

*Micelio:
Biomaterial
para nuevas
formas y ciclos no
contaminantes.*



*Memoria para optar al Título profesional de Diseñador
Autor: Bastián Mir Reyes*

*Profesores guía:
Javier López - Marinella Bustamantes*

*Valparaíso, Chile
Diciembre - 2024*

Imagen de autoría propia. (2023)

A Magdalena y Víctor por el inicio.
A mi madre Pamela, a mi padre Iván, por el desarrollo.
A Diego y Katya por la diversión.
A Gloria por el viaje.
A Fiorella y Sara por la introducción.
A Javier y Marinella por la guía.
A mi entorno por el apoyo.

A la naturaleza por permitir esto.

Mi gratitud y cariño por estar.

Índice

Capitulo I: Antecedentes

- Introducción
- Metodología de la investigación
- Delimitación del estudio
- Alcance de conceptos
- Relación de conceptos

Capitulo II: Marco referencial

- 1.- Reingo Fungi, hongos y micelio
 - 1.1.- Reino Fungi: Definición y características generales
 - 1.2.- Estructura de hongos
 - 1.3.- Micelio
- 2.- Métodos naturales como formas de construcción
 - 2.1.- Biomateriales
 - 2.2.- Ejemplo de biomateriales expuesto en Biopolimérica 2023
 - 2.3.- Biomaterial construido por micelio
 - 2.4.- Paso a paso de construcción del biomaterial
 - 2.5.- Caracterización del material: fases y procesos
- 3.- Diseño, contaminación y sustentabilidad
 - 3.1.- El diseño y la utilización de materias primas y procesos productivos
 - 3.2.- Biodiseño
 - 3.3.- Biotecnología material
 - 3.4.- Beneficios de una mirada ecológica
- 4.- Estado del arte

Capitulo III: Proyecto

- Problemática
- Oportunidad
- Fundamentos del proyecto
- Descripción del proyecto
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Usuarios
- Valor de la innovación
- Propuesta conceptual
- Sistema producto
- Producto
- Comunicación
- Servicios



Capítulo I: Antecedentes

Introducción

Este proyecto de título toma la naturaleza como tema relevante, ya sea, desde la contaminación de esta o su utilización para nuevas materialidades, comenzará con una breve introducción en el mundo fungi para entender qué es el micelio, continuando con biomaterialidades actuales capaces de crear objetos, morfologías y elementos funcionales. El entendimiento de la producción y/o fabricación de este biomaterial, sus posibles proyecciones, capacidades y formas de medir características propias, puede ser una buena herramienta contemporánea para los problemas actuales de contaminación y el futuro consciente del diseño.

Este material no contaminante y biodegradable, construido por filamentos naturales similares a las raíces, supone para muchos usuarios y fabricantes, una forma de disminuir los daños del mundo, su aplicación como biomaterial, sus diversas propiedades, virtudes, capacidad morfológica y carácter visual, buscará exhibirse como una propuesta de difusión experimental.

Metodología de la investigación

Para este proyecto la metodología de trabajo mantendrá un enfoque mixto, proceso que comenzó con información y experiencias previas en relación al micelio y sus características, adquiridas anteriormente en otros proyectos, por lo que, se continuó con consultar la revisión de literatura que se había llevado a cabo anteriormente en relación a biomateriales y sus nuevas propuestas, para continuar específicamente con biomateriales creados a partir de micelio, acompañado de las características y propiedades que presenta esta materialidad y su origen.

La investigación continuó enfocándose en realizar una revisión de lectura centrada en los tipos de hongos, sus comportamientos, problemas de contaminación, miradas hacia el futuro del diseño, comprensión del proceso productivo y su alcance como producto y/o elemento funcional que ha tenido el micelio como biomaterial para estructuras de productos reconocibles que reemplazan la materialidad tradicional, es decir, comprender cómo el micelio puede “re-crear” productos que ya conocemos.

En esta misma línea, se realizó una búsqueda bibliográfica de diferentes exponentes, proyectos, empresas, que trabajan biomateriales en base a micelio, con el fin de comprender límites, métodos de producción, componentes de trabajo, cuidados productivos, etc.

Así también se asistió a la segunda versión de “Festival del Hongo” llevado a cabo en Villa Alemana, se asistió a “FEMAVA feria medioambiental de Villa Alemana” y se mantuvieron conversaciones exponentes de biomateriales de micelio, como Taller Percán, Manifiesto, El Recolector y Simbiosis Mundial para así obtener diferentes visiones, información y experiencias de personas conocedoras del mundo fungo e invitarlos a ser parte de este proyecto.

Delimitación del estudio

El presente proyecto tiene como investigación central la conformación de posibles morfologías, texturas y visualidades que puede lograr el micelio, para así proyectar posibles aplicaciones que puedan reemplazar materias primas contaminantes para el medioambiente y los usuarios, logrando que este se pueda aplicar en contextos de diseño, artísticos y/o creativos, para sintetizar en un acto de difusión.

Por otra parte, es importante considerar que este proyecto es altamente experimental en la etapa de producto, sin embargo, tiene como límite los comportamientos naturales de los hongos y los requerimientos específicos del Hong Ostra Rey y Ostra Phoenix, producción de biomateriales en base a micelio y sus diferentes propiedades, con el fin de comprender la creación biomaterial a partir de micelio y así, sus diferentes límites y alcances. Por lo tanto, se concluye que, todo este proceso se ha visto acompañado y altamente nutrido por la experimentación al momento de trabajar directamente con el biomaterial en su fase productiva.

Alcance de conceptos

**Biomaterial:*

Biomaterial es “un material funcional que ha sido diseñado y construido a partir de una materia prima biológica, tales como plantas, algas, bacterias, hongos, asociaciones simbióticas mutualistas de microorganismos o biopolímeros microbianos”(Feijóo-Vivas et al., 2021). Estos biomateriales, pueden ser construidos desde la mezcla con materias naturales y/o desechos orgánicos. Son basados en los nuevos paradigmas de la fabricación alternativa ya que parten de la lógica “de hacer crecer” los nuevos materiales en lugar de extraerlos, integrando, de esta manera, los principios de la economía circular, la Biotecnología Material y el Biodiseño, asegurando la susceptibilidad de los mismos a ser degradados y volver a su estado original en la naturaleza. Así mismo, se debe garantizar que los procesos productivos de los biomateriales, en todas sus escalas y en toda su cadena de valor, no deben comprometer o perjudicar al medio ambiente. (Feijóo-Vivas et al., 2021)

**Micotectura:*

Micotectura es un término que parte de la construcción de estructuras con hongos. Proviene del griego mico = hongo, tekton = constructor. Consiste en la construcción de estructuras sólidas con micelio y sustrato, el cual es un material capaz de solidificarse mediante su propia configuración orgánica. (Córdor & Quezada, 2019)

**Micelio:*

El micelio es una red fibrosa de filamentos microscópicos interconectados constituido por la extensión apical y fusión de hifas, filamentos tubulares y alargados que muestran una considerable plasticidad y versatilidad de desarrollo. El micelio es el esqueleto del organismo ya que se encarga de conectar y trasladar rápidamente agua, azúcares y minerales formando un sistema cerrado en respuesta a estímulos o cambios en la composición del medio externo. Básicamente, se le llama micelio al entramado de las raíces de los hongos. (Feijóo-Vivas et al., 2021)

**Inoculación:*

Se refiere al proceso de introducir un microorganismo, virus o sustancia en un organismo o en un medio de cultivo, con el objetivo de generar una reacción, estimular una respuesta inmune o favorecer el crecimiento de microorganismos en un entorno controlado

**Fructificación:*

Hace referencia a la formación del cuerpo fructífero (o esporocarpio), que es la estructura encargada de producir y liberar esporas para la reproducción

Palabras claves:

experimentación

contaminación

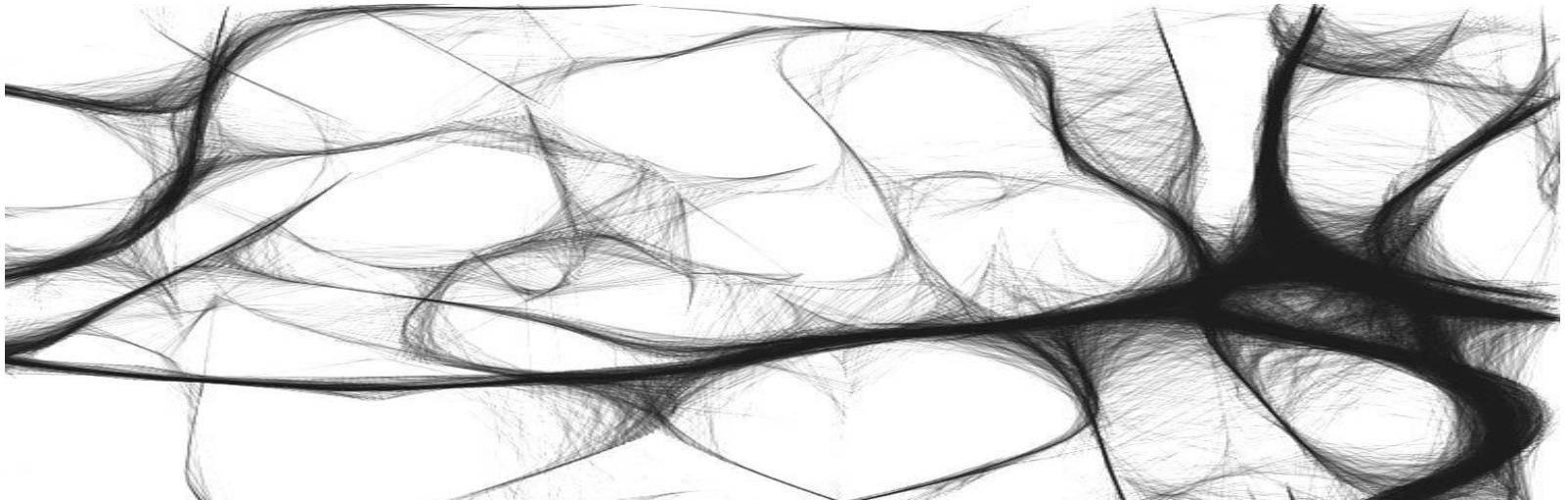
micelio

ecológico

biodegradable

biomaterial

biodiseño



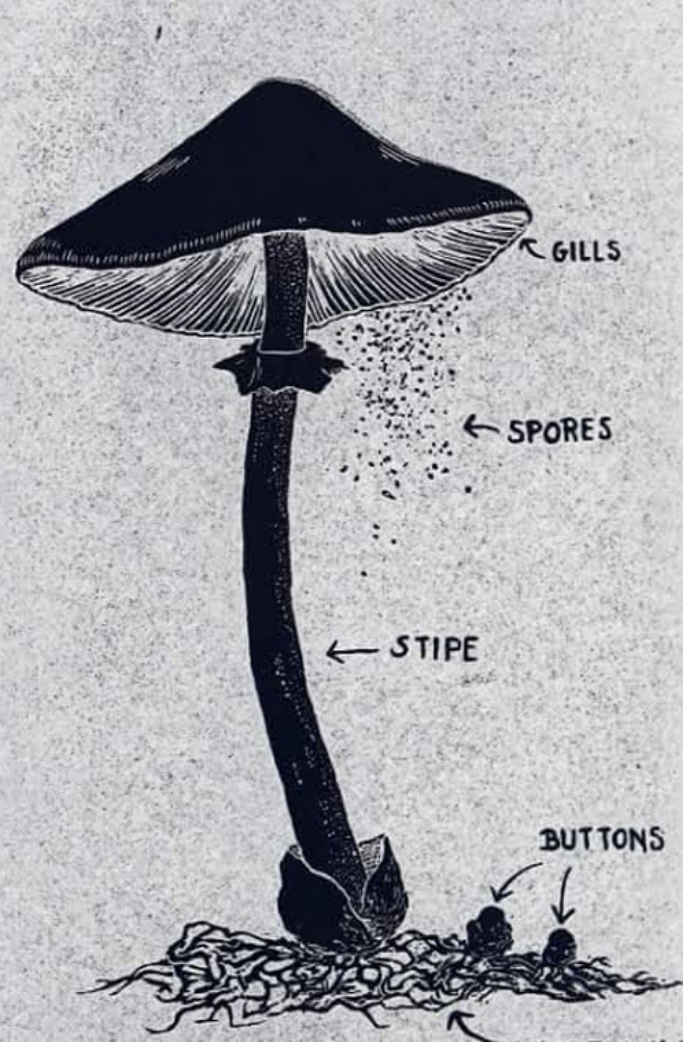
Relación de conceptos

Biomaterial y Micelio:

Se entiende por “biomaterial” un material construido a partir de una materia prima biológica que, además, en su cadena de valor (producción y descomposición), no presenta contaminación para el medioambiente. Es por eso que, mediante el micelio y un proceso productivo determinado, acompañado de moldearlo para la situación requerida, se puede cumplir con la definición de biomaterial, con diferentes propiedades y características propias del micelio.

Micelio y morfologías reconocibles:

La capacidad de moldear el crecimiento del micelio a una determinada morfología, nos motiva a creer en la idea de que cualquier objeto que pueda funcionar bajo las capacidades del micelio, puede ser creado a partir de este biomaterial natural y no contaminante.



