

Ecomaterialidades artísticas interespecies desde un enfoque biocéntrico¹

Esther Pizarro

Universidad Europea de Madrid  

<https://dx.doi.org/10.5209/aris.94552>

Recibido: 15 de febrero de 2024 • Aceptado: 24 de mayo de 20234

ES Resumen: En la actualidad, nuestro planeta se enfrenta a desafíos críticos, sumergiéndose en una era de emergencia. La ecosofía, una fusión de ecología y filosofía, surge como una filosofía de vida que persigue la armonía entre humanos y naturaleza. Autores contemporáneos han forjado un marco conceptual y teórico que desplaza la visión tradicional antropocéntrica hacia una perspectiva biocéntrica. En este contexto, el arte se convierte en un agente de cambio al explorar nuevas materialidades mediante la co-creación interespecies. La práctica artística, concebida como investigación, destaca la búsqueda de ecomaterialidades innovadoras. A través del estudio de dos instalaciones artísticas, se analiza cómo las microalgas, especialmente la espirulina, actúan como agentes remediadores en la ficoremediación de ambientes contaminados. Su biomasa resulta en una paleta de biomateriales, incluyendo celulosa bacteriana, que alimenta una materioteca instalativa, revelando así el potencial del arte como catalizador para la simbiosis entre arte, ciencia y medio ambiente. Este enfoque artístico integrador promueve la conciencia y acción para afrontar los retos ambientales de manera sostenible, generando un activismo poético y silencioso.

Palabras clave: ecosofía, ecología material, bioarte, biocentrismo, biomateriales

ENG Artistic ecomaterialities interspecies from a biocentric approach

Abstract: Nowadays, our planet is facing critical challenges, immersed in an era of emergency. Ecosophy, a fusion of ecology and philosophy, emerges as a philosophy of life that pursues harmony between humans and nature. Contemporary authors have shaped a conceptual and theoretical framework that moves the traditional anthropocentric view towards a biocentric perspective. In this context, art becomes an agent of change by exploring new materialities through interspecies co-creation. The artistic practice, conceived as research, highlights the search for innovative ecomaterialities. Through the study of two artistic installations, we analyze how microalgae, especially spirulina, act as remediating agents in the phyco-remediation of polluted environments. Their biomass results in a palette of biomaterials, including bacterial cellulose, which feeds an installation material library, thus revealing the potential of art as a catalyst for symbiosis between art, science and environment. This integrative artistic approach promotes awareness and action to address environmental challenges in a sustainable manner, generating a poetic and silent activism.

Keywords: ecosophy, material ecology, bio-art, biocentrism, bio-materials

Sumario: 1. Antecedentes y contextualización, 2. Nuevas materialidades en un contexto ecosófico, 2.1. Co-creación interespecies o la disolución de los límites, 2.2. Biomateriales en tiempos de emergencia, 3. Ecomaterialidades en torno a una práctica artística biocéntrica, 3.1. BioAlgaeLab Interespecies, 3.2. BioLabMatrix. 4. Conclusiones. Referencias.

Cómo citar: Pizarro, E. (2024). Ecomaterialidades artísticas interespecies desde un enfoque biocéntrico. *Arte, Individuo y Sociedad*, 36(4). <https://dx.doi.org/10.5209/aris.94552>

1. Antecedentes y contextualización

Vivimos tiempos en emergencia. Nuestro planeta se enfrenta a grandes desafíos medioambientales que han llevado a numerosos expertos (científicos, biólogos, sociólogos, filósofos) a afirmar que la Tierra está en estado

¹ Investigación artística financiada gracias al apoyo del Ministerio de Cultura y Deporte en su convocatoria de Ayudas para la Promoción del Arte Contemporáneo Español, Creación y Producción Artística 2022. Proyecto ganador del Contrato para la elaboración de proyectos artísticos de creación e investigación Ramón Acín 2021 de la Diputación de Huesca.

de emergencia. Algunos de los indicios y evidencias que soportan esta afirmación incluyen: cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación del aire y del agua, desperdicio de recursos, residuos plásticos, deforestación, etc... Estos problemas representan “la punta del iceberg” y son solo algunos de los desafíos ambientales que enfrenta el planeta en nuestros tiempos. La conciencia global sobre la necesidad de abordar estos problemas y trabajar hacia soluciones sostenibles está en aumento, pero aún no es suficiente. La urgencia de la situación requiere acciones significativas a nivel local e internacional, político y social, y global e individual.

El arte desempeña un papel crucial en la sociedad. Su mirada disruptiva puede ayudar en la concienciación y visualización de los desafíos que enfrenta la humanidad gracias a su potencial narrativo, capaz de abordar temas complejos mediante visualizaciones poéticas. Además, contribuye a crear una conciencia emocional, conectando a las personas en un nivel más profundo que la mera fisicidad de las cosas. Adicionalmente, actúa como medio de crítica social y denuncia, al representar visualmente la contaminación, la degradación del medio ambiente o la explotación de recursos naturales. En definitiva, el arte tiene la capacidad de inspirar acción, motivando a las personas a tomar medidas positivas para abordar los problemas medioambientales. Es tiempo de actuar.

La teoría de Gaia, propuesta por el británico James Lovelock en la década de 1970, es una hipótesis científica que sugiere que la Tierra es un sistema autorregulado que se comporta como un organismo vivo. El nombre “Gaia” proviene de la diosa griega de la Tierra, y la teoría se basa en la idea de que la Tierra y su biosfera están interconectadas y funcionan como un sistema complejo y autorregulador. Esta hipótesis postula que la Tierra y su biosfera tienden a mantener un equilibrio y una homeostasis a lo largo del tiempo, regulando activamente las condiciones ambientales para que sean favorables para la vida (Lovelock, 1983). A pesar de las críticas y la controversia que despierta, la teoría de Gaia ha contribuido a resaltar la interconexión y complejidad de la Tierra y ha inspirado discusiones sobre la importancia de proteger y conservar el medio ambiente para mantener un equilibrio propicio para la vida en el planeta. En la presente investigación nos interesa destacar el enfoque holístico y sistémico de esta propuesta, para entender la Tierra como un organismo autorregulado y contrastar cómo ha contribuido a la concienciación sobre los desafíos ambientales a los que se enfrenta nuestro planeta.

La ecosofía es un campo interdisciplinario que combina elementos de ecología y filosofía, y se refiere a una perspectiva o filosofía de vida que busca la armonía y el equilibrio entre los seres humanos y la naturaleza. Se fundamenta en una profunda conciencia ecológica y comprensión de la interconexión y la interdependencia entre todos los seres vivos y los sistemas naturales. Promueve un gran respeto por la naturaleza, considerando a todos los seres vivos y elementos del entorno como sujetos de valor intrínseco y no solo como recursos explotables para satisfacer las necesidades humanas. Aboga por el desarrollo sostenible, lo que implica el uso responsable de los recursos naturales y la adopción de prácticas que minimicen el impacto negativo en el medio ambiente; fomentando la conservación y restauración de ecosistemas degradados. También considera que los sistemas naturales y sociales son interdependientes y complejos. La ecosofía adopta un enfoque sistémico para abordar los problemas ambientales y sociales, reconociendo las múltiples conexiones y retroalimentaciones entre diferentes elementos.

