizados muestran que diseñar con biomateriales y con organismos vivos no puede reducirse a una cuestión de innovación técnica o sustitución material. Se trata, más bien, de una práctica situada atravesada por fricciones ontológicas, temporales e institucionales que condicionan de forma decisiva sus posibilidades de desarrollo. En este sentido, los proyectos no operan como demostradores de soluciones regenerativas cerradas, sino como dispositivos críticos que hacen visibles los límites estructurales del diseño contemporáneo.

Con el fin de sintetizar transversalmente los casos analizados y hacer explícitos los principales aprendizajes, tensiones y aportes derivados, la Tabla 1 presenta una lectura comparada de los proyectos a partir de los criterios de análisis definidos, poniendo en relación fricciones materiales, condicionantes institucionales y contribuciones conceptuales.

Desde la noción de intraacción formulada por Karen Barad (2007), los resultados pueden leerse como configuraciones relacionales en las que la materia, los cuerpos, las infraestructuras y los marcos institucionales no preexisten al proyecto, sino que lo coconstituyen. Los fallos de cultivo, las deformaciones no previstas, la necesidad de endoesqueletos o de climatización artificial no constituyen

Eje de análisis	Casos	Fricciones y límites identificados	Aportes analíticos
Generación formal y agencia corporal	Prototipos 1 y 2 (2013 y 2014)	- Dependencia de modelos computacionales - Coherencia ecológica aún no abordada	- Desplazamiento de la autoría hacia procesos generativos y corporales - Emergencia de la agencia del cuerpo como co-configurador del espacio
Entornos físicos vivos y transición biomaterial	Prototipos 3 y 4 (2015 y 2017)	- Toxicidad de ciertos biomateriales (látex) - Fallos técnicos en sistemas interactivos - Alta dependencia de infraestructuras	- Comprensión del fallo como dato - Ética del cuidado ampliada a cuerpos, materiales y procesos - Límites del control en arquitecturas “vivas”
Co-creación multiespecie	Prototipo 5 (2018–2019)	- Uso inevitable de plásticos como moldes - Necesidad de climatización artificial - Huella de carbono del transporte - Tiempos institucionales incompatibles con ritmos biológicos	- Visibilización de la agencia material y biológica - Necesidad de saberes expertos - Desajuste entre las intenciones proyectuales iniciales y los resultados expositivos emergentes derivados de la co-creación con organismos vivos
Escalas temporales y diseño urbano	Prototipo 6 (2022)	- Imposibilidad de biodegradación total en contextos permanentes - Tensiones entre mantenimiento y uso público	- Articulación de temporalidades múltiples - Diseño urbano como práctica de cuidado - Noción de diseño/arquitectura amable
Transversal	Conjunto de casos	- Imposibilidad de coherencia ecológica absoluta - Fricciones institucionales persistentes	- Propuesta de la trazabilidad material como herramienta crítica - Diseño regenerativo entendido como proceso situado y relacional

errores externos al proyecto, sino manifestaciones de una agencia material que resiste ser completamente instrumentalizada.

El diseño deja, así, de entenderse como un acto de control para convertirse en un proceso de negociación continua con entidades más-que-humanas, donde las fricciones no invalidan la práctica, sino que revelan los condicionantes estructurales (productivos, culturales e institucionales) en los que se inscribe.

Estas fricciones se intensifican al situar los proyectos en contextos institucionales concretos, como bienales y exposiciones internacionales. Los calendarios de producción, las exigencias logísticas y la movilidad global de las piezas entran en conflicto con los ritmos biológicos de los materiales vivos y con los principios de circularidad que estos proyectos persiguen. Desde la perspectiva de la ecología oscura de Timothy Morton (2018), esta imposibilidad de coherencia total no debe interpretarse como un fracaso ético, sino como una condición estructural de cualquier práctica ecológica situada dentro de sistemas productivos heredados.

En este marco, la cuestión de la trazabilidad material emerge como un problema central. Los casos analizados muestran que gran parte del impacto ambiental y político del diseño se produce en fases habitualmente invisibilizadas: el origen de los materiales, las infraestructuras necesarias, el consumo energético, el transporte o la toxicidad de los procesos. Hacer visibles estas capas no implica aspirar a una pureza material inalcanzable, sino asumir la responsabilidad de documentar, comunicar y debatir las contradicciones inherentes al proceso. La trazabilidad se plantea, así, no como un sistema cerrado de certificación, sino como una herramienta ética, pedagógica y crítica para «habitar el problema» (Haraway, 2019) desde la práctica.

Desde esta lectura, los desplazamientos hacia formatos de transferencia (como la cofundación de un centro de biocreación que conecta investigación experimental, academia y empresa) no aparecen como una deriva externa al trabajo académico, sino como una respuesta directa a las limitaciones detectadas en los casos de estudio. La

Tabla 1 Síntesis comparada de los casos de estudio analizados.

necesidad de infraestructuras estables, saberes especializados y marcos de colaboración interdisciplinar se revela como una condición indispensable para sostener prácticas de diseño regenerativo más allá del ámbito experimental o expositivo.