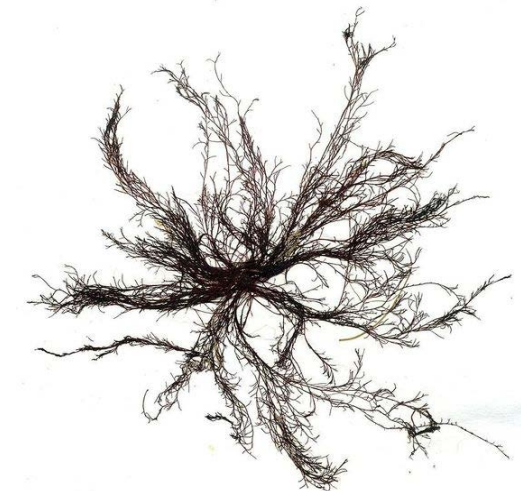
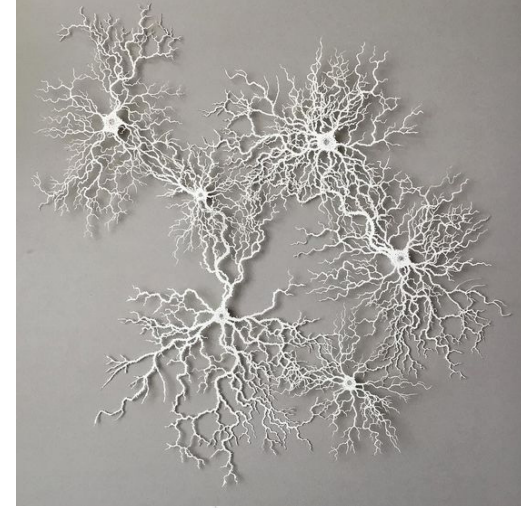
Capítulo II: Marco teórico

En el siguiente capítulo, iniciaremos con una acotada explicación sobre el reino fungi, tipos de hongos y estructuras, pudiendo detallar qué es el micelio y como su crecimiento logra crear una red capaz de formas estructuras. Se evidenciarán y explicarán qué son los biomateriales y como estos se construyen, pudiendo unir el micelio con esta tendencia.

Además, se detallará paso a paso la explicación de construcción para poder servir como guía de producción de morfologías básicas de este biomaterial para el lector.

Para continuar, se hablará de conceptos que relacionan al diseño con nuevas visiones y en el ámbito creativo, otorgándole al diseño la posibilidad de utilizar el micelio como materia constructiva para públicos contemporáneos que buscan opciones de vida saludables y respetuosas con el medio ambiente.

Se finalizará con la exposición de proyectos de diseño que usan el micelio como materia prima, siendo estos inspiracionales para el proyecto y referentes de esta forma constructiva.



1.- *Reino fungi, hongos y micelio.*

1.1.- *Reino Fungi: Definición y características generales*

“El reino Mycota o comúnmente conocido como Fungi, se refiere al reino de los hongos que constituye, junto con el reino Animalia, el reino Plantae, el reino Protista y el reino Monera, los 5 reinos taxonómicos³¹ de la evolución biológica o reinos de la naturaleza que engloban todas y cada una de las diferentes formas de vida conocidas en el planeta Tierra” (Roldan, 2022).

“El Reino Fungi incluye una gran variedad de especies de seres vivos, son organismos eucariotes, esto significa que no se mueven, no realizan fotosíntesis y se alimentan por medio de absorción” (Significados, Reino Fungi, 2022).

Los hongos son parte de un reino que contiene más de 50.000 especies, las cuales tradicionalmente se han incluido dentro del reino vegetal, es decir, plantas, esto es erróneo, conformando así el propio “Reino Fungi”. Estos presentan una diferencia determinante para conformar su propio reino, siendo esta la forma en que se “alimentan” realizándose mediante absorción, (y no mediante fotosíntesis como en el reino vegetal o por ingestión como en el reino animal) por lo tanto, podemos decir que el trabajo principal de los hongos en el ecosistema es la descomposición de materias orgánicas.

Los hongos se presentan (aunque no se vean) en todos los ecosistemas y sus componentes, como suelos, aguas, aire, etc, en resumen, son organismos ubicuos, es decir, están en todas las áreas, pudiendo ser microscópicos o grandes setas, además de una gran diversidad de colores y formas. Preferentemente se desarrollan en ambientes húmedos y oscuros, pueden ser comestibles, tóxicos, parásitos, encontrando así, en este reino; el moho, levaduras, algas y setas, siendo esta última la clasificación que usaremos y a la cual nos referiremos en este proyecto.

A continuación, se señalarán algunas características sobre los hongos:

- Son organismos ubicuos y son incapaces de moverse por voluntad propia de un lugar a otro.
- Son heterótrofos, es decir, se alimentan de otras materias, no de la fotosíntesis, ya que, no pueden producirla.
- Sus células contienen quitina, la cual les da estabilidad y dureza, como por ejemplo, los exoesqueletos de los insectos, los cuales se componen también de quitina.
- Sus células reproductivas son microscópicas y estas se llama esporas, las cuales no tienen forma de gameto ni necesitan unirse a otro elemento para formar un cigoto, eso quiere decir que, solamente se separan del “ser vivo” y se divide hasta formar un nuevo individuo
- La alimentación de los hongos se da por absorción, pudiendo ser de tres formas; como parásitos destruyendo el ser vivo que se come hasta que este muera; como descomposición, generando nutrientes para las plantas y suelos; o también como simbioses, es decir, trabajando en conjunto al organismo al cual está adherido, generando una relación de nutrientes y protección mutua.

- La estructura de los hongos es compleja, pero de forma sencilla podemos decir que se divide en dos partes; el hongo es el micelio, que son básicamente filamentos largos que se entrelazan formando una red similar a las raíces de plantas y árboles; mientras que la parte apreciable fuera de tierra que puede presentar diversas morfologías y colores, conocida también como cuerpo fructífero, se llama zeta, encargada de la reproducción y liberación de esporas, utilizada popularmente para alimentación.

Se encuentran en árboles, plantas, hierbas, etc, desarrollando una fuerte simbiosis con los demás elementos naturales del entorno, es decir, interactúan a niveles de nutrientes, energías, generando interacciones favorables para ambos elementos que generan la conexión, por ejemplo, los hongos son capaces de *“proveer a plantas elementos inorgánicos que son incapaces de sintetizar por sí mismas y a la vez, aquellas abastecen al hongo de sustrato y nutrientes para su vida.”*(George-Nascimento & María, 2007)

Aunque los hongos son los organismos más conocidos dentro del Reino Fungi, este grupo también incluye otros organismos como las oxidas, tizones, trufas, mohos, levaduras y bolas de hojaldre. Sin embargo, muchos de estos todavía no han sido completamente estudiados o clasificados debido a la enorme diversidad que existe en el planeta.

“La mayoría de los hongos crecen como filamentos, estos filamentos se llaman hifas. Cada hifa consiste en una o más células rodeadas por una pared celular tubular, una masa de hifas son la que luego conforman el cuerpo del hongo, a este se lo conoce como el micelio”(LibreTexts, 2022)

Los micelios pueden presentar tamaños muy variados; algunos son tan pequeños que solo se pueden observar con microscopios, mientras que otros pueden alcanzar dimensiones gigantescas. Cuando un micelio es muy extenso, se le denomina micelio maduro. Estos suelen formar asociaciones simbióticas con árboles, lo que ocurre principalmente en los bosques. En esta relación, tanto los hongos como los árboles colaboran para obtener los máximos nutrientes disponibles en su entorno.

“Los micelios por sí solos pueden llegar a ser los organismos vivos más grandes de la tierra. Un ejemplo de esto puede ser el comúnmente llamado “hongo enorme” de los bosques en Oregon, Estados Unidos. En el cual su micelio puede llegar a abarcar de 8 a 10 km². Este micelio de hongo se estima que puede llegar a tener alrededor de 2.400 años”(LibreTexts, 2022).

Lo que comúnmente conocemos como hongos (también llamados zetas) corresponde a los cuerpos fructíferos del micelio, los cuales se hacen visibles únicamente cuando este alcanza su madurez. A diferencia del micelio, que permanece bajo tierra, los cuerpos fructíferos emergen en la superficie y son los encargados de liberar las esporas que se dispersan con la ayuda del viento o de los insectos durante la fase reproductiva del hongo

“La morfología de los cuerpos fructíferos de los hongos se da dependiendo de su especie, existen una gran variedad de formas, colores, algunos pueden ser comestibles, mientras otros pueden ser tóxicos por su alta cantidad de toxinas. También existen los llamados hongos dimórficos, también conocidos como “dos formas”, esto se da principalmente a causa de las temperaturas y contextos donde estos crecen”(LibreTexts, 2022)

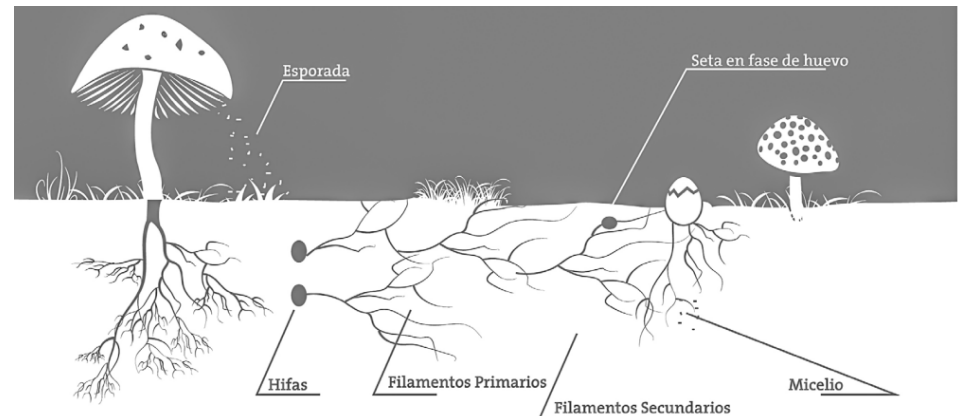


Imagen obtenida de Manual de Biofabricación con Hongos. BioFab (2020)

Para efectos de este proyecto, nos centraremos principalmente en el micelio y en menor medida, el cuerpo fructífero.

1.2 Micelio

El micelio constituye la parte vegetativa de los hongos. Estos se dividen en dos partes: la vegetativa, no visible y encargada de la alimentación, y la visible, denominada zeta y encargada de la reproducción. Es igual que un iceberg, la zeta u “hongo” (popularmente conocido) representa una pequeña fracción, ya que, bajo la tierra, encontramos filamentos blancos extremadamente delgados, incluso microscópicos. Esta red de filamentos, denominados hifas, que se extienden subterráneamente y de forma unidireccional, forman una red que crece rápidamente hasta conformar un entramado que para el ojo humano tiene aspecto de “algodón”, estudios afirman que las hifas crecen 1mm por hora cuando se encuentran en un entorno óptimo en cuanto a; temperatura, humedad, oxígeno, luz, sustrato, ventilación.

Entonces entendemos que, es la red filamentosa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de los hongos, la cual es capaz de generar tramas, las cuales se comportan como un pegamento, cementando el sustrato en cual se encuentra creciendo, transformando esta materia en una estructura sólida.

Esta estructura ha ganado interés en diversas disciplinas debido a sus propiedades únicas y versátiles, que van desde su capacidad de crecimiento rápido hasta su potencial para ser utilizado como biomaterial en diversas aplicaciones.



Imagen de autoría propia. (2023)

Es así, bajo estas informaciones, que la combinación de la idea de biomaterial y de micelio, conducen a una buena mezcla, que, dependiendo de la cepa del micelio y el sustrato utilizado a “cementar”, son capaces de moldearse para producir diferentes morfologías según el espacio en el que se desarrolle su crecimiento, las cuales se verían altamente afectadas por las características propias del sustrato.

Estudios, proyectos y las experiencias previas de experimentación, nos han entregado resultados que han permitido entender las propiedades del micelio como biomaterial, las cuales son; buenas características térmicas, acústicas e incluso buen comportamiento ante el fuego, además de texturas, colores, flexibilidades, durezas y resistencias.

El micelio ha sido un biomaterial muy atractivo para la arquitectura y construcción, por sus características de resistencia térmica, acústica y adaptación a moldes para crear formas, además sus características biodegradables han generado interés para proyectos efímeros y de larga duración.

De todos modos, muchos estudios, proyectos e investigaciones, concluyen que el micelio se encuentra en una etapa donde todavía se está analizando y tanteando terreno, donde es “(...) necesario investigar y realizar experimentos con el material para que tenga eficiencia, competitividad y un control de calidad industrial para su uso masivo. (...)” Jarrín Heredia (2023)





También, muchos confían en sus capacidades y creen en su alto potencial de aplicación y de producción, siendo capaz de demostrar una innovación no compleja que está muy cerca de nuestra realidad.

Ante esta última idea de que un nuevo método productivo está cerca de nuestra realidad, nace el concepto de biomímesis, el cual consiste en el estudio de formas naturales que puedan servir para la innovación tecnológica, estudiando modelos, sistemas, procesos y/o elementos naturales para recrearlos o utilizarlos como punto de inspiración. Sin embargo, todo lo explicado anteriormente es bajo el concepto biomaterial, el cual, en algún momento de su fase productiva fue intervenido para llegar a ese resultado, pues, sin esa intervención, el micelio seguiría su estado natural que concluye en el nacimiento de un cuerpo fructífero/zeta, el cual puede o no ser la alimentación de otro ser vivo. Antes de que se desarrolle el nacimiento de la zeta/hongo, las intervenciones que se pueden llevar a cabo se relacionan a alterar y/o controlar la temperatura, el CO₂, la humedad y el flujo de aire, esto detendrá el nacimiento para posteriormente someterlo a un proceso de secado.

El proceso de construcción de morfologías de micelio presenta una complejidad bastante baja si se tienen las condiciones, conocimientos y requerimientos necesarios, este proceso al ser natural en su totalidad, no implica riesgos en ecosistemas naturales, ni al momento de producirlo, ni al momento de descomponerse en el caso de que lo hiciera, por ejemplo, en un bosque.