Entre los pensadores contemporáneos que han promovido la ecosofía, nos interesa el enfoque del filósofo y sociólogo francés, Bruno Latour, que ha trabajado en la sociología de la ciencia y la tecnología, abordando también cuestiones relacionadas con la ecología y la política ambiental. En sus escritos, destaca la importancia de reconocer el agenciamiento de los objetos y la naturaleza en las decisiones humanas, y cómo las interacciones entre humanos y no humanos dan forma al mundo (Latour, 2023). Desde una perspectiva más inquietante, Timothy Morton, filósofo y teórico cultural, ha desarrollado el concepto de “ecología oscura”, que explora la relación compleja y a menudo turbadora entre los seres humanos y la naturaleza (Morton, 2018). Si hay una autora de referencia que está despertando un enorme interés es Donna Haraway. Teórica feminista y filósofa de la ciencia, Haraway ha explorado temas de ecología y ética ambiental desde una perspectiva interdisciplinaria. Su obra *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene* (Seguir con el problema: generando parentesco en el Chthuluceno) aborda cuestiones de justicia ecológica; así como, la importancia de establecer relaciones de parentesco con otros seres vivos y no vivos. Haraway efectúa una crítica abierta al antropocentrismo, teoría que coloca a los seres humanos como centro del universo, subestimando otras formas de vida. En este ensayo nos introduce en la noción de “práctica tentacular interespecies” para expresar la necesidad de desarrollar prácticas éticas y políticas que reconozcan la intrincada red de relaciones y otras formas de vida en el planeta. El término “tentacular” sugiere una red de conexiones y vínculos no lineales, en lugar de jerarquías rígidas y relaciones verticales. Resulta especialmente relevante el concepto de *simpoiesis* (Haraway, 2019), el cual se refiere a un proceso co-creativo y colaborativo en el que diferentes seres, tanto humanos como no humanos, se unen para crear y dar forma a sus mundos compartidos.

Simpoiesis es una palabra sencilla, significa “generar-con”.... Simpoiesis es una palabra apropiada para los sistemas históricos complejos, dinámicos, receptivos, situados. Es una palabra para configurar mundos de manera conjunta, en compañía. La simpoiesis abarca la autopoiesis, desplegándola y extendiéndola de manera generativa (Haraway, 2019, p. 99).

En lugar de ver a los seres humanos como seres separados y dominantes, Haraway propone una ética que valore la interdependencia y la coexistencia con otras formas de vida. Reconocer la diversidad, ejercer una responsabilidad ecológica, proponer la solidaridad con otras formas de vida, extremar la conciencia de la interdependencia; son algunas de las cuestiones tratadas para poder superar el antropocentrismo que ha dominado nuestro planeta durante muchos siglos y que nos ha conducido a una situación de clara alerta medio ambiental y de destrucción de hábitats. Para abordar este problema, Haraway sugiere desarrollar una

ética de la interconexión y la interdependencia, así como políticas y acciones que promuevan la sostenibilidad, la conservación del medio ambiente y el bienestar de todas las especies. La ecocrítica material nos invita a una historia polifónica del mundo que incluye la materialidad vital de la vida, las experiencias de entidades no humanas y nuestras intra acciones corporales con todas las formas de agencia material como actores efectivos (Iovino y Oppermann, 2012, p. 88).

La evolución del pensamiento antropocentrista hacia uno biocentrista refleja un cambio significativo en la forma en que la humanidad percibe su relación con la naturaleza y los ecosistemas. Este cambio está respaldado por varias tesis que subrayan la necesidad de abandonar la perspectiva centrada exclusivamente en el ser humano y adoptar una visión más holística y respetuosa hacia todos los seres vivos y los sistemas naturales. La interconexión y la interdependencia de todos los seres vivos en la Tierra desempeñan un papel crucial en el equilibrio y sostenibilidad de la vida en el planeta. La creciente conciencia de las crisis ambientales, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación, ha llevado a la percepción de que el antropocentrismo ha contribuido a una explotación insostenible de los recursos naturales, por ello es necesario un enfoque que valore y proteja la totalidad de los sistemas biológicos. El biocentrismo postula que la naturaleza tiene un valor intrínseco más allá de su utilidad para los seres humanos, reconociendo la biodiversidad y los ecosistemas independientemente de su utilidad directa para la humanidad. El avance de la complejidad biológica y sus investigaciones recientes aportan un escenario a explorar por diversas disciplinas. El arte permite aportar un enfoque holístico de este panorama complejo.

Los desafíos medioambientales que enfrenta la humanidad en la actualidad requieren una respuesta urgente y coordinada a nivel global, político y social. La conciencia sobre la necesidad de abordar estos problemas está en aumento, pero la situación exige acciones más significativas y sostenibles. En este contexto, el arte emerge como una herramienta poderosa para visualizar y sensibilizar sobre estos desafíos, movilizándolo emociones y promoviendo la reflexión. La teoría de Gaia, con su enfoque holístico, y la ecosofía, con su ética de responsabilidad hacia el entorno natural, ofrecen perspectivas valiosas para comprender y abordar los problemas ambientales. La obra de pensadores contemporáneos como Bruno Latour, Timothy Morton y, especialmente, Donna Haraway amplía el diálogo al explorar la interconexión, la colaboración y la necesidad de una ética que reconozca la intrincada red de relaciones en nuestro planeta. Adoptar una ética de *simpoiesis*, centrada en la generación conjunta y la coexistencia con otras formas de vida, puede ser crucial para superar el antropocentrismo y avanzar hacia un futuro más sostenible y equitativo.

2. Nuevas materialidades en un contexto ecosófico

La ecología material es una rama de la ecología que 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).

Nery Oxman, arquitecta, diseñadora e investigadora del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) es pionera en el campo del diseño computacional, la fabricación digital y la biología sintética aplicada al diseño. Fundadora del Laboratorio *Mediated Matter* en el MIT, ha liderado investigaciones y proyectos innovadores en la intersección de diseño, ciencia y tecnología. El uso de materiales biológicos y su aplicación a un diseño bioinspirado en un contexto ecológico y sostenible la ha situado como referente en este tema. Según Oxman, la Revolución Industrial abrió las puertas a la fabricación mecánica y a la producción en masa en un contexto independiente de su entorno. Se abandonó la integración de la sustancia material y los métodos de construcción para soportar un diseño basado en los valores de producción en masa. La Revolución Digital supuso el paso de la tecnología analógica a la digital. El lienzo digital ha ampliado aún más la brecha entre forma y materia. El diseño computacional ha motivado un 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 ambiente² (Oxman, 2013, s.p.).

² Traducción propia. Para mayor información sobre las investigaciones de Nery Oxman, consúltese su tesis doctoral: Oxman, N. (2010). *Material-based Design Computation*. Ph.D. thesis. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cita original: "Material Ecology is an emerging field in design denoting informed relations between products, buildings, systems, and their environment."

En el catálogo de la exposición *Material Ecology* que el MOMA dedicó a Oxman, en el año 2020, sin excluir las interesantes investigaciones matéricas realizadas por Oxman, nos interesa detenernos en el diagrama *The Krebs Cycle of Creativity III (Comains +Units) (KCC III)*, 2016, (Fig. 1) por las aportaciones conceptuales que conlleva. Si analizamos este diagrama, no podemos dejar de establecer un cierto paralelismo con el ya conocido “*La escultura en el campo expandido*”, realizado por Rosalind Krauss, en 1979 (Fig. 2); y que, sin duda, supuso un punto de inflexión en el ámbito artístico, diluyendo las fronteras entre las categorías tradicionales del arte. El diagrama de Oxman implica una declaración de intenciones al sentar las directrices conceptuales que muchos artistas están desarrollando en la actualidad. En este diagrama, que ella denomina cartografía, atisbamos un postulado filosófico. El conocimiento ya no puede adscribirse a las fronteras disciplinarias ni producirse dentro de ellas, sino que está totalmente enredado³ (Antonelli y Burckhardt, p.19).