En conjunto, la discusión permite afirmar que el valor principal de estas prácticas no reside en ofrecer modelos replicables, sino en activar espacios de reflexión crítica donde los límites, las fricciones y los fallos se convierten en conocimiento. Diseñar con biomateriales, en este contexto, implica aceptar la incomodidad, la incertidumbre y la contradicción como parte constitutiva del proceso, y utilizarlas como palancas para repensar el papel del diseño en la construcción de presentes y futuros más regenerativos.

6. Conclusiones. Trazabilidad, coagencialidad y arquitectura amable

Este artículo ha examinado prácticas de cocreación con biomateriales y organismos vivos desde una perspectiva crítica, asumiendo que el diseño regenerativo no puede entenderse como un ideal alcanzable, sino como un proceso situado, atravesado por tensiones materiales, institucionales y temporales. Lejos de ofrecer soluciones universales, los casos analizados muestran que trabajar con lo vivo implica aceptar la pérdida de control, la indeterminación y la necesidad de una negociación constante entre agencias humanas y no humanas.

A partir del recorrido presentado, se identifican tres aportes principales:

1. La trazabilidad como herramienta crítica del diseño regenerativo

Más allá de sistemas cerrados de certificación, la trazabilidad se plantea como una práctica ética y pedagógica que permite visibilizar decisiones materiales, impactos habitualmente ocultos y contradicciones inherentes a los procesos de diseño. Hacer explícitas estas capas no persigue garantizar una sostenibilidad absoluta, sino favorecer una toma de decisiones informada y responsable en contextos reales.

2. La coagencialidad como marco operativo y epistemológico

Los casos analizados evidencian que los materiales (especialmente cuando están vivos) no actúan como soportes pasivos, sino como agentes que condicionan, resisten y transforman el proyecto. Asumir esta coagencialidad desplaza el rol del diseñador desde el control hacia el acompañamiento, y convierte el fallo, la fricción y la adaptación en fuentes legítimas de conocimiento.

3. La arquitectura amable como contribución situada

Frente a enfoques centrados exclusivamente en la eficiencia o la innovación material, el artículo propone la noción de «arquitectura amable», entendida no como tipología edificatoria, sino como práctica espacial expandida. Esta perspectiva atiende simultáneamente a los cuerpos, las emociones, los ritmos temporales y las ecologías materiales. La amabilidad no se reduce aquí a una cualidad afectiva, sino que se sostiene en decisiones materiales, espaciales y relacionales que hacen posible el cuidado, la apropiación y la regeneración en sentido amplio.

Finalmente, la evolución hacia estructuras de transferencia entre investigación aplicada, academia y práctica profesional se presenta como una consecuencia natural del recorrido analizado. En un contexto donde los desafíos ecológicos desbordan los límites disciplinares, sostener prácticas de diseño con biomateriales exige infraestructuras, colaboraciones y compromisos a largo plazo. Asumir esta complejidad no implica renunciar a la ambición transformadora del diseño, sino anclarla en procesos críticos, situados y responsables.

Bibliografía

- b** Barad, K. (2007). *Meeting the universe halfway: Quantum physics and the entanglement of matter and meaning*. Duke University Press.
- Braidotti, R. (2022). *Lo posthumano*. Gedisa.
- e** Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y. M. y Milo, R. (2020). Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*, 588, 442-444.
<https://doi.org/10.1038/d41586-020-03484-3>
- Estévez, A. (s. f.). Biodigital Architecture & Genetics. *Biodigital Architecture Master's Program*.
<http://www.biodigitalarchitecture.com/>
- f** Fallan, K. y Halland, I. (2023). *Material Ecologies of Design*. Routledge.
- Frazer, J. (1995). *An Evolutionary Architecture*. Architectural Association.
- g** Gálvez, M. A. (2019). *Espacio somático: Cuerpos múltiples*. Ediciones Asimétricas.
- Giaccardi, E. y Karana, E. (2015). Foundations of materials experience: An approach for HCI. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2447-2456.
- Gil-Fournier, M. (2022). *Las casas que me habitan*. Editorial Arquitecturas Afectivas.
- h** Haraway, D. J. (2019). *Seguir con el problema: Generar parentesco en el Chthuluceno*. Consonni.
- Herrero, Y. (2021). *Los cinco elementos*. Arcadia.
- k** Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. y Zeeuw van der Laan, A. (2015). Material Driven Design (MDD): A method to design for material experiences. *International Journal of Design*, 9(2), 35-54.
- Karana, E., Pedgley, O. y Rognoli, V. (2013). Materials experience as a foundation for materials and design education. *International Journal of Design*, 7(2), 1-17.
- Karana, E., Pedgley, O. y Rognoli, V. (2015). *On Materials Experience: Design-Driven Research on Materials in Products*. Butterworth-Heinemann.
- m** Mallo, M. (2013). Natural Patterns and Complex Architectures. *First International Conference Transformables* (pp. 257-262). Universidad de Sevilla.
- Mallo, M. (2015). *Sistemas Radiolarios, geometrías y arquitecturas derivadas* (Tesis doctoral, ETSAM, UPM).
- Mallo, M., Vidal, M. y Santamaría, J. (2014). Efficient Irregular Tessellation. *Biodigital Architecture & Genetics* (pp. 374-384). Universidad Internacional de Cataluña (UIC) y ETSARQ.
- Margulis, L. (2002). *Planeta simbiótico: Un nuevo punto de vista sobre la evolución*. Debate.
- Morton, T. (2018). *El pensamiento ecológico*. Interzona.
- n** Novak, M. (1991). Liquid architectures in cyberspace en M. Benedikt (Ed.), *Cyberspace: First Steps*. MIT Press.
- O** Oxman, N. (2020). *One Material. One Biome*. Mediated Matter Group. <https://matter.media.mit.edu/projects/one-material-one-biome>
- Oxman, N. et al. (2012). *Silk Pavilion*. Mediated Matter Group, MIT Media Lab.
<https://www.media.mit.edu/projects/silk-pavilion/overview/>
- p** Parikka, J. (2015). *A Geology of Media*. University of Minnesota Press.