Imagen de autoría propia (2023)

2.- *Métodos naturales como formas de construcción*

2.1 *Biomateriales*

Ante los biomateriales existe una concepción médica que está relacionada a los materiales que un organismo vivo puede resistir y tolerar, principalmente en la aplicación de prótesis, también se entiende por biomaterial, un material que tiene origen, constitución y descomposición natural, fabricado desde ingredientes naturales dejando una nula o mínima huella ecológica mínima en sus diversas fases productivas y como residuo. Ante esto existen tres diferentes clasificaciones o agrupaciones de biomateriales siendo estas;

- *Biomateriales metálicos, estos se utilizan para la creación de implantes y prótesis.*
- *Biomateriales cerámicos, para implantes o prótesis que no soportan cargas elevadas, como por ejemplo piezas dentales.*
- *Biomateriales poliméricos, los cuales se clasifican en dos grandes grupos*
 1. *Biocompuestos, que se componen polímeros naturales producidos por células de organismos vivos, como colágeno, celulosa, almidón, gelatina, etc. Estos siguen la premisa “cook it yourself” lo que quiere decir “cocínalo tú mismo”.*
 2. *Polímeros naturales; los que provienen del reino vegetal o animal, como seda, lana, algodón o también scobys, levaduras, raíces o micelio. Estos siguen la premisa “grow it yourself” lo que quiere decir “críalo tú mismo”. (Sanguinetti et al., 2022)*

Entendiendo esta clasificación, se continuará el desarrollando el concepto de biomaterial como un polímero natural que es cultivado/criado por uno mismo.

Se trata de materiales que provienen directamente de la naturaleza y son biodegradables. En su mayoría se derivan de organismos vivos, como plantas, algas y hongos, pero también puede darse el caso de que combinen rocas, minerales y fibras vegetales. Los insumos provienen del desperdicio o subproductos de otras industrias, la fibra de agave, de maíz, aserrín, etc. son un ejemplo de la reutilización de residuos agrícolas para darle un lugar de crecimiento a la materia a cultivar, en este caso micelio. Punto importante para lograr ser un biomaterial, además de su producción, es su proceso de descomposición el cual debe ser capaz de volver a su estado inicial sin causar daño al medioambiente.

En 2019, el London Design Fair (evento que celebra el diseño y fortalece la comunidad creativa, como foco la mejora del futuro y su sostenibilidad) los declaró material del año por su usabilidad y por la variedad de procesos y técnicas que involucran en su aplicación.

Fabricar un biomaterial implica reutilizar materiales de forma creativa, combinando ciencia, tecnología y arte para poder generar un producto que resuelva las necesidades del usuario. Los biomateriales en la arquitectura y el diseño son una forma de exploración en sí mismos, porque su realización involucra un trabajo creativo demandante. La mayoría de los profesionales que utilizan biomateriales son sus propios proveedores, un atributo que permite un trabajo responsable gracias al conocimiento del material, ya sea en sus procesos constructivos y acabados finales.

Cáscaras de huevo para hacer biocerámica, uso de algas para fabricar bioplásticos, hongos empleados para desarrollar fibras y tramas, son ejemplos del potencial y fuerza que tienen estos materiales. Los biomateriales, tienen por características principales; no ser contaminantes en su proceso productivo y ser biodegradable al momento de descomponerse; utilizar los residuos orgánicos/agrícolas de la industria como punto de partida para su creación; menor utilización de recursos naturales como el agua. Los biomateriales, buscan la creación y cultivo de ellos mismos, en lugar de extraerlos, “asegurando la susceptibilidad de los mismos a ser biodegradados y volver a su estado original en la naturaleza.”(Feijóo-Vivas et al., 2021)

Los biomateriales se han convertido en referentes y ejemplo claro de economía circular y sustentabilidad de construcción para el futuro, esto se debe a su capacidad de ser biodegradables y capaces de almacenar CO2 durante su vida útil, logrando además llevar a cabo un modelo de producción y consumo amigable y eficiente para un mundo que presenta una gran crisis climática y de recursos.

Existen diversas técnicas conocidas para la construcción de biomateriales y además, constantemente proyectos exponen diferentes métodos que mezclan nuevas y diversas, materias primas, sustratos y procesos, como, fibras de tamarindo, cascaras de plátano con borra de café, algas y moluscos.

A continuación se expondrán ejemplos encontrados en el catálogo 2023 que todos los años publica “Biopolimérica: Encuentro Latinoamericano de biodiseño y biomateriales”, iniciativa chilena organizada por LABVA y Manifiesto, que el próximo 2025 realizará el encuentro en Colombia. *Biopolimérica se centra en materialidades biológicas que surgen de un contexto específico respondiendo preguntas específicas de un territorio. Nos alejamos de lo global y genérico en busca de nuevas experiencias biomateriales situadas. A través de charlas, exhibiciones y talleres buscamos visibilizar el trabajo que está realizando la comunidad biomaterial tanto en Chile como en Latinoamérica (Biopolimérica, catálogo 2023)*

CARMÍN ⁽²⁰¹⁸⁾ BIOPOLÍMERO ANCESTRAL

Edith Medina
Ciudad de México, México



Carmin: proyecto de desarrollo biopolimérico con aplicaciones textiles, que vincula diseño, biología y materiales ancestrales.

Carmin es un proyecto que restablece las vinculaciones inter y transdisciplinarias entre tradición, naturaleza y diseño, destacando las posibilidades de combinar materiales, historia y materialidad.

La producción de biopolímeros de Carmin utiliza la Grana Cochinilla, un insecto con usos ancestrales en el campo de los tintes. Producido por las hembras del Insecto *Dactylopius coccus*, su empleo promueve su valor a nivel local y amplía las aplicaciones y usos más allá de los tintes, otorgándole un valor social, cultural y económico.

Reaprovechando sus capacidades materiales más allá de su utilidad tintórea, Carmin busca recuperar su valor como sustrato para producir un biopolímero de alta resistencia y maleabilidad, a partir del cual se elaboran diversas aplicaciones textiles. Incluyendo lentejuelas orgánicas y biocueros.

Es así como Carmin busca abrir otras opciones de trabajo y reinterpretación material de una materia prima que se cultiva solo para el campo tintóreo y cuya composición química permite revalorar y expandir sus usos.

Como señala Edith Medina, creadora de Carmin, el objetivo de su proyecto no es vender materiales de manera masiva, sino revalorizar la producción de un insecto trascendental para la historia material. Este insecto fue empleado y comercializado en Mesoamérica y domesticado en la parte sur de México desde tiempos prehispánicos.



BIOPOLÍMERO
GELATINA

PIGMENTO
GRANA COCHINILLA



@biologystudio

Conoce más

UVERO ⁽²⁰¹⁸⁾ BIOCUERO DE ORUJO DE UVA

Gisela Tabacman
Jujuy, Argentina



UVERO: material biodegradable similar al cuero, obtenido a partir de la reutilización de los restos de uva y aglutinantes de origen natural.

Este proyecto se centra en investigar y desarrollar nuevos materiales mediante la reutilización de los residuos de uva generados después del proceso de extracción del vino. En la Quebrada de Humahuaca, ubicada en la región de Jujuy, Argentina, la producción de vinos de extrema altura ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años. Los orujos, que son las semillas y la piel de la uva, constituyen remanentes generados en gran cantidad en las bodegas. Aunque estos residuos pueden ser compostados, su alta carga orgánica dificulta su degradación biológica. Además, al ser estacionales, su acumulación se concentra durante breves períodos asociados a las etapas productivas en la vitivinicultura.

Este proyecto tiene como objetivo transformar estos residuos en un material biodegradable similar al cuero, contribuyendo así a la reducción de los impactos ambientales y aprovechando de manera sostenible los recursos locales.

Su creadora, Gisela Tabacman, ha llevado a cabo una continua exploración de procesos y formulaciones utilizando diferentes tipos de aglutinantes naturales, pre-tratamientos de la materia prima y variaciones en los procedimientos de fabricación. De estas variables se derivan sus posibles usos y aplicaciones, incluso reemplazando la necesidad de materiales de alto impacto ambiental y social. UVERO es el resultado de esta exploración continua. Este biomaterial posee una apariencia similar al cuero, pero se destaca por su color, forma, textura táctil y visual, flexibilidad y peso. Además, su producción consume poca electricidad y no requiere grandes cantidades de agua.

Este proyecto tiene como gran finalidad impulsar prácticas proyectuales locales en la provincia de Jujuy, integradas a los ciclos productivos de la industria vitivinícola, agregando valor a los residuos orgánicos generados en gran cantidad y fomentando el trabajo asociativo con una entidad productiva.

BIOPOLÍMERO
GELATINA

ORUJO DE UVA



@gisela.tabacman

Conoce más

PICNIC LABORATORIO (2021) SALVAJES DE CACAO

Ciudad de México, México



Biomaterial salvaje surgido de los restos del cacao.

México se ubica en el 13º lugar a nivel mundial en la producción de cacao y es el segundo cultivo más relevante bajo sombra en el trópico mexicano, tanto en superficie cultivada como en ingreso neto. A pesar de su valor sagrado, cultural, económico y nutricional para los mexicanos, el cacao genera una cantidad significativa de residuos durante el proceso de postcosecha, aprovechándose solo el 10% del peso del fruto fresco y destinando el 90% restante como desecho. La cascarrilla de cacao, utilizada para formar esta celulosa bacteriana, es parte de esos desechos.

Picnic Laboratorio ha identificado una oportunidad en esta pérdida de residuos y ha desarrollado esta celulosa bacteriana, denominada 'salvaje' por ser cultivada en un laboratorio en medio de un huerto urbano que abarca toda la biodiversidad. Este proyecto surge de la necesidad de implementar de manera funcional biomateriales en la vida cotidiana, cultivables en cualquier condición ambiental, aprovechando los residuos de un elemento identitario mexicano: el cacao.

Este cultivo de bacterias, ya adaptadas a las adversidades de su entorno, se alimenta con los residuos de cacao de la selva del sur de México, sobrantes del proceso de transformación en productos comerciales.

PALLI (2023) BIOMATERIAL DE NOPAL

Ciudad de México, México



PALLI: recuperación y reinterpretación de los desechos de materias primas identitarias de Ciudad de México.

PALLI es un proyecto local en Ciudad de México, originado en Milpa Alta, el escudo verde de la ciudad. La alcaldía de Milpa Alta destaca como uno de los principales productores de nopal (cactus) en México, con una producción y distribución diaria de 150 toneladas de este producto, del cual el 10% se considera residuo. Con este enfoque, PALLI se dedica al desarrollo de biomateriales a partir de los residuos generados por el nopal, creando alternativas viables con diversos componentes y propiedades físicas, siempre trabajando exclusivamente con desechos naturales, sin compuestos externos ni componentes no biodegradables.

El proyecto busca complementar sus materiales con elementos obtenidos de recursos locales, como madera, frijoles, cáscaras de huevo, fécula y hojas de maíz. Esto permite que cada pieza fabricada pueda regresar al mismo terreno de cultivo, reintegrando los nutrientes al suelo.

El proyecto se basa en tres pilares fundamentales que guían su enfoque experimental, funcional y discursivo: Primero, crear un biomaterial totalmente circular que sea viable en términos materiales, económicos y naturales. Segundo, el diseñador actúa como intermediario, mientras que la naturaleza dirige el proceso, proporciona la forma y las posibilidades. La meta no es afectar la naturaleza, sino seguir su dirección. Y tercero, trabajar desde, con y para la naturaleza local.



@picnic.laboratorio

Conoce más

BIOPOLÍMEROS
MUCÍLAGO DE NOPAL
ALMIDÓN

BIOPOLÍMERO
CELULOSA BACTERIANA SALVAJE
DESCARTES DE CACAO

Por todas las posibilidades que generan, el diseño con biomateriales es una fuente de experimentación constante y un insumo que debería ser cada vez más indagado por las industrias y las áreas creativas, ya que, el entorno y la realidad actual, requieren más que producción, se necesitan nuevos procesos y materiales que puedan remodelarse, regenerarse, crecer y adaptarse de forma autónoma en respuesta al entorno, eso hace imaginar un futuro posible. (Jarrín Heredia. 2023)

2.- *Métodos naturales como formas de construcción*

2.2 *Biomaterial construido por micelio.*

La micotectura es un concepto que consiste en la construcción de morfologías sólidas a base de micelio y sustratos, es decir, que el sustrato a elección sea capaz de solidificarse gracias al dominio que hace la estructura vegetativa de los hongos, es decir el micelio. El término nace de la mezcla en griego de “mico” que significa hongo y “tekton” que es construcción.

La micotectura es un tipo de arquitectura viva que aprovecha las posibilidades que ofrece el micelio de los hongos para desarrollar construcciones sostenibles y de bajo coste. (Fuensanta, s.f.)

Como ya se explicó anteriormente, el cuerpo de los hongos es el micelio siendo el elemento principal y más grande de las setas o cuerpo fructífero, compuesto por el entramado que realizan las hifas, estas dominan el sustrato natural a elección y más favorable para el desarrollo del hongo. Las hifas crecen de forma multidireccional, formando esta red que crece rápidamente, cementando y transformando en un bloque sólido el sustrato.

Esta estructura es conocida por presentar propiedades de alta calidad en ámbitos térmicos, acústicos e ignífugos, logrando ser capaz de reemplazar, por ejemplo, materialidades como unicel, aglomerados de madera, espumas de poliuretano y diversos derivados del petróleo, es así como ha llamado la atención de

arquitectos y constructores. También ha sido atractivo por su alta resistencia a la humedad y vapor, biodegradable, compostable, no tóxico y sustentable.

Dependiendo de la cepa del micelio y del sustrato utilizado, el producto final puede moldearse para producir paneles aislantes, muebles, accesorios, tejidos, materiales de embalaje e incluso ladrillos, con buenas características térmicas, acústicas e incluso buen comportamiento al fuego. Investigaciones científicas han demostrado que, en términos de características físicas y mecánicas, los materiales a base de micelio se parecen al poliestireno expandido (a menudo llamado espuma de poliestireno), pero con un nivel mejorado de biodegradabilidad. “Además del sustrato lignocelulósico, las características de un biocompuesto a base de micelio se ven fuertemente afectadas por las especies de hongos seleccionados y su crecimiento continuo. Por lo tanto, la consistencia del micelio en sí se ve afectada, a su vez, por la composición y la estructura del sustrato” (Souza, 2023)

Para este proyecto se utilizó el hongo “Ostra Rey” científicamente conocido como *Pleurotus Eryngii*, y Hongo Ostra Phoenix los cuales, al igual que todos los hongos producen micelio y para asegurar su crecimiento y ramificación, necesitan ciertas condiciones de crecimiento o condiciones que favorecen su rápida distribución, las cuales se muestran a continuación.