El KCC III está inspirado en el diagrama curricular de la Bauhaus, de Walter Gropius, creado en 1922, en el cual las trayectorias divergentes son representadas como un círculo. Oxman sustituye la palabra del diagrama original *Bau* (construcción) por *Awareness* (concienciación/ sensibilización), sugiriendo que el futuro del diseño no puede apuntar únicamente al entorno construido y a los objetos diseñados y desplegados en él; en cambio, los diseñadores deben combinar crecimiento y construcción, lo natural y lo artificial, el organismo y su entorno; en nuevos modos que mantengan, aumenten y alimenten nuestro planeta y la diversidad de sus habitantes en una nueva ecología material. Para Oxman, la *Ecología Material* enfatiza una síntesis universal. Ella lo denomina un enfoque holístico que considera todos los entornos– el construido, el natural y el biológico– como único. Postula que toda construcción física diseñada es, por definición, una parte integral de nuestra ecología; y por lo tanto, debe comprometerse con múltiples disciplinas– diseño computacional, fabricación digital, biología sintética, medio ambiente y la materia misma– como dimensiones armonizadas e inseparables del diseño (Legg, 2017).

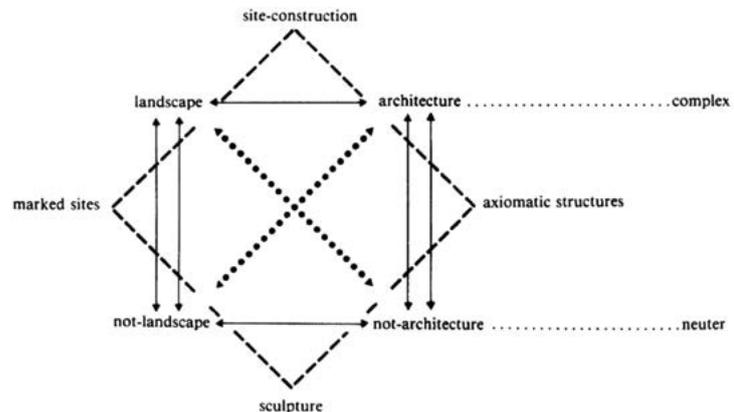
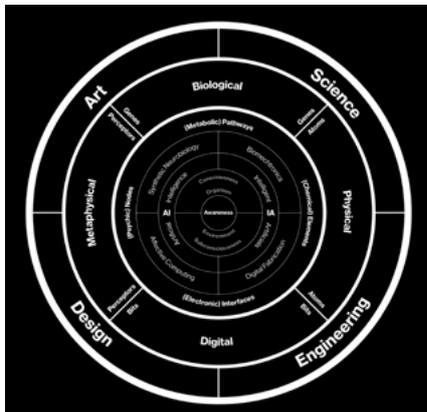


Figura 1. Oxman, N. *The Krebs Cycle of Creativity III (Comains +Units) (KCC III)*, 2016. Fuente: Antonelli, P. y Burckhardt, A. (2020), *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*, The Museum of Modern Art, New York, p.11

Figura 2. Krauss, R. *The Expanded Field, diagram*. Reprinted from Krauss, R. (1979). Fuente: *Sculpture in the Expanded Field*. October, 8, p. 37

Podríamos concluir este apartado afirmando que la *Ecología Material*, impulsada por Oxman, se revela como una disciplina interdisciplinaria e innovadora que trasciende las convenciones tradicionales del arte y del diseño. Su origen en la biología, la informática y el diseño abogan por una nueva ciencia de materiales, interesada en comprender no solo los flujos y ciclos de materiales en los ecosistemas, sino que propone una transformación de la concepción de la propia fabricación y de su aplicación en el ámbito del arte y del diseño. Su enfoque holístico integra el entorno construido, el natural y el biológico. Su diagrama KCC III propone un camino que va más allá de la fisicidad de su construcción, abrazando la responsabilidad ecológica y proponiendo un nuevo paradigma donde, tanto el arte como el diseño, se conviertan en una parte integral y armonizada de nuestra ecología global, un nuevo pliegue matérico-conceptual.

2.1. Co-creación interespecies o la disolución de los límites

El surgimiento de la integración de los nuevos medios en las artes es un fenómeno que desafía cualquier intento de agrupar y clasificar las disciplinas artísticas. Se evidencia una expansión de prácticas hacia ámbitos no artísticos y una difuminación de fronteras que da lugar a discursos interdisciplinarios y a interpretaciones más complejas. Los artistas adoptan roles científicos (biólogos, químicos, físicos, e incluso matemáticos), ingenieros y técnicos, ampliando los discursos en busca de una combinación racional-poética. La interdisciplinariedad también ha conducido a que casi cualquier material pueda ser empleado en el ámbito

Defined as the study and design of products and processes integrating environmentally aware computational form-generation and digital fabrication, the field operates at the intersection of Biology, Material Science & Engineering, and Computer Science with emphasis on environmentally informed digital design and fabrication.”

³ Traducción propia. Cita original: “Knowledge can no longer be ascribed to, or produced within, disciplinary boundaries, but is entirely entangled”.

artístico. La inclusión de elementos vivos, precarios y/o efímeros implica que la obra de arte ya no pueda concebirse como un objeto cerrado, sino que involucra el paso del tiempo junto con su intrínseca desintegración.

Los procesos naturales y la transformación se constituyen en fuertes protagonistas, donde mecanismos tales como la germinación, la putrefacción, la deformación, la hidratación, el derretimiento, la fermentación, los cambios cromáticos, el secado, la descomposición y demás reacciones químicas, implican un tiempo biológico determinado que inevitablemente se constituye como parte del ciclo vital y natural de los elementos.

Los mismos componentes van mutando y volviéndose otra cosa. El tiempo siempre continúa fluyendo y la materia prima va muriendo y transformándose, otorgándole sentido a la obra y dejando su capacidad simbólica en evidencia. Desde esta misma incorporación de la acción como parte del proceso, podemos categorizar a esta variante de obra como evolutiva o performática (Cantera, 2015, p. 42-43).

El artista emplea en su trabajo metodologías propias del ámbito científico, como son la observación de la realidad, el cuestionamiento de la obra, el análisis de documentación, la formulación de hipótesis, la experimentación y la obtención de conclusiones. Todas estas fases del proceso creativo se amplían gracias a la superposición del método científico. El carácter procesual adquiere una dimensión trascendental, ya que la obra misma puede convertirse en una hipótesis para el desarrollo de futuros proyectos de investigación. En este enfoque centrado en el proceso, es crucial considerar la relevancia de la materia orgánica, que no se concibe como un simple material pasivo. Desde esta perspectiva, el arte se transforma en una co-creación, una construcción conjunta con la naturaleza y los organismos involucrados, desplazando la jerarquía que durante mucho tiempo el artista había mantenido, por una estructura más horizontal.