Pizarro, E. y Rego, M. Á. (2025). Metodología EcoMat: creación artística de materiales emergentes biobasados (MEB). *Inmaterial. Diseño, Arte y Sociedad*, 10(20), 56-77.
<https://doi.org/10.46516/inmaterial.v10.322>

Pizarro, E., Trigo, M. y Marcos, I. (Eds.) (2025a). *EcoMat: Ecología material. Archivo de materiales emergentes biobasados*. Asociación EcoHabitar para una Cultura Regenerativa.

Pizarro, E., Trigo, M. y Marcos, I. (Eds.) (2025b). *EcoMat: Ecología material. Manual práctico de materiales emergentes biobasados*. Asociación EcoHabitar para una Cultura Regenerativa.

Imágenes

Figura 1

Derecha: *Teselaciones Irregulares Eficientes (TIE)*, María Mallo, Miguel Vidal y Javier Santamaría (2013). Izquierda: comparativa de comportamiento estructural entre TIE (arriba) y una cúpula geodésica (abajo), diagrama generado por Prajish Vinayak.

Figura 2

Izquierda: microfotografía de esqueleto radiolario realizada por Helmcke, *IL33 Radiolaria*, p. 119. Derecha: *Habitáculo Performativo*, María Mallo (2014).

Figura 3

Izquierda: membrana celular de un radiolario de la especie *Acantharia*, traccionada por las espículas (<https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/radiolaria.html>). Derecha: *Protosphaera*, prototipo material dirigido por María Mallo dentro del grupo de investigación multidisciplinar Naturaleza Generativa, MediaLab Prado (2015).

Figura 4

De izquierda a derecha: *Caja de formas*, María Mallo (2018); *Cíclica*, María Mallo (2020); *Crisálida*, María Mallo (2020) y *Háptica*, María Mallo (2021). Fotografías 2 y 3 de Raquel Congosto.

Figura 5

Izquierda: proceso de elaboración de la membrana de látex, fotografía de Laura Casas. Derecha: interior de *Una Arquitectura para Ecosistemas Emocionales Diversos*, María Mallo (2017), fotografía de Pablo Wegmann.

Figura 6

Una Arquitectura para Ecosistemas Emocionales Diversos, María Mallo (2017-2018). De izquierda a derecha, créditos de las fotografías: Galerna, Galerna, Miriam Bue, Ricardo Santonja.

Figura 7

Izquierda arriba: crecimiento de micelio en placa de Petri (imagen extraída de <https://www.agrocontinentalchile.cl/>). Derecha: *Breeding Space*, María Mallo (2019), fotografía de Wladimir Pulupa. Izquierda abajo: proceso de cultivo de *Breeding Space*, fotografía de María Mallo.

Figura 8

Arriba: colonia de bacterias produciendo celulosa bacteriana, imagen extraída del Laboratorio de Valdivia, Chile. Abajo: *Breeding Territories*, María Mallo (2019), fotografías de María Mallo (1 y 2) y Jaime Mangas (3).

Figura 9

Archipelago, María Mallo (2022). De izquierda a derecha, créditos de las fotografías: Leticia Hueda (1), Esther Galván (2), María Mallo (3).

María Mallo Zurdo

Ayudante Doctora desde septiembre de 2024, hasta entonces profesora asociada desde 2015 en el Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. Perteneciente al grupo de investigación Hypermedia y al programa de doctorado DOCA como directora de tesis.

Assistant Professor since September 2024; previously Adjunct Professor since 2015 in the Department of Architectural Graphic Ideation at the Higher Technical School of Architecture of Madrid, Technical University of Madrid. Member of the Hypermedia research group and of the DOCA doctoral program as a thesis supervisor.