Ostra Rey (*Pleurotus eryngii*)

- Temperatura óptima de incubación (crecimiento del micelio): 24-28°C

- Temperatura óptima de fructificación:

Fructifica mejor entre 10°C y 20°C, ideal para climas frescos. Las temperaturas fuera de este rango, especialmente por encima de los 30°C, pueden inhibir la formación de los cuerpos fructíferos o ralentizar su crecimiento.

- Sustratos ideales:

Prefiere sustratos de mayor densidad como aserrín mezclado con salvado de trigo (20%).

Se puede agregar yeso (2%) y carbonato de calcio (1%) para estabilizar el pH.

- Iluminación:

Necesita baja luz indirecta durante la fructificación (500-1000 lux).

- Humedad relativa:

Requiere un ambiente con 80-90% de humedad relativa para una fructificación óptima. La humedad es esencial tanto para la colonización del sustrato por el micelio como para la correcta formación de los cuerpos fructíferos. Si la humedad es demasiado baja, el hongo podría secarse y no desarrollarse adecuadamente. Al exprimir el sustrato en la mano, no debe gotear agua, pero debe sentirse húmedo.



Ostra Phoenix (*Pleurotus pulmonarius*)

- Temperatura de incubación: Rango óptimo 25°C - 30°C
temperatura constante

- Temperatura óptima de fructificación:

Es más tolerante al calor que el ostra rey, con un rango de 18°C a 30°C. Puede fructificar bien en climas cálidos.

- Sustratos ideales:

Tiene menos exigencias y puede crecer fácilmente en paja, hojas secas, o residuos agrícolas con menor densidad. También acepta residuos de café o cascarilla de arroz, aserrín, papeles triturados.

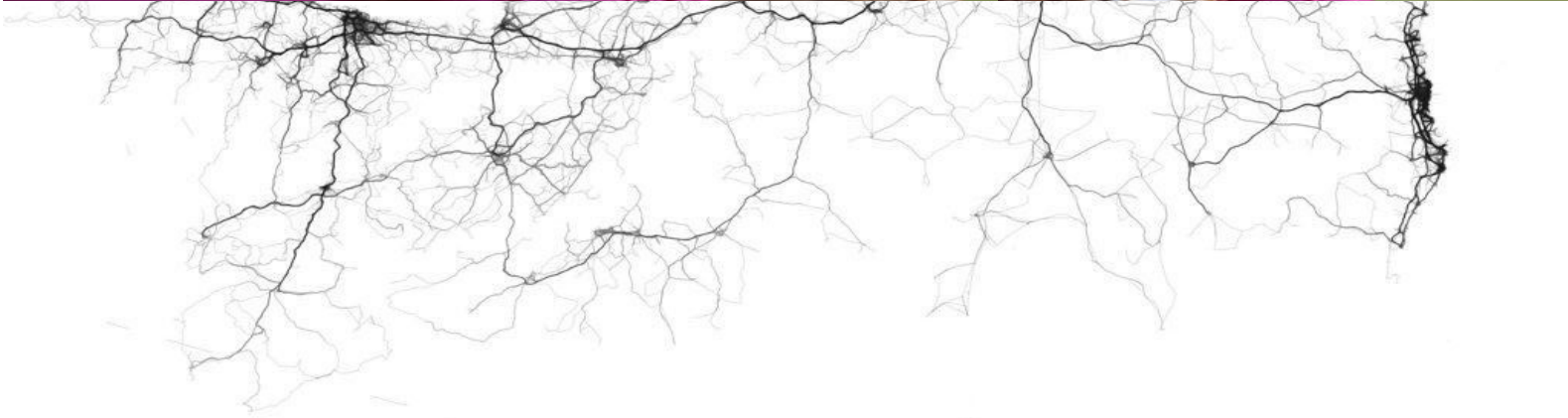
- Iluminación:

Necesita más luz durante la fructificación que el ostra rey, idealmente entre 1000-1500 lux.

- Humedad relativa:

También requiere 80-90% de humedad relativa.





2.- *Métodos naturales como formas de construcción*

2.3 *Paso a paso de la construcción del biomaterial.*

La producción de micelio no es compleja, sin embargo, necesita de ciertas especificaciones para poder llevar a cabo de forma efectiva su crecimiento.

Para crear un bloque o panel de micelio, se inicia con el crecimiento inicial del hongo en un recipiente esterilizado, ya que la presencia de bacterias podría impedir su desarrollo. El micelio necesita materia orgánica como fuente de alimento, la cual descompone progresivamente; en este caso, se utilizó una mezcla de aserrín y granos de trigo. Su rápida tasa de crecimiento lo convierte en un material fácil de producir.

Tras combinar el micelio con la materia orgánica, este comienza a expandirse hasta alcanzar una etapa avanzada. En ese momento, puede transferirse a moldes de cualquier forma, siempre que hayan sido desinfectados previamente. Una de las características más destacadas del micelio es su capacidad para adoptar distintas formas, lo que lo hace útil tanto en proyectos de diseño arquitectónico como en la industria tecnológica, donde se emplea actualmente como material de embalaje.

El micelio suele tardar entre 15 y 25 días en cubrir por completo el molde, dependiendo de su tamaño. Durante este período, permanece en un estado de crecimiento activo hasta que se agotan sus nutrientes. Una vez que se extrae del molde, se somete a un proceso de secado, ya sea mediante frío o calor, para fijar su forma definitiva. En esta etapa, el micelio deja de crecer y su actividad biológica llega a su fin.

En aproximadamente dos días después del secado, el material está listo para ser utilizado o distribuido.

El principal requerimiento para el cultivo de micelio como biomaterial, es la esterilidad de todos los espacios, artefactos, sustratos y fases. Para esto, se recomienda trabajar en un lugar limpio restringido de corrientes de aire que puedan transportar contaminaciones microscópicas a nuestra zona de preparación, también, es de alta utilidad el uso de guantes, alcohol con un porcentaje mínimo del 70% para desinfectar manos, utensilios y superficies.

Proceso de fabricación del bloque de micelio

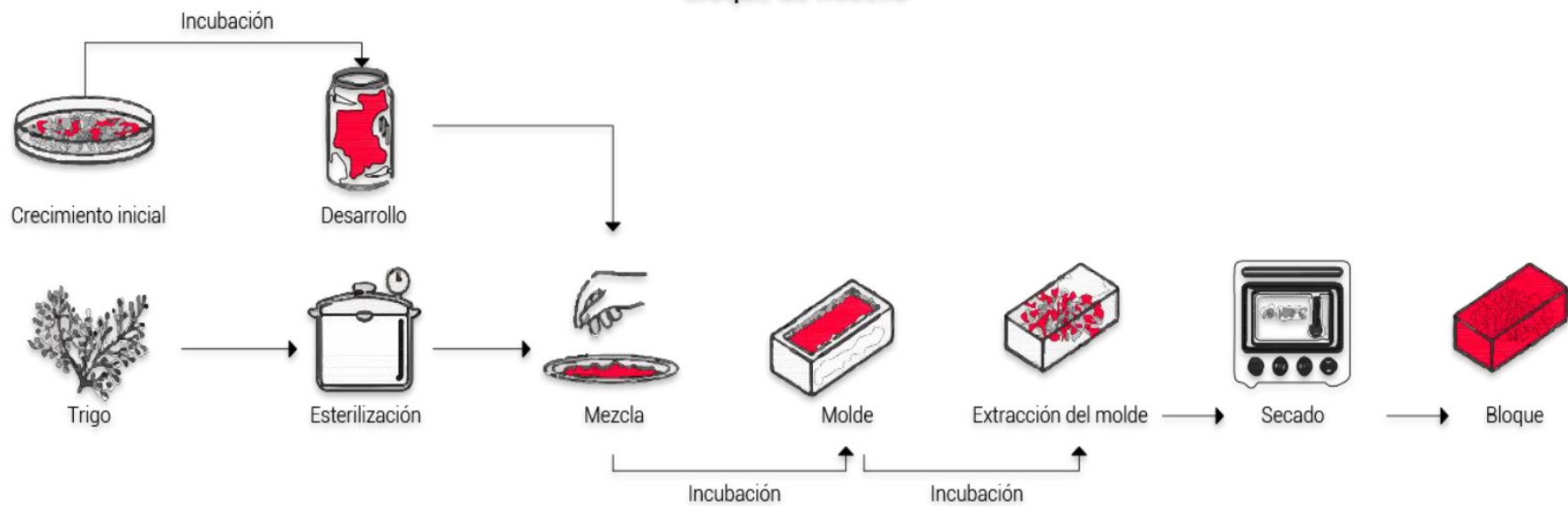


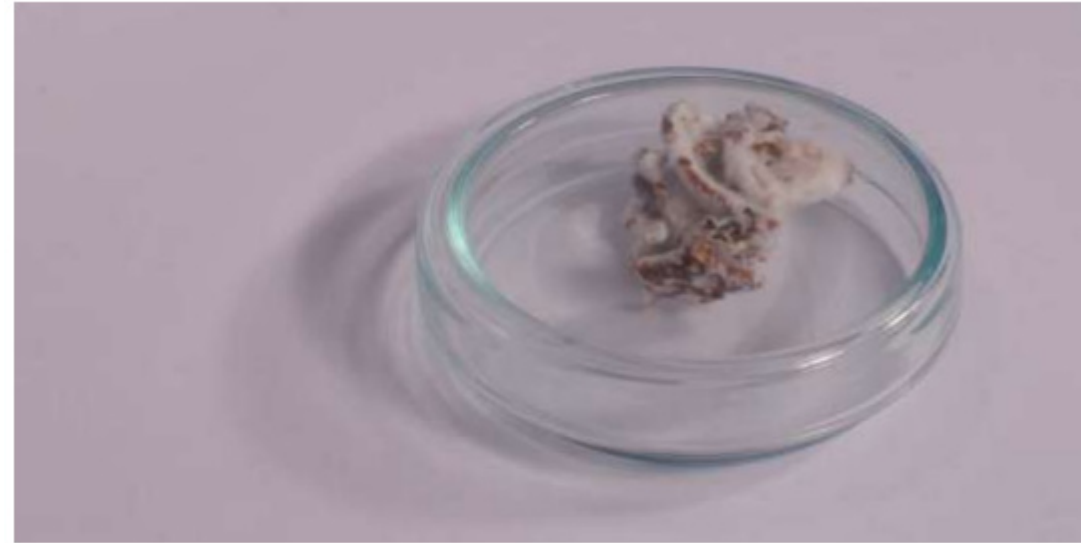
Imagen extraída del capítulo “Proceso de creación del Micelio a Bloques” Jarrín Heredia, J. O. (2023). Micelio, material biodegradable y de diseño arquitectónico [Tesis de master en diseño].

La obtención de micelio o posible propagación de este es lo principal, esto puede ser a través de diversos métodos, el más fácil es la compra de un sustrato colonizado por micelio de hongo de la tipología escogida, este cultivo puede ser adquirido en diversos laboratorios o productores locales, sin embargo, en el caso de querer ser el propio cultivador del hongo, es posible recurrir a zonas rurales para adquirir;

1) Trozos de micelio de hongo:

1. Mediante el uso de un bisturí estéril (y pinzas de ser necesario) se debe cortar un pequeño trozo del micelio del hongo. Para evitar contaminación con otros microorganismos, el trozo de micelio no debe haber estado en contacto nunca con el ambiente y debe ser preferiblemente de una parte del micelio que se encuentre dentro de la madera o de la parte interior del carpóforo (si la morfología del hongo lo permite). Para lo anterior, se recomienda cortar un cubo y, de este, volver a cortar un cubo más pequeño, con el fin de obtener parte del hongo que efectivamente no haya estado en contacto con el ambiente. Es importante entonces asegurar que cada corte se realice con un bisturí previamente, ya que de lo contrario estaremos arrastrando microorganismos desde el exterior en el bisturí. Este paso puede ser particularmente difícil para hongos que presenten una superficie muy pequeña, por lo que es necesario tomar varias muestras para aumentar la probabilidad de éxito.

2. Colocar el pequeño trozo de micelio obtenido en una placa con PDA. Es recomendable colocar múltiples trozos para aumentar la probabilidad de éxito. Todas las placas deben ser correctamente selladas con parafilm para evitar su deshidratación.



*Imágenes extraídas de:
Rodríguez, S., Matute, T., Federici, M. (2018).
Manual de Biofabricación de Alimentos.*



2) Esporas de cuerpos fructíferos.

1. Mediante el uso de un bisturí estéril (y pinzas de ser necesario) se debe cortar un pequeño trozo del cuerpo fructífero del hongo en el que se pueda distinguir claramente los poros o lamelas de éste.

2. Pegar el trozo de cuerpo fructífero bajo la tapa una placa petri. Lo anterior puede hacerse con cinta o algún pegamento instantáneo. El trozo del cuerpo fructífero debe ser pegado por su lado superior con el fin de dejar expuestos los poros o lamelas del hongo. Es importante asegurarse que el trozo cortado sea lo suficientemente delgado como para no tocar el PDA al cerrar la tapa de la placa. Las lamelas o poros deben quedar sobre el agar y no tocarlo para que las esporas caigan sobre éste. Al igual que en el método anterior es recomendable colocar múltiples trozos para aumentar la probabilidad de éxito.