El bioarte puede ser definido como una categoría que involucra las poéticas de lo vivo. Entre sus variantes existe una tendencia antropocéntrica donde prevalece el laboratorio físico como lugar de poder, mediante la creación de obras artísticas generadas a partir de prácticas de modificación, dominación y manipulación de seres vivos. En su otro extremo, nos encontramos con una perspectiva que incluye prácticas más horizontales, enmarcadas en ámbitos de colaboración interespecie, en las que prima el contexto y se generan vínculos del tipo *simpoiético* (Haraway, 2019). En este caso, los vivientes devienen juntos y co-constituyen las obras artísticas creándolas mediante procesos de cooperación. Nos interesa especialmente este enfoque orientado a un devenir *simpoiético* interespecie desde una práctica del cuidado del territorio y sus materialidades. Desde los cruces disciplinarios en los que se inserta, la tecnología atraviesa las prácticas biopoéticas como facilitadora de relaciones o agente en sí misma y no como herramienta de manipulación o dominio (Cantera, 2022).

La interdisciplinariedad ha abierto la puerta a la utilización de una amplia gama de materiales, incluyendo elementos vivos y efímeros, donde los procesos naturales, los fenómenos biológicos y las reacciones químicas asumen un papel destacado. La materia orgánica transforma el arte en una co-creación con la naturaleza, desplazando jerarquías tradicionales a favor de una estructura más horizontal. En este escenario el arte se fusiona con la ciencia, la naturaleza y la tecnología, creando un espacio dinámico de exploración y co-evolución.

2.2. Biomateriales en tiempos de emergencia

En el contexto artístico actual, la exploración de biomateriales adquiere una relevancia particular, especialmente en tiempos de emergencia. Como ciencia propia, los biomateriales no tienen más de cincuenta años y su desarrollo inicial se vincula a la experimentación de tejidos biológicos, terapéuticos o de diagnóstico con fines médicos gracias a los avances que ha aportado la biotecnología (Williams, 2004).

La intersección entre arte y ciencia se potencia a través de la utilización de materiales biodegradables, organismos vivos y procesos naturales como elementos fundamentales en la creación artística. Los biomateriales ofrecen no solo una paleta estética única, sino también la posibilidad de abordar cuestiones urgentes y pertinentes. En situaciones de emergencia, como crisis ambientales o sanitarias, los artistas pueden utilizar estos materiales para reflexionar sobre la fragilidad de la existencia, la resiliencia de la naturaleza y la relación simbiótica entre el ser humano y su entorno.

La biomaterialidad hace referencia al uso de materiales biológicos o inspirados en la naturaleza para el diseño y desarrollo de productos, tecnologías y sistemas. En este contexto, los biomateriales son aquellos que se derivan de recursos naturales o que imitan propiedades y características encontradas en organismos vivos. La biomaterialidad se fundamenta en la idea de que la naturaleza ha desarrollado soluciones eficientes y sostenibles a lo largo de millones de años de evolución, y que estas soluciones pueden ser aplicadas para resolver problemas humanos de manera más respetuosa con el medioambiente.

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, p.36).

Esta oportunidad de co-creación con la naturaleza no ha sido desaprovechada por los artistas y los diseñadores. Ha surgido una "Revolución Material" (Delgado, 2023) en torno a su práctica y experimentación, y son muchos los diseñadores y artistas que están explorando sus posibilidades y alcance. Este creciente

interés por los biomateriales y por soluciones basadas en el uso de tecnología ha hecho que su formación se incluya ya en el currículo de universidades, instituciones independientes⁴, programas de postgrado⁵ o cursos especializados.

Las técnicas de bio fabricación distinguen entre los materiales cultivados (*Growing Design*) y los manuales (*Craft Design*). Los materiales cultivados son aquellos en los que los diseñadores/artistas favorecen el crecimiento de organismos vivos, estableciendo unas condiciones externas, un rango específico de propiedades y un control de crecimiento para la creación de nuevas materias. Entre los sistemas vivos que se están investigando destacan: micelio, celulosa bacteriana, manipulación de genomas con biología aumentada en el laboratorio, o deposición de organismos vivos y desarrollo computacional (gusanos de seda, ver proyecto *Silk Pavillion*, *The Mediated Matter Group* en el MIT Media Lab, 2012-2018). El otro gran grupo de técnicas de bio fabricación engloba prácticas manuales (*Craft Design*), se trata de una práctica más cercana a la artesanía con manipulación directa, tanto en la elaboración del material como en su fabricación final. En este caso no son organismos vivos, sino materias biológicas o desechos, con propiedades sostenibles o de reciclaje, que sustituyen a otros materiales de base más contaminante (plásticos o resinas); o bien, materias con procesos de alto gasto energético o hídrico (cueros, hilaturas, textiles). En esta categoría distinguimos: bioplásticos, biorresinas, biocomposites, bioespumas, biocueros y biohilos.

Su experimentación, investigación y resultados están en un creciente auge, siendo sus posibilidades casi infinitas, por la enorme combinación de familias y de materias de carga a aplicar. Su práctica se basa en una metodología cíclica, que engloba el concepto propio de la biofabricación, y se define en los siguientes pasos: elaboración, modelado, aplicación y compostaje (Delgado, 2023, p. 36-37). La elaboración constituye el punto de arranque de la producción del nuevo material con variantes de otros elementos biológicos (materias de carga) que sean biocompatibles al ofrecer una respuesta adecuada al medio biológico en el que son utilizados. Una vez obtenida la nueva materia homogénea –conforme a fórmulas experimentales lo que permite una enorme innovación en sus variantes– se procede a manipular las mezclas utilizando: tecnologías de fabricación aditiva, vertido del material sobre moldes estándares o previamente diseñados por cortadora láser o CNC Machine, o mediante fresadores o cortadoras de hilo caliente. Tras el secado del material, se procede a analizar los resultados obtenidos, y a corregir las propiedades del material que se quieren modificar (transparencia, flexibilidad, grosor, contracción, elasticidad, porosidad, texturación, etc..) hasta obtener el material deseado para su posterior aplicación. Esta metodología procesual implica una gran investigación en el proceso, siendo éste más importante incluso que el resultado final. Como etapa final, destacamos el compostaje como fin de todo producto biológico. Una vez que ha cumplido su objetivo en la sociedad tiene que ser capaz, por sí mismo, de reconvertirse en otra materia que pueda reutilizarse dentro del ciclo de elaboración de la biofabricación, basada en la economía circular; o bien, debe ser factible de degradarse fácilmente, al ser un componente nutritivo o un filtro natural para la tierra o el agua.

La elección de biomateriales en el arte contemporáneo no solo tiene implicaciones estéticas, sino también éticas y medioambientales. Los artistas pueden abordar temas como la sostenibilidad, la biodiversidad y la adaptación a los cambios, ofreciendo nuevas perspectivas y generando conciencia sobre la necesidad de un enfoque más cuidadoso hacia nuestro entorno. En este contexto, la utilización de biomateriales en el arte contemporáneo no solo impulsa la innovación estética, sino que también abre un diálogo significativo sobre las interconexiones entre la creatividad humana, la naturaleza y las respuestas a emergencias. Es a través de esta convergencia entre arte y biomateriales donde se pueden explorar narrativas visuales únicas y expresiones artísticas que resonarán con las complejidades de nuestro tiempo.