De ser posible, se recomienda realizar cultivos utilizando ambos métodos en paralelo para aumentar las probabilidades de un correcto aislamiento. Finalmente, cabe recordar que si bien muchos de los hongos que se puedan recolectar son cultivables por este método, existen varios que serán difícilmente cultivable o no podrán ser cultivados. Dado lo anterior, es importante sacar siempre varias muestras y seguir los pasos con la mayor precisión posible para aumentar las probabilidades de éxito. (Rodríguez et al., 2020, pp. 21-23)

Una vez desarrollado uno de los métodos mencionados anteriormente y se cuenta con un micelio cultivado, es necesario trabajar el sustrato en el cual depositaremos el cultivo.

Si bien, todos los hongos son diferentes y requieren diversos medios, nutrientes, temperaturas, humedades, etc, sin embargo, es común para todos que, los sustratos deben ser ricos en celulosa, hemicelulosa, lignina o fuentes de carbono, compuestos orgánicos que los hongos pueden descomponer. Algunos de los sustratos más comunes para cultivar hongos y construir biomateriales de micelio, son:

- Paja de trigo, paja de avena, paja de arroz, paja de cebada; la paja es rica en celulosa y es de fácil manejo.
- Aserrín de maderas blancas como pino y también de maderas duras como roble; es un buen sustrato para los hongos que crecen especialmente en madera en ambientes naturales, también las virutas de madera son una buena opción, las cuales permiten buena aireación y de fácil dominación para el micelio
- *Cáscaras de arroz y arroz integral, son un sustrato rico en fibra, este último debe pasar por un proceso de cocción específico que consiste en cocinar el arroz durante 40 minutos (1 taza $\frac{1}{4}$ de agua por cada taza de arroz). Para poder verificar que el contenido de humedad es el ideal podemos poner algunos granos sobre una toalla de papel y observar que esta no quede húmeda al momento de retirarlos. El rendimiento del arroz es aproximadamente $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de taza por cada frasco a preparar (Rodríguez et al., 2020, pp. 21-23)*

- Sustratos en base a residuos orgánicos, como hojas secas, residuos de frutas, restos de jardinería, residuos de cultivos, pueden ser un buen sustrato, pero que deberá ser analizado según sus nutrientes para verificar la compatibilidad con el hongo a cultivar.

- Cáscaras de frutos secos, como almendras, nueces o maní han sido una buena propuesta en diversos proyectos y bastante efectiva, ya que, aportan celulosa y fibra al hongo.

Para la elección del sustrato se deben considerar dos aspectos fundamentales para el cultivo de micelio; tipo de hongo y requerimiento de nutrientes para crecer, es decir, elegir un sustrato que sea compatible con las necesidades que el hongo requiere nutricionalmente para su desarrollo y; esterilización o pasteurización, concepto determinante al momento de cultivar, ya que, los hongos son muy propensos a contaminarse con diversos microorganismos o ácaros, agentes microscópicos no observables a simple vista, por lo tanto, todo sustrato debe pasar por un proceso de esterilización para no afectar negativamente al desarrollo del hongo, ya que, este podría llegar a ser dominado por una contaminación y morir.

La esterilización es un estado transversal a todo el proceso de desarrollo, desde el inicio del cultivo hasta la obtención del biomaterial, ya sea, esterilizando utensilios, moldes, manos, pasteurizando sustratos y espacios de trabajo. Evitar las contaminaciones con microorganismos es fundamental para un desarrollo eficaz, si no, cualquier moho o bacteria, tratará de competir por el dominio del sustrato y utilizará el micelio del hongo a cultivar como alimento. La esterilización del sustrato asegurará un medio adecuado para que el micelio pueda crecer sin competencia y sin riesgos de muerte. Existen diversos métodos de esterilización y pasteurización según el sustrato a utilizar:

- Hay diversas maneras de eliminar los contaminantes del sustrato orgánico de manera casera, en vez de usar una autoclave de laboratorio. Una de ellas es usar una olla presión, y colocar el aserrín con agua por 20 minutos desde que levanta presión. La segunda alternativa es colocarlo en una olla común con bastante agua (acorde al tipo de aserrín usado será la cantidad de líquido a colocar de acuerdo con lo que absorba). Dejarlo hervir por una hora. Luego colar y dejar enfriar. (Cantera & Gentile, s.f.) Este método fue utilizado en este proyecto para esterilizar aserrín.

- La pasteurización del sustrato tanto para la generación de inóculo como de biomaterial, se debe realizar de la siguiente manera: 1. Calentar el frasco con sustrato en una olla a presión, procurando que el frasco no toque el agua. 2. Para esto se mantiene una temperatura entre 80°C y 100°C, durante 80 minutos. Esto permite disminuir la cantidad de microorganismos presentes en el sustrato, favoreciendo a su vez la generación del cultivo de nuestro interés. (Rodríguez et al., 2020, pp. 21-23)

- Este proceso sólo se realiza cuando se utilizan pajas. Las formas de pasteurizar pueden ser muy variadas, siendo las más comunes el uso de agua caliente (90 | C) o vapor. El tiempo depende del estado de sustrato. Si este no es de buena calidad, se debe aumentar el tiempo de exposición. Pajas relativamente limpias y recogidas inmediatamente después de la cosecha de los granos, pueden ser pasteurizadas de 30 a 45 minutos a 90°C. En la práctica, las pajas se sumergen en agua y cuando el agua hierve se contabilizan los 30 minutos. Hay que evitar el uso de pajas contaminadas (con coloraciones oscuras), ya que la experiencia del proyecto indica que por más tiempo de pasteurizado que se le dedique, igual terminan contaminándose (France I., Andrés; Cañumir V., Juan Antonio; Cortez A., Mónica. 2000. Producción de Hongos Ostras Chillán, Chile.)

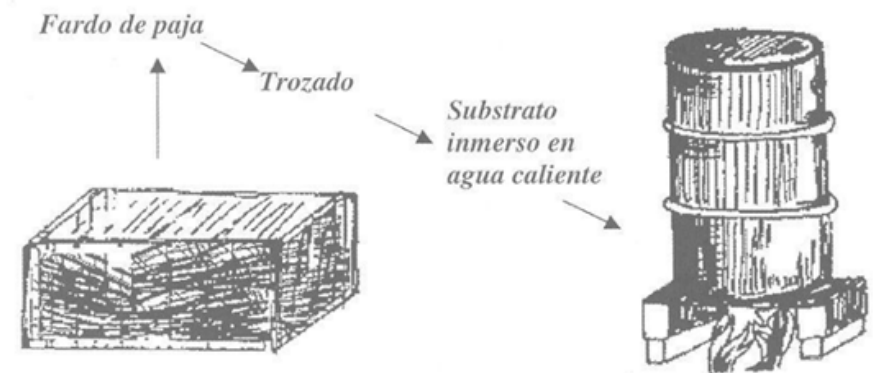


Imagen extraída de
France I., Andrés; Cañumir V., Juan Antonio; Cortez A., Mónica. 2000. Producción de Hongos Ostras Chillán, Chile.

- Otro método conocido para esterilizar sustratos secos como el aserrín es mediante un horno y pocas cantidades de sustrato. Primeramente, se debe humedecer el sustrato ligeramente y colocarlo en la bandeja de horno, mientras se deja precalentando el horno a 160°C - 180°C. Cuando ya se encuentra el horno precalentado, se introduce la bandeja con el sustrato durante 30 – 45 minutos, así la alta temperatura se encargará de eliminar la mayoría de los microorganismos presentes. Luego solo se debe dejar enfriar el sustrato en algún contenedor previamente esterilizado con alcohol.

- Para este proyecto, se utilizó la esterilización mediante peróxido de hidrogeno, comúnmente conocido como agua oxigenada. Se sumergió el sustrato (aserrín) en una mezcla de peróxido de hidrógeno con agua, en una proporción de 4:1 respectivamente. Se continúa dejando reposar durante 30 minutos, para después colar el exceso de líquido y presionar el aserrín para dejarlo húmedo y sin retención de líquido. Es posible secar el sustrato en algún contenedor previamente esterilizado con alcohol o utilizarlo inmediatamente si se utilizó la proporción 4:1, ya que, el peróxido de hidrógeno en bajas cantidades no afecta al crecimiento del micelio.

Como resumen para la esterilización o pasteurización, debe ser, dependiendo del sustrato, los recursos disponibles y alterando la temperatura o composición de este.

Continuando con el proceso de cultivo y teniendo a) micelio comprado o cultivado en placa Petri y b) un sustrato esterilizado, se debe continuar con la inoculación del sustrato, es decir, por definición:

1. Introducir en un organismo una sustancia que contiene los gérmenes de una enfermedad.
2. Pervertir, contaminar a alguien con el mal ejemplo o la falsa doctrina.

Es aquí cuando se debe introducir en un recipiente previamente esterilizado, *el sustrato + 10% de micelio con respecto al total del sustrato (Cantera & Gentile, s.f.)* Para así producir en mayor cantidad nuestro inóculo madre, que nos ayudará a tener una mayor cantidad de micelio cultivado para proceder a la producción de este en un molde determinado. Importante es considerar que los moldes deben estar compuesto por materias lisas, como metales, vidrios, plásticos, siliconas, las cuales permiten que el micelio no se apodere de ellas.

Con el pasar de 1 o 2 semanas (dependiendo de las preparaciones los elementos), este contenedor (con sustrato + 10% de micelio) tendrá el sustrato dominado, pudiendo utilizarlo para inocular más sustrato preparado.

Es recomendable para este siguiente paso poner en una gran bandeja esterilizada previamente con alcohol, el sustrato preparado y mezclarlo con 10% de micelio sacado de nuestro inóculo madre, para después ponerlo en nuestro molde, envolverlo en film plástico y dejarlo crecer en un espacio estéril, húmedo y oscuro, además, es recomendado mantener

el crecimiento en una temperatura constante, preocupándonos de utilizar algún método de calor que permita que el espacio se adecuado. Luego de aproximadamente 7 días veremos como nuestro molde esta totalmente dominado por el micelio, permitiendo el desmolde de este, para así proceder al curado del biomaterial, sometiéndolo a calor constante durante aproximadamente una hora a una temperatura de 100°C.

Un breve resumen del paso a paso en el molde:

- 1. Limpiar con alcohol el molde elegido.*
- 2. Depositar el biomaterial dentro del molde llenándolo completamente.*
- 3. Tapar el molde con film plástico e incubar a 25°C.*
- 4. Durante aproximadamente 7 días el micelio crecerá adoptando la forma del molde. Cuando la pieza este completamente blanca (producto del crecimiento del micelio) es momento de desmoldar.*
- 5. Desmoldar y poner el bloque dentro de un contenedor hermético más grande o directamente dentro de la incubadora, controlando que esté permanentemente limpia y con condiciones ambientales estables. Dejar crecer el micelio durante 7 días, aproximadamente, dependiendo del hongo*
- 6. En una última etapa la pieza se cura en un horno convencional (eléctrico o de gas) y se deja a 170°C por 20 minutos y después se le dan otros 40 minutos a 100°C, esto es para que el hongo muera y no siga creciendo y para que la pieza pierda humedad. Otra opción para el curado es poner la pieza en una deshidratadora durante 8 horas a 60°C. Luego de este proceso el bloque queda terminado. (Rodriguez et al., 2020, pp. 21-23)*

Este proceso de producción es bastante experimental si no se tienen los elementos adecuados para la realización de cada proceso, sin embargo, es bastante fácil utilizar elementos cotidianos, que pueden hacer, que este paso a paso, no sea totalmente cierto, es decir, por ejemplo, pueden variar los días de crecimiento del micelio, pueden variar los minutos de cocción del biomaterial, puede variar la temperatura que necesita el micelio en el molde según el tipo de hongo, de sustrato o de entorno. Por lo tanto, esta es una guía amplia y experimental del proceso productivo de un biomaterial de micelio.

2.- *Métodos naturales como formas de construcción*

2.4 *Caracterización del material: fases y procesos de realización*

La caracterización material se puede llevar a cabo realizando diversos análisis físicos, químicos y mecánicos mediante ecuaciones, pruebas y métodos científicos de laboratorio. Es importante mencionar que, las propiedades que se pueden obtener de estos análisis dependerán del sustrato donde crece el micelio, pudiendo ser este de composición fibrosa o composición de partículas, mientras que afectará, en menor medida, la variante del hongo utilizado.

Para llevar a cabo pruebas físicas se mide;

- Densidad, la cual se determina mediante el peso y volumen del material mediante la fórmula
- Porosidad, para comprender las capacidades de aislamiento térmico y acústico, mediante el aire que el material contiene en su interior. Este proceso se puede llevar a cabo, calculando el volumen total, saturando el material de agua para que se llenen los poros completamente, determinar la masa inicial y la masa saturada, para representar el volumen de los poros llenos de agua y aplicar la siguiente fórmula: $\text{Porosidad} = (\text{V poros} / \text{V total}) \times 100$
- Textura y estructura, las cuales determinan los dos puntos anteriores, ya que, se analiza la distribución y organización de las hifas del micelio que conforman el biomaterial. Este proceso debe llevar a cabo mediante dispositivos especializados o ³⁷microscopía.

Para el análisis de propiedades mecánicas se realizan pruebas de;

- Resistencia a la tracción y a la compresión, entendiéndose así la capacidad del material para soportar pesos o deformaciones
- La elasticidad es un parámetro aplicado a los biomateriales para caracterizarlos, evaluando su comportamiento frente a fuerzas externas y la capacidad de volver a la forma original. Dependiendo de las morfologías, procesos y sustrato, es si esta prueba se aplica o no a los biomateriales de micelio.
- Durabilidad del material frente al desgaste, humedad y cambios ambientales.

Respecto a las pruebas de tracción, compresión o elasticidad, deben ser llevadas a cabo con una herramienta específica, llamada máquina universal de ensayo o también, máquinas de pruebas mecánicas, la cual permite aplicar fuerzas controladas y medir aspectos de deformación o resistencia. Esta herramienta es la principal para medir compresión y módulo elástico. Adquiere el nombre de universal, ya que, también realizar otro tipo de mediciones, como tracción, flexión o cizallamiento. Esta máquina se compone por celdas de carga las cuales se encargan de medir la fuerza aplicada, extensómetros encargados de medir el cambio longitudinal o deformación de un material, mordazas o placas que afirman o comprimen la muestra, software que registra y procesa los datos de carga, tiempos y deformaciones, también un rango de carga el cual es ajustable desde pocos newtons hasta grandes toneladas.

Otros métodos para caracterizar un material mediante la medición de la dureza del micelio (la cual dependerá de los factores anteriores densidad, textura, porosidad, grosor, flexibilidad y su proceso de fabricación) son;

Shore A, un ensayo de dureza que utiliza un durómetro Shore, dispositivo que aplica presión sobre la superficie del material mediante una aguja específica que evalúa la resistencia del material a la penetración, esta aguja troncocónica está inclinada en un ángulo de 35° y un resorte calibrado, lo cual mide cuánto penetra la aguja el material según una carga específica y durante un tiempo determinado.

En el caso de biomateriales de micelio con mayor rigidez y dureza, es posible utilizar Shore D, mismo método para medir plásticos duros. O en caso contrario, un material extremadamente blando como espumas o geles se utiliza Shore 00.

También, es posible realizar análisis de propiedades químicas, analizando su composición química con técnicas como la espectroscopia infrarroja, identificando así componentes del micelio, también se puede analizar la estabilidad a temperaturas elevadas de las hifas, mediante análisis termogravimétrico o incluso se puede medir la resistencia a la absorción de agua.

3.- Diseño, contaminación y sustentabilidad

3.1 El diseño y la utilización de materias primas y procesos productivos

Los problemas de contaminación en la actualidad son bastante significativos y evidentes, estos se han ido incrementado con el paso de los años por diversos factores, como; producción de materias primas con altos consumos energéticos, materialidades con ciclos de vida extremadamente largos provocando acumulación de estas, falta de conciencia de reciclaje o reutilización, modos de vidas que no permiten desechar conscientemente, productos con procesos de descomposición complejos, etc.

La creación de los productos debe tener en cuenta el impacto ambiental que provocará debido a su materialidad, residuos que puede generar, su durabilidad, posibilidad de reciclaje o reutilización, para así, no generar acumulación de productos, procesos de descomposición contaminantes para el ecosistema, residuos en lugares no deseados, etc.

El diseño se relaciona constantemente con diversas profesiones, áreas, materialidades, por lo que ha estado ligado a la contaminación ambiental de varias formas;

- Uso excesivo de plásticos de consumo diario de un solo uso, materialidad que tarda mas de 100 años en descomponerse.
- Productos electrónicos, los cuales, mayoritariamente no son reciclados correctamente, que además presentan materialidades plásticas.
- Fast fashion, donde la producción de productos es mas grande que la cantidad de usuarios que pueden adquirir las vestimentas, generando acumulación en lugares no habilitados como es el caso de el vertedero textil mas grande del mundo en el norte de Chile, Alto Hospicio.
- El constante uso de materialidades no biodegradables o de procesos de reciclaje complejo, contribuyen a la contaminación de suelos, aguas, ecosistemas, etc.
- Procesos de fabricación de productos o materiales que generan liberación de gases y desechos tóxicos.
- Packaging y exceso de embalaje de un solo uso fabricados con plásticos, esponjas y recubrimientos que no consideran procesos para disminuir contaminación en océanos, vertederos o lugares no habilitados.

- El diseño de transportes motorizados, el diseño de construcciones y sus materiales contribuyen significativamente a la contaminación del aire y al calentamiento global debido a emisiones de gases.
- El diseño de espacios interiores y las diferentes materialidades como pinturas, papeles murales o paneles cubrientes, demuestran contaminaciones mayoritariamente en los procesos productivos del material a emplear para el recubrimiento, contaminando aguas, liberando gases tóxicos, deforestando ecosistemas naturales, liberando a la troposfera compuestos orgánicos volátiles (COVs) e incluso generando enfermedades a los usuarios en el caso de algunas pinturas al momento de manipularlas o incluso habitando en el espacio cubierto por esta.

El diseño a través de diversas áreas de creación y solución de problemas ha afectado negativamente al cambio climático y a la contaminación medioambiental, ya sea, creando materiales, productos, servicios y entornos.

La falta de contenidos operacionales en el discurso de la sustentabilidad y la gran variedad de caminos en el diseño, generan que sus acciones no siempre estén encaminadas al cuidado de la naturaleza como soporte y sustento principal de la vida y, por supuesto, del ser humano. Al no haber criterios consensuados sobre los aspectos de la sustentabilidad considerados en la práctica del diseño, parece necesario generar un orden que permita una acción eficaz. (Angúlo, s. f.)

El diseño tiene una responsabilidad ecológica que no puede limitarse solo a utilizar materiales que sean reciclables o reutilizables, debe contemplar dimensiones productivas, procesos biodegradables, análisis sociales y económicos, generando un impacto positivo a las comunidades y los ecosistemas. En el artículo Del diseño sustentable a los sustentos del diseño, se presentan como sustentos para el diseño:

- Responsabilidad: El compromiso del diseñador con las generaciones presentes y futuras.
- Equidad: Diseñar para todos, considerando la inclusión social y cultural.
- Regeneración: Superar la sostenibilidad pasiva, creando sistemas que reparen el daño ambiental y social.

El autor enfatiza el papel del diseñador como mediador entre la tecnología, la sociedad y la naturaleza. Este rol implica desarrollar una visión crítica frente a los sistemas de consumo y proponer soluciones basadas en el bien común.

3.2 Biodiseño

Hoy, más que nunca, en el corazón de la evolución cultural y tecnológica, el diseño emerge como protagonista de una revolución indispensable, orientada hacia la sostenibilidad. Esta profunda transformación redefine los límites de la estética y de la funcionalidad, sentando las bases para un futuro en el que cada creación se conciba y se realice con pleno respeto por el planeta que nos acoge.

La sostenibilidad y la innovación se convierten así en las nuevas fronteras del diseño, invitando a una profunda reflexión sobre la responsabilidad que diseñadores e industrias deben asumir para responder a las exigencias actuales del medioambiente y preservar el futuro de las generaciones venideras. (Diseño Sostenible: El Camino Hacia un Futuro Responsable, s.f.)

En el ámbito del diseño sostenible, se exploran diversas estrategias innovadoras que incluyen el uso de materiales renovables y ecológicos, así como la optimización de procesos de producción para minimizar tanto el consumo energético como las emisiones de CO₂. Estas prácticas también incorporan principios de diseño enfocados en crear productos duraderos y reciclables.

Una herramienta fundamental en este contexto es el análisis del ciclo de vida del producto, que permite medir su impacto ambiental en todas las etapas, desde su fabricación hasta su disposición final. Gracias a esta metodología, los diseñadores pueden identificar formas de prolongar la vida útil de los productos mediante opciones como la reparabilidad y el diseño modular, lo que ayuda a reducir residuos y fomenta un consumo más responsable y consciente.

Otro pilar esencial del diseño sostenible es la incorporación de materiales ecológicos, como bioplásticos, recursos renovables y materiales reciclados. Estos elementos no solo disminuyen la dependencia de combustibles fósiles, sino que también facilitan el reciclaje y la reutilización al final de la vida útil del producto. Además, la implementación de técnicas de fabricación avanzada, como la impresión 3D y la producción digital, permite optimizar el uso de materias primas, reduciendo así los desperdicios y el consumo de recursos.

Estas técnicas también tienen la ventaja de permitir una producción bajo demanda, lo que contribuye a evitar la sobreproducción y promueve una economía circular. Ejemplos de estas prácticas incluyen el uso de materiales provenientes de fuentes sostenibles para la decoración, la confección de prendas a partir de fibras naturales o recicladas, y el desarrollo de embalajes innovadores, donde los materiales biodegradables y los procesos respetuosos con el medio ambiente están transformando los estándares de la industria.

Ante las diversas problemáticas de contaminación y sustentabilidad, surgen nuevos conceptos y metodologías que buscan hacer menos daños a los ecosistemas del futuro, como el biodiseño; una disciplina contemporánea que busca la combinación de diseño con biología, biotecnología y sostenibilidad, imitando, trabajando con o utilizando, sistemas biológicos. Busca la integración de la naturaleza al diseño como un elemento funcional y sostenible.

Constantemente busca colaborar entre diseño y biología, mezclando conocimientos sobre biología y biotecnología para crear productos o materiales que se comporten de forma responsable y eficiente con el entorno, incorporando elementos naturales como algas, bacterias u hongos. Al utilizar elementos naturales o biológicos, logra abarcar automáticamente otro concepto fundamental; sostenibilidad, buscando que las soluciones sean regenerativas, es decir, se propone reducir el impacto ambiental, aprovechar eficientemente los recursos naturales y desarrollar ciclos de vida “cerrados”, donde los desechos se convierten en recursos nuevos para otros ecosistemas, pudiendo regenerar ecosistemas, mejorar calidad del aire, suelos y aguas, apoyando el equilibrio de los ecosistemas.

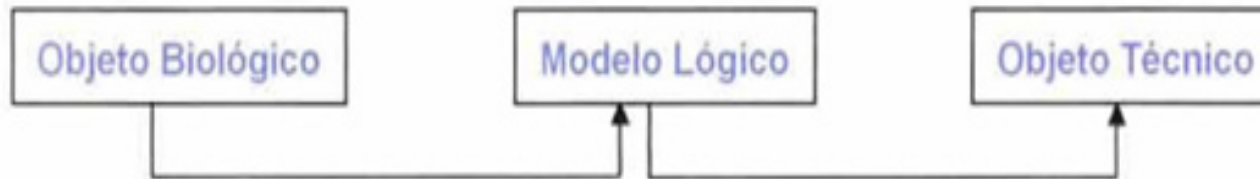
Otro concepto, ya mencionado anteriormente, que utiliza como punto inspiracional o de conocimiento para la creación, es la biomimesis o biomimética,

def. imitación de los diseños y procesos de la naturaleza en la resolución de problemas técnicos

es decir, recopila morfologías, estructuras o procesos de la naturaleza para la creación de objetos o conceptos, como, por ejemplo, imitar la resistencia y flexibilidad de una tela de araña o el modelo de ecolocalización que utilizan los murciélagos para orientarse en la oscuridad, pudiendo crear así el diseño de un bastón para personas con visión reducida.

El biodiseño se ha visto aplicado en diversas áreas, como en los techos verdes o jardines verticales que se utilizan en arquitectura, vestimentas en la moda y textiles que se componen de algas, hongos o bacterias, pudiendo crear laminas similares al cuero, también, podemos encontrar envases biodegradables de hongos o algas, incluso en la medicina utilizan aplicaciones para prótesis creadas con materiales biocomponentes o tejidos regenerativos.

Janitzio Égido Villarreal, en su tesis “Biodiseño: Biología y diseño”, nos propone un proceso de investigación conformado por tres etapas para utilizar la biomimesis como herramienta



“1.- Objeto Biológico

El objeto biológico es el organismo o la(s) parte(s) de este que se estén estudiando y que pueden ser abordados de alguna de las formas siguientes:

1. *Desde el objeto en sí, para dilucidar su estructura y su funcionamiento*
 - a. *Estructura. Abarca aspectos tanto anatómicos como morfológicos, siendo los primeros los relacionados con los componentes del cuerpo y sus relaciones espaciales y los segundos los relacionados con la forma del cuerpo y de sus componentes y su relación con su función.*
 - b. *Funcionamiento. Se relaciona con la fisiología del organismo, es decir los procesos que se llevan a cabo en y entre los componentes mencionados arriba, así como con el ambiente.*
2. *En relación con su historia*
 - a. *Ontogenia. El desarrollo biológico (a nivel individual) desde el estado embrionario hasta el adulto, que conlleva cambios en los dos incisivos del bloque anterior, en algunos casos muy evidentes como en las mariposas.*
 - b. *Filogenia. Se relaciona con los cambios adaptativos y por lo tanto evolutivos de cada especie, como sería por ejemplo la transformación del pelo en escamas queratinizadas en el pangolín.*
3. *En relación a su ambiente*
 - a. *Comportamiento. Los patrones y estrategias conductuales pueden también ser una fuente de soluciones, por ejemplo el caso de la debilitación de presas por choques sónicos de los delfines, que podría quizá servir para crear un artefacto que repela ataques de tiburones.*

2.- Modelo Lógico

Es en esta fase donde se sintetizan los principios del funcionamiento operativo, reduciendo los mecanismos inherentes al objeto biológico a principios técnicos.

Esta etapa es primordial, pues en ella se realizan la interpretación de los principios de funcionamiento del objeto biológico (resultados de la fase anterior) y la abstracción, que permite considerar los principios aisladamente posibilitando la fase siguiente.

3.- Objeto Técnico

El modelo lógico y sus abstracciones permiten aplicar los principios a un objeto técnico, ya sea producto, sistema o proceso, bien de manera análoga o bien diversa, es decir dar solución a un problema similar al que la estructura o proceso enfrentaban en el ser vivo, o dar soluciones a problemas conceptualmente diferentes, como veremos más adelante.

En el primer caso tenemos, por ejemplo, la piel del tiburón, que gracias a la presencia de escamas acanaladas dispuestas longitudinalmente sobre la superficie del cuerpo reduce la fricción con el agua evitando la formación de remolinos o turbulencias, lo que ha sido utilizado por la compañía Speedo® para generar una línea de trajes de baño (Fast-Skin®) de alto rendimiento para competencia basado en este principio.

En el segundo caso, podemos citar el ejemplo de Pham y Onder (1992), en el que emplean un algoritmo genético para optimizar el diseño de un sitio de trabajo (workplace).