3. Nuevas materialidades en torno a una práctica artística biocéntrica

El interés por esta nueva ecología material, por su contexto ecosófico y por su capacidad para explorar nuestros tiempos en emergencia han conducido a que los conceptos analizados en las líneas precedentes sean explorados de forma práctica en la realización de dos instalaciones, las cuales forman parte de una investigación artística que lleva por título *Ecologías Fragmentadas:: Contaminación Hídrica (42°30'52" N; 0°21'6" W)*. Aunque analizaremos con detalle las dos instalaciones mencionadas, creemos importante contextualizarlas en el marco general de la investigación, de la exposición y de la documentación resultante.

La base del contexto ecosistémico mencionado anteriormente radica en una conciencia ecológica profunda y en la comprensión de la interconexión e interdependencia entre todos los seres vivos y los sistemas naturales. Un ecosistema fragmentado se refiere a aquel que, debido a cambios en un hábitat, ya sea por procesos geológicos o actividades humanas como la agricultura, la industria o la urbanización, altera el entorno y presenta discontinuidades que afectan las condiciones de vida de las especies que lo habitan. En relación con la degradación causada por el ser humano en la Tierra, se puede afirmar que la contaminación es uno de los factores que más contribuye al cambio climático y, sin duda, tiene un gran impacto en el desequilibrio de los ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos. En este estudio artístico, nos enfocamos en la investigación del estrés hídrico entre especies, resultante de la contaminación causada por pesticidas.

⁴ El Basque Biodesign Center, (BDC) es un espacio de formación e investigación, pionero en España, que tiene como misión impulsar la transformación digital de los materiales del futuro mediante experimentación, innovación y cooperación creando de soluciones basadas en tecnología. Para más información véase: <https://www.basquedesigncenter.com>

⁵ El Postgrado de Fabricademy es un programa intensivo de seis meses en la intersección de la fabricación digital, los textiles y la biología. Esta formación explora la interrelación hombre-tecnología-ambiente a través de las nociones de corporeidad, materialidad, ecodiseño, biodiseño, rendimiento, textiles inteligentes y fabricación digital. Para más información véase: <https://textile-academy.org>

La evolución del proyecto ha culminado en la creación de un relato biopoético. Las diversas series que han surgido a raíz de la investigación consideran su resultado como una narrativa en la que los fundamentos teóricos dan forma a varias piezas escultóricas e instalativas. El espectador se adentra en un relato de activismo silencioso y poético que destaca la problemática intrínseca de la contaminación hídrica en nuestros ríos. La propuesta se presenta como una narración dividida en cuatro capítulos o nodos, junto con un epílogo introductorio. La exposición se concibe como un recorrido experiencial y fenomenológico que orienta al espectador a través de los diversos protagonistas involucrados, desplazando el enfoque tradicionalmente antropocéntrico hacia un biocentrismo ecosófico. A través de metáforas visuales, se busca resaltar los cuatro elementos que interactúan en esta ecología fragmentada y alterada, los cuales componen la trama de nuestro ecosistema hídrico: la molécula (lindano), el agente (Inquinosa), el receptor (río Gállego) y el proceso de reparación (microalgas)⁶. En este escrito, nos enfocaremos en dos instalaciones de este proyecto, por ser las que exploran nuevas materialidades y se centran en el marco conceptual presentado en los apartados anteriores.

3.1. BioAlgaeLab Interespecies

La instalación que lleva por título *BioAlgaeLab Interespecies* se concibe como una co-creación entre organismos humanos y no humanos, considerando la obra artística como una entidad inestable, cambiante y mutante. Esta instalación nos ayuda a explorar la capacidad expresiva de su materialidad y su proceso de producción, que se caracteriza por ser horizontal y biocéntrico. Se trata de un proceso interconectado entre agentes conjuntos, un diálogo que resalta el ciclo de las obras vivientes evolutivas con su aleatoriedad, fragilidad y apertura, creando un conjunto polifónico de temporalidades múltiples, donde las microalgas juegan un papel destacado como agentes protagonistas.

En el ámbito de la sostenibilidad, las microalgas son clave debido a su potencial para abordar diversos desafíos ambientales, sociales y económicos. Algunas especies tienen la capacidad de purificar agua al absorber y eliminar contaminantes, incluyendo metales pesados y compuestos orgánicos. Además, su capacidad para capturar dióxido de carbono (CO₂) durante la fotosíntesis presenta una oportunidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. La biomasa de microalgas, rica en proteínas y otros compuestos bioactivos, ofrece un potencial significativo para la producción de biomateriales y bioplásticos sostenibles, constituyendo una alternativa eco amigable a los plásticos convencionales derivados de combustibles fósiles.

Hace alrededor de 3500 millones de años, unos microorganismos llamados cianobacterias aparecieron en nuestro planeta. Fueron los primeros seres vivos capaces de fijar el carbono del CO₂ y liberar oxígeno mediante el proceso de la fotosíntesis. La espirulina (*Arthrospira*) fue aislada por primera vez por Turpin en 1827 a partir de una corriente de agua dulce y, posteriormente, se han encontrado especies de espirulina en una gran variedad de ambientes (tierra, arena, pantanos, agua salobre, agua de mar y agua dulce) (Gómez, 2015). La espirulina, una cianobacteria que reside en lagos salinos y alcalinos, pero que también puede cultivarse artificialmente, se identifica científicamente como *Limnospira platensis*.

La espirulina es potencialmente una microalga capaz de producir biomasa y contribuir así como fuente de energía renovable, lo que podría ayudar a disminuir los efectos del calentamiento global del planeta. Pero también puede ser utilizada para la depuración de aguas contaminadas, captación y uso de CO₂ o para la producción de biofertilizantes y bioplásticos (Gómez, 2015, s.p.).

La espirulina tiene la capacidad de desarrollarse en tres modalidades de crecimiento distintas: autótrofa, heterótrofa o mixotrófa. Además, demuestra su capacidad para prosperar en entornos altamente alcalinos y en presencia de elevadas concentraciones de sal y bicarbonato. En el ámbito industrial, la producción de espirulina se lleva a cabo en grandes estanques abiertos mediante cultivo líquido. También existen sistemas de crecimiento cerrados denominados fotobiorreactores.

Adicionalmente, exploraremos otra propiedad destacada en estos biorganismos. Tanto las algas como las cianobacterias son bien conocidas en el ámbito de los biomateriales debido a sus limitados requerimientos nutricionales, la posibilidad de cosecharlas independientemente de la estación del año, su capacidad de desarrollo y su potencial para generar biomasa. La biomasa de algas puede emplearse directamente en la producción de plásticos, donde puede mezclarse con materiales biodegradables, promoviendo la generación e investigación de biomateriales. La naturaleza renovable y sostenible de la espirulina, como fuente de biomasa, la convierte en un recurso prometedor para contribuir a la producción de biomateriales más ecológicos y sostenibles en el futuro. Estos enfoques han sido el punto de partida para la concepción de la instalación artística titulada *BioAlgaeLab Interespecies*.

BioAlgaeLab Interespecies (Fig. 3) se materializa en su núcleo central mediante una estructura tubular de dos metros de altura que actúa como biorreactor de microalgas, conteniendo en su interior el medio de cultivo apropiado para el crecimiento de microalgas (espirulina). El cuidado de esta solución biológica se realiza mediante temporizadores de activación de luz (16 horas de luz y 8 horas de oscuridad). La luz desencadena la fotosíntesis en un espacio cerrado, capturando el CO₂ del ambiente y liberando O₂ para purificar el aire. Nutrientes específicos (Bicarbonato Sódico, Nitrato Potásico, Sulfato Potásico, Sulfato de Magnesio, Fosfato Amónico y sal común) están disueltos en la solución acuosa que, debido a la activación lumínica, adquiere

⁶ Para mayor información sobre el proyecto, consúltese el catálogo editado con motivo de la exposición. "Ecologías Fragmentadas:: Contaminación Hídrica (42°30' 52" N; 0°21' 6" W), (2023), Diputación Provincial de Huesca. ISBN: 978-84-19322-03-6.

un color verde intenso. Una bomba de aireación proporciona la agitación del medio de cultivo para mantener vivo el entorno, ya que la espirulina necesita subir a la superficie para capturar el CO². Conectada a este núcleo, se encuentra la capa tecnológica del proyecto (Fig. 4). Cinco sensores (CO², O², temperatura, pH y color) activan su respectivo Arduino, que envía información en tiempo real a una pantalla táctil ubicada en la mitad inferior del cilindro. El espectador puede visualizar los datos generados por el biorreactor en todo momento. Este núcleo representa el elemento central de nuestro proceso biológico colaborativo, donde las microalgas y la tecnología actúan como agentes y mediadores del *BioAlgaeLab*.



Figura 3. *BioAlgaeLab Interspecies*, 2023. Biorreactor de microalgas (*spirulina*), bolsas de infusión, biomateriales, sensores, acrílico y luz. 350 x 350 x 245 (h) cm. Cortesía de la autora. ©fotografía Markus Schroll

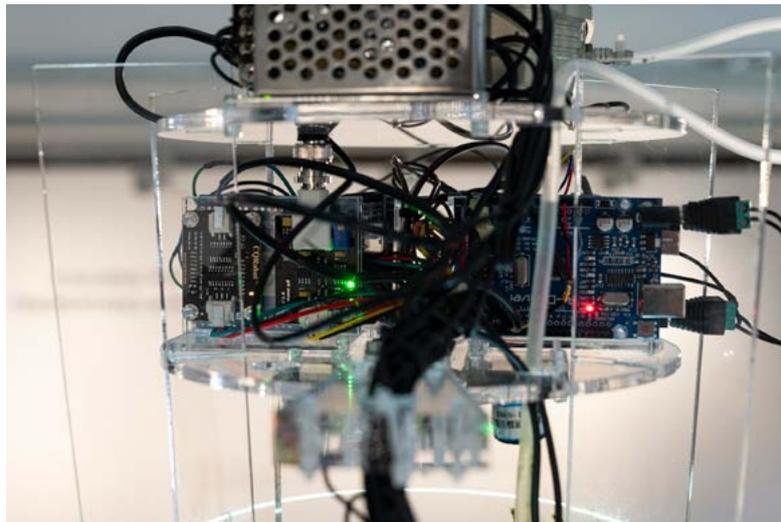


Figura 4. *BioAlgaeLab Interspecies*, 2023. Capa tecnológica. Biorreactor de microalgas (*spirulina*), bolsas de infusión, biomateriales, sensores, acrílico y luz. 350 x 350 x 245 (h) cm. Cortesía de la autora. ©fotografía Markus Schroll

Completando este laboratorio, hay tres conjuntos de bolsas de infusión por goteo que cuelgan del techo de la sala, sostenidas por aros circulares. Estas bolsas contienen una solución estable de espirulina con la biomasa correspondiente en su interior (Fig. 5). La biomasa es el resultado del cultivo de espirulina del biorreactor y constituye el agente orgánico que posibilitará la continuación de nuestro ciclo interspecies. Los tubos conectores que cuelgan de las bolsas se unen a tejidos biológicos depositados en el suelo, constituyendo el tercer nivel de nuestro ciclo procesual. Tres biomaterialidades, creadas a partir de la biomasa extraída de la espirulina, conforman las pieles orgánicas de la instalación. La fabricación digital (corte láser) se combina con su materialización analógica y en su interior se recortan las coordenadas geográficas que dan título a la muestra, actuando como páginas de nuestro relato eco-ambiental.

Podríamos concluir que esta instalación destaca, no solo la capacidad expresiva de la materialidad artística, sino que aborda de manera efectiva los desafíos ambientales mediante el uso de microalgas. La interconexión entre microorganismos y tecnología puede generar un ciclo interspecies sostenible y cíclico. Además, la utilización de biomasa de *spirulina* para crear biomateriales subraya el potencial de este recurso en la producción de alternativas más ecológicas y sostenibles para el futuro, representando una fusión de arte, ciencia y sostenibilidad.



Figura 5. *BioAlgaeLab Interspecies*, 2023. Biorreactor de microalgas (espirulina), bolsas de infusión, biomateriales, sensores, acrílico y luz. 350 x 350 x 245 (h) cm. Cortesía de la autora. ©fotografía Markus Schroll

3.2. BioLabMatrix

BioLabMatrix se constituye como una materioteca, cuya ordenación viene determinada por una matriz hexagonal (en referencia a la formulación hexagonal del Lindano, pesticida de uso industrial y principal agente contaminante del río Gállego) (Fig. 6). 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 cristal (Fig. 7). Un mosaico de conectores, enlaces y hexágonos que nos ayuda a reinterpretar fórmulas imposibles en nuestro bioexpositor. Este capítulo de nuestro proyecto se concibe como un laboratorio de experimentación de muestras de biomateriales, cuyo elemento común es la utilización de biomasa de espirulina (fresca, en cultivo o deshidratada) en su testeo y formulación. En su investigación matérica se trabajó con dos materiales biológicos: bioplásticos de gelatina y celulosa bacteriana. Se decidió acotar el marco de experimentación a estos dos biomateriales por sus características matéricas, flexibilidad, contracción y transparencia.

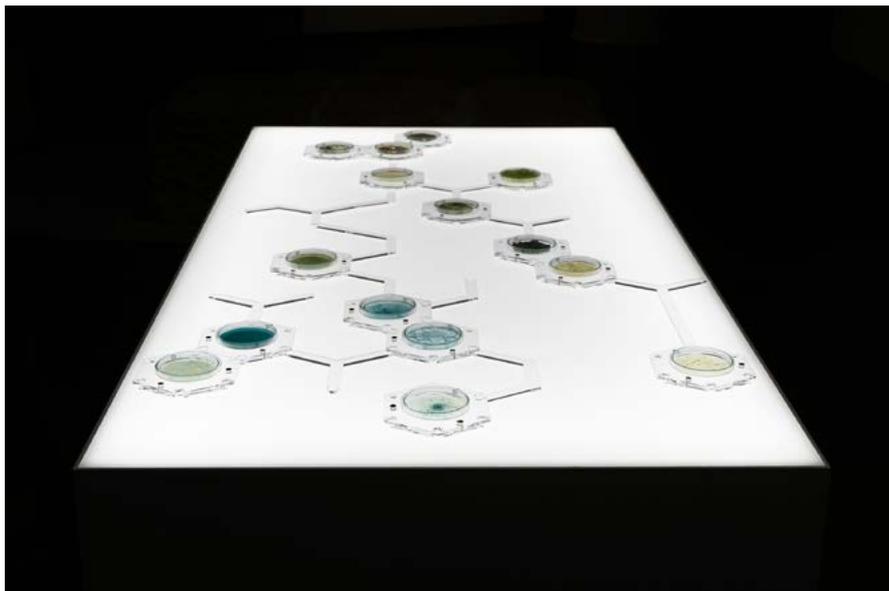


Figura 6. *BioLabMatrix*, 2023. Biomateriales con biomasa de espirulina, placas *Petri*, acrílico, caja de luz. 200 x 100 x 20 (h) cm. Cortesía de la autora. ©fotografía Javier Broto