Evidentemente el primer caso es de una aplicación análoga, es decir la solución tiene diferente origen, pero la misma función que en el ser vivo, mientras que en el segundo caso, la aplicación es diversa, esto es, una función diferente que la del organismo de donde se extrajo el principio.”

Un punto importante dentro del biodiseño es el enfoque material que se tiene, el cual busca integrar materiales que imiten o colaboren con los procesos biológicos, promoviendo sostenibilidad y reducción de impacto ambiental. Además de redefinir como se diseñan productos, el biodiseño busca reducir desperdicios y mediante los materiales mejorar la relación de los humanos con los ecosistemas, buscando nuevas posibilidades de sostenibilidad y eficiencia.

Algunos materiales utilizados son bioplásticos derivados de fuentes orgánicas, sustituyendo plásticos basados en petróleo, estructuras autorregenerativas las cuales son capaces de autorepararse después de un daño o materiales basados en biomasa, o utilización de algas u hongos para la creación de productos con bajo costos energéticos, generando conexión entre naturaleza y tecnología.

3.2 Biotecnología material

A medida que la llamada a actuar a través de un modelo económico circular se vuelve más urgente, nos estamos alejando de la síntesis de algunos de los elementos que se encuentran en la naturaleza. Debemos aprovechar todas las propiedades de las fibras ecológicas de manera efectiva en nuevos materiales. Actualmente se desconoce si el biodiseño será la solución al agotamiento de los recursos naturales, pero por ahora, podemos decir que tiene el potencial de aliviar nuestra huella química de abastecimiento y fabricación al tiempo que elimina el desperdicio. (Luxiders, 2023)

Los avances en biotecnología tienen el potencial de reducir significativamente el uso excesivo de recursos como la tierra y el agua, además de mitigar la degradación ambiental. Disminuir la generación de residuos y el uso de productos químicos tóxicos puede contribuir a una notable reducción de la huella de carbono global. Este enfoque busca encontrar soluciones que nos permitan convivir de manera equilibrada con recursos naturales limitados y, al mismo tiempo, enfrentar los desafíos del cambio climático.

El término Bioneer, que significa pionero biológico, surgió a principios de la década de 1990, un período en el que las preocupaciones ambientales cobraron mayor relevancia. Desde entonces, este concepto se ha utilizado en diversos campos, desde las innovaciones ecológicas hasta los avances en biotecnología y modificación genética. Actualmente, el foco se ha trasladado hacia el desarrollo de materiales biodegradables creados en laboratorios, con aplicaciones principalmente en moda, diseño y arquitectura. Este enfoque innovador en la fabricación no solo promueve la creación de materiales sostenibles y biodegradables, sino que también contribuye a eliminar la toxicidad y los residuos, superando así las limitaciones de los materiales tradicionales.

En esta misma línea, el término Bioneer hace referencia a una comunidad de biólogos, científicos de materiales e ingenieros que utilizan microorganismos como bacterias, hongos, algas, levaduras y té fermentado para desarrollar prendas de vestir, empaques y objetos de diseño de interiores. Aunque pueda parecer inusual, los Bioneers literalmente cultivan ropa, embalajes, texturas y muebles. La idea de cultivar telas fue introducida por primera vez en 2003 por la diseñadora textil Suzanne Lee, una pionera en la moda sostenible. En sus inicios, Lee y el científico de materiales David Hepworth experimentaban en jardines y baños, donde fermentaban bacterias para crear materiales innovadores. Desde entonces, Suzanne Lee, graduada de Central Saint Martins, ha encabezado una nueva era en la bioproducción, buscando maneras de desarrollar materiales alternativos similares a los derivados animales.

Inspirada en los ingredientes de la kombucha, como el azúcar, el vinagre de sidra de manzana y el té verde, Suzanne Lee logró crear prendas a partir de celulosa bacteriana. Tras numerosas pruebas con procesos de fermentación, sus esfuerzos dieron como resultado un material similar al cuero, pero con la ventaja de ser completamente biodegradable y compostable. “Puedes desecharlo de la misma forma que lo haces con las cáscaras de tus vegetales”, afirmó Suzanne Lee durante la conferencia Wearable Future en diciembre de 2013.

Más recientemente, en una entrevista con Luxiders, la diseñadora Paula Ulargui compartió detalles de su proyecto, en el cual integra plantas vivas en tejidos orgánicos. Aunque los resultados son distintos (Suzanne Lee cultiva telas, mientras que Ulargui incorpora capas florales en las prendas), ambas innovadoras exploran la fusión de la biología con el diseño de moda, demostrando cómo la naturaleza y la creatividad pueden converger en soluciones sostenibles. Inspirada en los ingredientes de la kombucha, como el azúcar, el vinagre de sidra de manzana y el té verde, Suzanne Lee logró crear prendas a partir de celulosa bacteriana. Tras numerosas pruebas con procesos de fermentación, sus esfuerzos dieron como resultado un material similar al cuero, pero con la ventaja de ser completamente biodegradable y compostable. “Puedes desecharlo de la misma forma que lo haces con las cáscaras de tus vegetales”, afirmó Suzanne Lee durante la conferencia Wearable Future en diciembre de 2013.

Suzanne Lee, directora de BioCouture, la primera consultora de biodiseño del mundo, y directora creativa de Modern Meadow Inc., una red de desarrolladores de materiales cultivados en laboratorio, predijo la llegada de una alianza indiscutible y próspera entre diseño, biología y tecnología. Esta convergencia traerá consigo la fabricación biológica aplicada al diseño y la arquitectura. Un ejemplo de ello es el Silk Pavilion, creado en 2013 por el MIT Media Lab, en el que diseñadores, ingenieros, artistas y científicos colaboraron para construir una cúpula de seda utilizando hilos tejidos por robots. Este proyecto marcó uno de los primeros usos de la fabricación digital y biológica a gran escala en arquitectura. Aunque no se ha probado su aplicabilidad en estructuras arquitectónicas más pesadas, se cree que la flexibilidad y la rápida regeneración del gusano de seda lo convierten en un material prometedor.

Por su parte, los pioneros en biotecnología, Bolt Threads, siguieron investigando la seda biológica para su aplicación en la moda. En 2017, lanzaron Microsilk™ en colaboración con Stella McCartney. Esta seda sintética, hecha a partir de ADN de araña, levadura y agua, es suave y elástica. McCartney expresó su entusiasmo por la colaboración, señalando que finalmente se está logrando una integración entre moda, sostenibilidad e innovación tecnológica.



Gold MoMa Dress by Stella McCartney © Bolt Threads



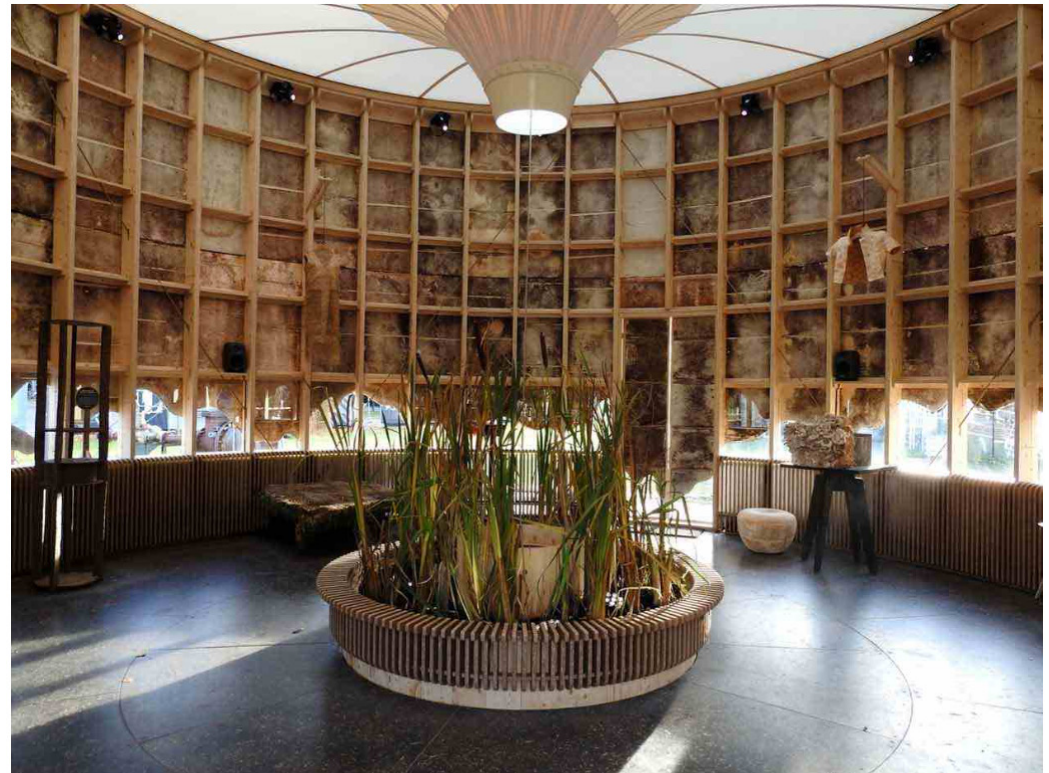
© Bolt Threads

Bolt Threads también ha patentado un cuero vegano a base de hongos, desarrollado por Ecovative Design, que ya se utiliza en productos de marcas como Patagonia y Stella McCartney. Mylo™ es un material similar al cuero hecho con micelio, las raíces bacterianas de los hongos, cultivado en laboratorio. Esta alternativa ecológica evita la ganadería, los desechos materiales y las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo una opción sostenible.

Bolt Threads también ha patentado un cuero vegano a base de hongos, desarrollado por Ecovative Design, que ya se utiliza en productos de marcas como Patagonia y Stella McCartney. Mylo™ es un material similar al cuero hecho con micelio, las raíces bacterianas de los hongos, cultivado en laboratorio. Esta alternativa ecológica evita la ganadería, los desechos materiales y las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo una opción sostenible.



© Bolt Threads



Growing Pavilion © Eric Melander

La utilización de materiales basados en hongos se extiende a diversas aplicaciones, incluidas estructuras complejas. Grown.bio, un estudio de diseño holandés, se dedica a crear materiales sostenibles como empaques, paneles aislantes y productos para interiores que son biodegradables y tienen una huella de CO2 negativa. Durante la Semana del Diseño Holandés, el artista Pascal Leboucq y Grown.bio colaboraron en el Growing Pavilion, una estructura hecha de micelio y otros materiales naturales, diseñada para inspirar a los diseñadores a adoptar materiales de construcción biodegradables y circulares.

Además de cuero y empaques, Ecovative Design y Grown.bio también han utilizado micelio para crear muebles, demostrando su resistencia y versatilidad. Actualmente, Ecovative está investigando el cultivo de hongos para producir tocino vegetariano, un proyecto impulsado por Quorn, líder británico en sustitutos de carne.

El biodesign está a la vanguardia de la innovación, con grandes empresas y diseñadores emergentes centrando sus esfuerzos en cerrar el ciclo entre la obtención de materiales, la fabricación y el consumo. Un ejemplo de ello es el paquete de fideos solubles inventado por Holly Grounds, una diseñadora que creó un envoltorio que se disuelve al entrar en contacto con agua hirviendo, eliminando así el desperdicio de plástico de un solo uso. Nuevos diseñadores están reconociendo las maravillas de la naturaleza y su estado vulnerable, buscando soluciones para mejorar nuestra relación con el medio ambiente. El paquete de fideos solubles es un claro ejemplo de un modelo económico circular que integra diseño, biología y tecnología.

La biotecnología material es el uso de organismos vivos, componentes biológicos o procesos naturales para desarrollar materiales innovadores con propiedades específicas que pueden aplicarse en diversas industrias como medicina, construcción, textil o medio ambiente. Estos materiales se crean mediante técnicas avanzadas de biotecnología, como la biología sintética o la ingeniería genética, para lograr características funcionales y sostenibles.

Algunos ejemplos de materiales biotecnológicos incluyen:

1. **Micelio:** Utilizado para crear bioplásticos, cuero vegano y materiales de construcción biodegradables debido a su capacidad de crecer y adaptarse a diversas formas y texturas.
2. **Proteínas recombinantes:** Se usan para fabricar biomateriales médicos como suturas, adhesivos quirúrgicos y tejidos artificiales
3. **Materiales bioinspirados:** Como las superficies basadas en la piel de tiburón, que reducen la fricción y son aplicadas en trajes de baño de alto rendimiento
4. **Bacterias modificadas:** Desarrollan bioplásticos como el PHB (polihidroxibutirato), un polímero biodegradable producido por bacterias

Estos avances buscan no solo mejorar materiales existentes, sino también contribuir a la sostenibilidad, reemplazando productos sintéticos contaminantes con alternativas biodegradables y renovables. La biotecnología aplicada a materiales es una clave para un futuro más sostenible y eficiente.

3.3 Beneficios de una mirada ecológica

Reducción del impacto ambiental

Uno de los beneficios más tangibles del ecodiseño es la significativa reducción del impacto ambiental. Este enfoque busca minimizar los efectos negativos en el medio ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, desde su fabricación hasta su disposición final. Seleccionando materiales reciclados o biodegradables y optimizando los procesos de producción, es posible reducir de manera considerable las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la contaminación. De hecho, según la Comisión Europea, hasta el 80% del impacto ambiental de un producto se determina en la fase de diseño. Esto implica que las decisiones tomadas al inicio del proceso de creación de un producto son clave para reducir su huella ecológica. Por lo tanto, aplicar principios de ecodiseño desde el principio ayuda a minimizar la cantidad de residuos generados, el uso de recursos naturales y las emisiones asociadas a la producción.

Economía circular

El ecodiseño también juega un papel fundamental en la promoción de la economía circular, un modelo económico que busca regenerar los productos y materiales en lugar de seguir el modelo tradicional de “tomar, hacer y desechar”. Este modelo circular se centra en prolongar la vida útil de los productos, asegurando que los materiales continúen en uso el mayor tiempo posible, lo que reduce la necesidad de nuevos recursos y la generación de desechos. El ecodiseño facilita la creación de productos que puedan ser fácilmente reciclados, reparados o actualizados, cerrando así el ciclo de vida de los productos de manera eficiente.