Figura 7. *BioLabMatrix*, 2023 (Detalle). Biomateriales con biomasa de espirulina, placas Petri, acrílico, caja de luz. 200 x 100 x 20 (h) cm. Cortesía de la autora. ©fotografía Javier Broto

El término “bioplástico” se refiere a polímeros derivados de fuentes renovables, a diferencia de los plásticos convencionales que derivan del petróleo. Debido a su origen, estos permiten ser biodegradados. Los bioplásticos se pueden crear en base a diferentes biopolímeros. Se experimentó con base vegetal y animal. La base vegetal proviene de residuos agrícolas, celulosas, almidones y féculas vegetales; mientras que la base animal utiliza la gelatina o colágeno como biopolímero. La gelatina proveniente de los huesos y pieles del ganado bovino, porcino y pecuario y está compuesta por varias cadenas de monómeros de aminoácidos. En ambas bases se ha utilizado la glicerina como plastificante, esta sustancia permite crear espacios en las cadenas de monómeros de los biopolímeros y le permite reducir la rigidez del material. Variando las proporciones de su formulación podemos obtener una gran diversidad del mismo material atendiendo a su grosor, rigidez, flexibilidad, transparencia o textura. La elección definitiva dependerá de su aplicación final. Es importante destacar la necesidad de realizar un muestreo amplio antes de escalar el material a su forma y tamaño definitivo, ya que ligeras variaciones en su formulación producen grandes cambios en su resultado final. Destacamos el carácter biodegradable de estos materiales, que pueden ser desechados de forma consciente si han terminado su vida útil o no cumplen las expectativas para las que fueron creados, devolviendo así a la tierra los minerales y proteínas que se utilizaron en su manufactura. Otra propiedad de los bioplásticos es la de ser hidrofílicos y con poca resistencia al calor, por lo que al contacto con el agua o calor se desintegran. Por otro lado, su baja resistencia al calor permite que el material se pueda volver a utilizar, favoreciendo su reciclaje, pues sus propiedades no se alteran al ponerse de nuevo a secar. El otro material que ha centrado esta investigación es la celulosa bacteriana, también conocida como SCOBY, acrónimo de *Symbiotic Colony Of Bacteria and Yest* (colonia simbiótica de levaduras y bacterias). Sometido a un proceso de fermentación produce celulosa bacteriana. La celulosa es el polímero más abundante en la tierra. Su medio de cultivo se realiza mediante té, azúcar y kombucha. Si se le añade un cultivo preexistente de celulosa actúa de activador natural al favorecer un crecimiento más rápido. La celulosa, conforme va creciendo, configura una serie de microcapas que, una vez se deshidratan –secado– se compactan en un material similar al biocuero. Su crecimiento se produce por medio de la alimentación de las bacterias, que consumen el azúcar, el carbón y el nitrógeno que se libera en el proceso de fermentación. Este biomaterial se compone únicamente de bacterias, su rápido crecimiento –de 10 a 20 días dependiendo de la temperatura ambiente y del grosor necesitado– permite cultivar grandes cantidades que se adaptan a la forma de su contenedor, sin afectar a otros sistemas. Hay que destacar que la muestra extraída disminuye su grosor casi diez veces en su proceso de secado, al perder todo el agua que ha permitido su crecimiento. La flexibilidad de adaptar su forma de crecimiento a la forma de su contenedor permite reducir sus desechos al cultivar solo lo que se necesita. También es un material compostable, capaz de aportar nutrientes a la tierra y de disminuir su impacto ambiental. Suzanne Lee fue pionera en introducir este material en el ecosistema de la moda en el 2003, iniciando una revolución material en este sector, liderada por materiales biológicos.

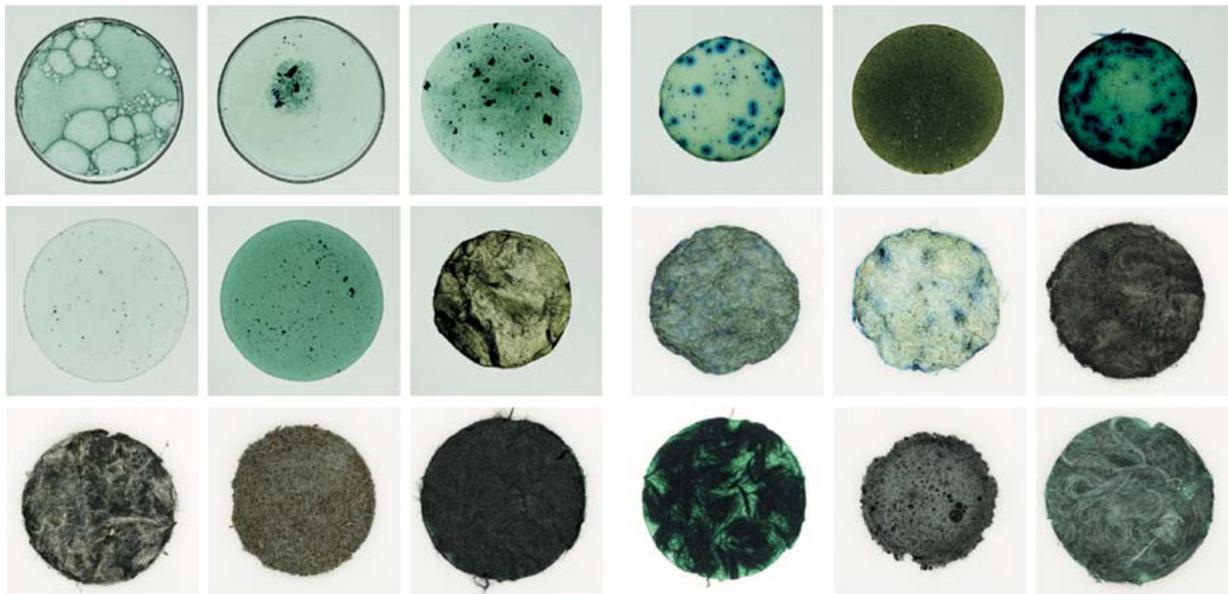


Figura 8. Muestras de bioplásticos de gelatina de base animal y vegetal y de celulosa bacteriana con aportación de biomasa de espirulina y otras materias de carga. Cortesía de la autora. ©fotografía Markus Schroll

La experimentación con bioplásticos de gelatina de base animal y vegetal y de celulosa bacteriana ha tenido como hilo conductor la aportación de biomasa de espirulina (Fig. 8), extraída del cultivo que se ha generado en el biorreactor que forma parte de la instalación *BioAlgaeLab Interespecies*. Variaciones en la cantidad de biomasa aportada, combinada con otras materias orgánicas de carga, han permitido la obtención de numerosas muestras de tejido realizadas o cultivadas en placas *Petri*. Otra investigación que se ha llevado a cabo ha sido la sustitución de la cantidad de agua necesaria en la formulación del bioplástico por cultivo directo de espirulina, consiguiendo matices más verdosos que los característicos verdes azulados de la biomasa fresca. Por el contrario, la utilización de espirulina deshidratada genera una paleta de color mucho más azulada. Se ha observado que tanto la aportación de espirulina deshidratada como la biomasa de espirulina fresca son mucho más estables a la acción de la luz, que las muestras donde se ha utilizado cultivo de espirulina –con sus nutrientes característicos– donde el color verdoso tiende a desaparecer al ser expuesto a la luz y en curso del tiempo. La investigación con celulosa bacteriana ha consistido en hacer crecer el tejido en un cultivo a base de té verde y té matcha con aportación de biomasa de espirulina. Es interesante destacar que el té verde genera una piel mucho más blanquecina que el té negro, favoreciendo la adhesión, en forma de filamentos, de la biomasa de espirulina en el lado que está en contacto con el medio de cultivo. Al extraer el tejido, se ha procedido a su secado directo, sin limpiarlo previamente con agua y jabón como es habitual en la formación de este biocuerdo. El resultado hace que cada muestra sea un bello paisaje abstracto de formas y texturas, dominadas por verdes y marrones, generando un tejido molecular de gran complejidad y belleza.

Para la instalación artística final se seleccionaron aquellas muestras de tejidos que mejor funcionaban en la matriz hexagonal, potenciando la investigación realizada en biomateriales de base bacteriológica –cultivo de celulosa bacteriana– y formulados –con base animal y vegetal– (Fig. 9).



Figura 9. *BioLabMatrix*, 2023 (Detalle). Biomateriales con biomasa de espirulina, placas *Petri*, acrílico, caja de luz. 200 x 100 x 20 (h) cm. Cortesía de la autora. ©fotografía Javier Broto

Completa este espacio una proyección generativa que utiliza la mirada microscópica como puerta a un mundo visual, dinámico y magnético y que nos va mostrando la capacidad multiplicadora de las cianobacterias o microalgas (Fig. 10). El círculo funciona como mirilla microscópica, pero también como un recipiente aséptico, donde los biólogos analizan sus muestras. El verde es el color dominante. El cambio actúa como motor e imán de la naturaleza viva, resiliente y esperanzadora.



Figura 10. *BioLabMatrix e Interespecies Latentes*, 2023. Cortesía de la autora. Audiovisual de Markus Schroll ©fotografía Javier Broto

Este capítulo del proyecto se presenta como un laboratorio de experimentaciones de biomateriales, bioplásticos y celulosa bacteriana, enriquecidos con bio masa de espirulina. *BioLabMatrix* fusiona nuevamente arte, ciencia y sostenibilidad, explorando el potencial creativo y ambiental de los biomateriales.

4. Conclusiones

Vivimos tiempos de emergencia, de grandes desafíos políticos, sociales y medioambientales. No podemos cruzarnos de brazos, es tiempo de actuar. En este contexto, el arte emerge como una herramienta poderosa para visualizar y sensibilizar sobre estos retos, movilizando emociones y promoviendo la reflexión. La interdisciplinariedad ha abierto la puerta a la utilización de una amplia gama de materiales, incluyendo elementos vivos y efímeros, donde los procesos naturales, los fenómenos biológicos y las reacciones químicas asumen un papel destacado. La materia orgánica transforma el arte en una co-creación con la naturaleza desplazando jerarquías tradicionales a favor de una estructura más horizontal. En este escenario, el arte se fusiona con la ciencia, la naturaleza y la tecnología, creando un espacio dinámico de exploración y co-evolución.

La exploración de nuevas materialidades en el arte contemporáneo no solo tiene implicaciones estéticas, sino también éticas y medioambientales. Los artistas pueden abordar temas como la sostenibilidad, la biodiversidad y la adaptación a los cambios, ofreciendo nuevas perspectivas y generando conciencia sobre la necesidad de un enfoque más cuidadoso hacia nuestro entorno. En este contexto, la utilización de biomateriales en el arte contemporáneo no solo impulsa la innovación estética, sino que también abre un diálogo significativo sobre las interconexiones entre la creatividad humana, la naturaleza y las respuestas a emergencias. Es a través de esta convergencia entre arte y biomateriales que se pueden explorar narrativas visuales únicas y expresiones artísticas que resonarán con las complejidades de nuestro tiempo.

La práctica artística como terreno de investigación permite trasladar la teoría a la práctica provocando una transferencia de conocimiento a la sociedad, generando un activismo silencioso ante la complejidad que invade nuestra sociedad y promoviendo un atisbo esperanzador mediante su lenguaje visual capaz de aportar miradas críticas y disruptivas.

Referencias

- Antonelli, P. & Burckhardt, A. (2020), *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*. The Museum of Modern Art, New York, 11, 19.
- Cantera, A.L. (2015). *CO-CREACIONES HÍBRIDAS: Horizontalidad y relaciones entre la naturaleza y el hombre, desde el arte, las nuevas tecnologías y el desarrollo sustentable* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Tres de Febrero, Argentina. Maestría en Tecnología y Estética de las Artes Electrónicas, 42, 43.
- Cantera, A. L. (2022). Biopoéticas: convergencias artísticas interespecie. *Journal for Artistic Research*, 27. <https://www.researchcatalogue.net/view/949972/949973/0/0>

- Delgado Piña, L. (2023). La Revolución material. La biofabricación y el food- waste como nuevas representaciones del diseño. En *UEM STEAM Essentials 2023*. Universidad Europea, 36-37.
- Gómez Hermoso, F. (2015). *Introducción a la espirulina: Historia, aplicaciones y sistemas de cultivo*. Fundación para el conocimiento Madri+d. <https://www.madrimasd.org/blogs/espirulina/2015/11/17/40/>
- Haraway, D. (2019). *Seguir con el problema. Generar parentesco en el Chthuluceno*. Consonni, 99.
- Iovino, S. & Oppermann, S. (2012). *Material Ecocriticism: Materiality, Agency and Models of Narrativity. Writing catastrophes: cross-disciplinary perspectives on the semantics of natural and anthropogenic disasters. Ecozon*, Vol. 3, N° 1, 88. <https://doi.org/10.37536/ECOZONA.2012.3.1.452>
- Latour, B. (2023). *Habitar la Tierra: conversaciones con Nicolas Truong*. Arcadia.
- Legg, H (2017). "Neri Oxman #99", *TheEditorial*, March.
- Lovelock, J. (1983). *Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Orbis.
- Lovelock, J. (2007). *La venganza de la Tierra. La teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. Editorial Planeta, 37.
- Morton, T. (2018). *Dark Ecology*. Columbia University Press.
- Oxman, N. (2010). *Material-based Design Computation*. [Ph.D. Thesis]. Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- Oxman, N. (2013). Material Ecology. En Oxman, R., y Oxman, R. (Eds.). *Theories of the Digital in Architecture*. https://neri.media.mit.edu/assets/pdf/Publications_ME.pdf
- Pizarro, E. (2023). *Ecologías Fragmentadas:: Contaminación Hídrica (42°30'52"N; 0°21'6"W)*, Diputación Provincial de Huesca.
- Williams, D.F. (2004). *Definitions in biomaterials proceedings of a consensus conference of the European Society for Biomaterials*. Amsterdam. Elsevier.