Además, al incorporar estos principios, el ecodiseño no solo aumenta el potencial de reciclaje, sino que también permite alargar la vida útil de los productos. Por ejemplo, al diseñar productos que sean fácilmente reparables o que tengan piezas intercambiables, se facilita su mantenimiento y actualización, evitando que se conviertan en residuos rápidamente. De igual forma, los productos pueden ser diseñados de manera que sus componentes sean fáciles de separar, lo que facilita su reciclaje o reutilización de una manera adecuada y eficiente.

Un ejemplo destacado de esta aplicación es la marca de ropa Patagonia, que ha implementado programas en los cuales los clientes pueden devolver sus prendas usadas para ser recicladas o reparadas. Esto no solo contribuye a reducir el consumo de nuevos recursos, sino que también ayuda a disminuir la generación de desechos, alargando la vida útil de los productos y fomentando un modelo de negocio más sostenible.

Ahorro de costes

El ecodiseño también tiene un impacto positivo en la reducción de costes para las empresas. Según un informe de la Comisión Europea, el 90% de los costes de fabricación se derivan de decisiones tomadas durante la etapa de diseño del producto. Al adoptar principios de ecodiseño, las empresas pueden optimizar el uso de recursos, reducir el consumo de energía y materiales, mejorar los procesos de fabricación y generar menos residuos. Estos ahorros se traducen en una mayor eficiencia económica para las empresas.

Un ejemplo de esta estrategia de ahorro es la empresa suiza On, especializada en calzado deportivo. On ha desarrollado una línea de calzado completamente reciclable fabricado con materiales sintéticos de origen biológico. En lugar de vender el producto de manera tradicional, la empresa ha optado por un modelo de suscripción, donde los consumidores devuelven los zapatos cuando están gastados para que el fabricante los desmonte y les ofrezca un par nuevo a cambio. Este modelo no solo reduce el desperdicio, sino que también contribuye a la economía circular, ya que los productos devueltos pueden ser reciclados y reutilizados.

Mejora de la imagen y lealtad de marca

Además de los beneficios económicos y ambientales, el ecodiseño también puede tener un impacto significativo en la imagen de marca y la lealtad del cliente. En un mundo cada vez más consciente de los problemas medioambientales, los consumidores están más atentos al impacto que sus decisiones de compra tienen en el planeta. Las empresas que adoptan el ecodiseño y demuestran un compromiso con la sostenibilidad pueden fortalecer su reputación, ganar la confianza de sus clientes y fomentar una relación más duradera con ellos. Un estudio realizado por Nielsen reveló que el 73% de los consumidores globales estarían dispuestos a cambiar sus hábitos de compra para reducir su impacto ambiental. Esto resalta el poder de la sostenibilidad como un factor clave para atraer a consumidores conscientes y leales.

4.- Estado del arte

El micelio y sus diversas aplicaciones se encuentran en investigación y con grandes expectativas a futuro, por ejemplo la empresa DELL, ha implementado espumas de micelio para amortiguar sus productos o incluso IKEA ha manifestado estar viendo el micelio como posible aplicación dentro de su empresa.

Esta poca cobertura puede generarse debido a los pocos estudios, falta de concientización de sus características y propiedades. A pesar de esto hay países como Estados Unidos, Italia, Suiza, que se encuentran desarrollando diversos proyectos, investigaciones y contagiando algunos emprendimientos.

En esta sección se mostrarán diversos proyectos relacionados a biomaterial a partir de micelio, mostrando proyectos de diferentes dimensiones y áreas, para comprender el alcance de esta interesante forma de creación.

The growing Pavilion, es un pabellón diseñado por Pascal Leboucq y su equipo, este proyecto buscaba mostrar la capacidad del micelio para encontrarse en crecimiento, construir un espacio cerrado y además permitir cosechar hongos.

“El pabellón Growing es una oda icónica a los materiales de origen biológico. El pabellón galardonado es único por la gran cantidad de materiales de origen biológico utilizados en conjunto para crear un edificio y muestra cómo muestra las posibilidades y la nueva estética de los materiales de origen biológico.

La estructura circular de 95 % y con un peso negativo de 10 toneladas de CO2 está formada por cinco materias primas principales cultivadas: madera, micelio, flujos residuales del sector agrícola, junco y algodón. El pabellón, que muestra cada material de la forma más cruda posible, tiene una identidad visual muy distintiva, una textura y un color orgánicos. Se erige como una solución necesaria y viable para reducir el uso de recursos fósiles y su impacto destructivo en el cambio climático. Estimula la imaginación para provocar un cambio radical en el pensamiento, la acción y la construcción de base biológica.” Así se indica en su sitio web.



El micelio es capaz de trabajarse de dos formas, como un elemento vivo (ejemplo anterior “The growing pavilion”) que se encuentra en constante crecimiento o como un elemento al cual se le detuvo su crecimiento para ser un elemento solido, como el siguiente ejemplo que nos propone una serie de mobiliarios de diferentes volúmenes .

El caso se trata de una serie de taburetes y lámparas creadas por Sebastian Cox y Ninela Ivanova, colaborando en el diseño a través desechos de madera y micelio

“Cada pieza es creada por el micelio a medida que crece y une los desechos de madera verde alrededor de marcos hechos a medida para formar piezas de diseño livianas, increíblemente fuertes y completamente compostables. A través de una amplia investigación y experimentación, hemos identificado la especie de micelio, Fomes fomentarius, como la que funciona de manera más eficaz con el avellano talado y el sauce cabruno; dos especies de madera británica que actualmente no tienen un uso económicamente valioso y que a menudo se consideran desechos. Juntos hemos tomado esta combinación perfecta de materiales y hemos aplicado inteligentemente la relación simbiótica al mobiliario contemporáneo.”



MOGU es otro importante referente que se dedica a producir paneles acusticos producidos por micelio y residuos agroindustriales.

MOGU entrega cinco diferentes tipos de paneles centrados en la eficiencia acustica.

“Los productos Mogu Acoustic se caracterizan por un excelente rendimiento en la absorción de las frecuencias del habla.

Están diseñados para maximizar el confort acústico en espacios ruidosos como restaurantes, oficinas y comercios con alto tiempo de reverberación” se señala en su pagina web, además, en este sitio, aseguran tener certificaciones de laboratorios sobre resistencia al fuego, aprueba de humedad, libre de COVs y 100% circular, por su no contaminación y biodegradabilidad.



Imágenes extraídas de cada sitio web oficial.

Sporabiotech es un emprendimiento Chileno que busca la fabricación idéntica al cuero animal pero en base al micelio de hongos, ya que, la industria del cuero está posicionada como la cuarta más contaminante del mundo, debido al uso de químicos dañinos, excesivo uso de agua y efectos secundarios en quienes trabajan este material. Sporatex busca, innovar en el trabajo de hongos en Chile y hacerle frente a la contaminación en la industria textil.

En una entrevista / video explicativo, exponen las grandes reducciones de tiempo que logran trabajando con nanotecnología y micelio versus la producción de cuero animal, reduciendo los tiempos de trabajos a semanas mientras que de forma tradicional son años.



Es una empresa dedicada a la fabricación de materiales compatibles con la tierra a partir de las nuevas tecnologías de micelio, la misma que se han encargado de desarrollar en sus laboratorios.

Entre sus productos se encuentra el AirMycelium, que es una espuma de alto rendimiento para aislamiento y amortiguación, y MycoComposite, que tiene diversas aplicaciones para empaques y construcciones.

Ecovative utiliza micelio, raíces de hongos y materias primas agrícolas de bajo valor (parte de las plantas que no se pueden utilizar como alimento) para fabricar sus envases.

“Estamos usando hongos para crear una clase completamente nueva de materiales que se comportan de manera muy similar al plástico”.



Es una empresa dedicada a la fabricación Es un estudio de diseño consolidado en el 2021, investiga, desarrolla y construye productos biotecnológicos libres de huella de carbono con características resistentes, 100% orgánicos que facilitan la experiencia de habitar espacios armónicos. Mush Bio, diseño un panel de revestimiento decorativo inspirado en Los Andes. Este se fabrica mediante diseño paramétrico y su materialidad es en base al micelio de hongos. Además de aportar a la identidad cultural a través de su diseño que busca modelar la topografía del territorio ecuatoriano y latinoamericano, el panel posee cualidades termoacústicas, ligereza y una belleza única, llevando la naturaleza a los espacios interiores



Imágenes extraídas de cada sitio web oficial.

Capítulo III: Formulación de proyecto

Problemática:

La utilización de materias primas comunes para la construcción de morfologías o productos puede implicar, en la mayoría de los casos, contaminación en sus fases de producción y sobre todo cuando se convierte en deshecho o debe descomponerse, esto debido, en cierta parte, por la falta de procesos amigables con el medioambiente y la poca concientización sobre la reutilización o reciclaje, generando así un consumo excesivo de productos, los cuales no proponen procesos de descomposición coherentes con el medioambiente y el ritmo de la sociedad.

Ante esta situación podemos encontrar diversos biomateriales, que, como el micelio, no se encuentran difundidos ni insertos en los medios creativos como una posibilidad de producción para llevar a cabo procesos y propuestas ecológicas, amigables con el medioambiente y de cero contaminaciones.

Oportunidad:

El desarrollo de medidas alternativas y naturales, como reemplazo a materias primas contaminantes que son utilizadas en la creación de productos, es una tendencia creciente en la actualidad bajo el nombre de biomateriales, los cuales han demostrado el desarrollo de materiales efectivos y eco amigables capaces de reemplazar los modos tradicionales y comunes, posicionándose como viables y no contaminantes.

Esta situación nos permite la oportunidad creativa de trabajar un biomaterial en base a micelio que es totalmente capaz de conformarse tridimensionalmente en diversas morfologías, exponiendo diferentes interacciones que permiten sus cualidades físicas, generando así, proyecciones de sus posibles aplicaciones y alcances.

Fundamentos del proyecto:

Los biomateriales se están posicionando fuertemente como una tendencia y una forma productiva no contaminante que propone un modo sustentable para la creación y reemplazo de materiales de algunos productos de manufacturación poco amigable con el medioambiente que han estado aportando a una proyección negativa del cambio climático y el mundo.

Por lo mencionado anteriormente es que se busca exhibir un biomaterial que no es contaminante en su fabricación, es biodegradable en su descomposición, amigable en la interacción con el mundo y sus actores sociales, además de funcional como las materias primas actuales. Este nace desde la interacción de elementos y procesos productivos propios de la naturaleza, como lo son; un sustrato natural y el micelio de los hongos, los cuales no se ven intervenidos ni acompañados de componentes dañinos cuando comienzan a interactuar.

Los diversos biomateriales y en este caso particular, el biomaterial en base a micelio, nos proponen una forma productiva y modo de interacción cuando un producto es desechado, coherente con las demandas ambientales actuales y las tendencias de aprendizaje y/o modos de vidas contemporáneos.

Descripción del proyecto:

Este proyecto propone la exhibición de conformaciones morfológicas sometidas a diversas interacciones y las fases de crecimiento de un biomaterial en base a micelio, el cual permite proyectar diversos métodos de aplicación, además, de lograr mostrarse, motivar e inspirar su utilización a diferentes diseñadores, creadores, artistas, etc, con la idea de poder plantear una nueva forma de creación través de un biomaterial efectivo y amigable con el medio ambiente.

La teoría destaca su capacidad de ser un producto no contaminante y el producto busca demostrar su capacidad de conformación y su capacidad de resistencia a las diferentes alteraciones, jugando con la experimentación y diferentes posibilidades. Las investigaciones guiaron los procesos de cultivo, las posibilidades de intervención y los requerimientos necesarios para lograr el biomaterial .

El producto resultante de este proyecto buscará instalarse de forma itinerante en diversos centros culturales, espacios creativos o galerías, invitando o no a participar a diversos expositores relacionados a la temática, buscando que, el público objetivo, se inspire y pueda acercarse a esta forma de crear, obteniendo difusores de contenido, contactos de insumos, guías prácticas, etc. La etapa expositiva podría depender de, convocatorias, financiamientos y disponibilidad de los espacios tentativos con los cuales se ha conversado para participar en sus dependencias, siendo estos, “Parque Cultural Ex Carcel”, “Balmaceda Arte Joven”, “Centro Cultural Gabriela Mistral Villa Alemana”.

Objetivo General:

Exponer y demostrar morfologías creadas de micelio que se encuentran intervenidas por diversas acciones, demostrando que este biomaterial es efectivo en su finalidad e intervención, además de una opción para un desarrollo creativo ecológico, el cual, es capaz de presentarse con diversas variaciones cromáticas, morfológicas y de aplicación.

Objetivos Específicos

1. Exponer las fases de crecimiento de los hongos, permitiendo una revisión desde su fase de inoculación, su fase de fructificación y su fase muerta que permite la creación del biomaterial, para comprender cómo desde un elemento cotidiano e insignificante se componen formas complejas.
2. Demostrar físicamente como el micelio es capaz de conformarse y resistir ciertas intervenciones, permitiendo la idea de proyectar diferentes aplicaciones morfológicas según las interacciones que recibirá.

Usuarios:

Este proyecto busca inspirar el desarrollo y cultivo de micelio como biomaterial, dirigiéndose así, por consecuencia, a dos tipos de usuarios;

- *Primero, quien observa la exhibición;* un usuario creativo, que le gusta la naturaleza y los diversos componentes de ella, con aspiraciones de hacer cosas positivas y con una constante motivación a aprender, conocer y practicar actividades ajenas su persona.

<p>¿Qué piensa y siente?</p> <ul style="list-style-type: none">- Piensa en que sus creaciones deben ser de mínimo impacto ambiental, al igual que algunos aspectos de su vida- Siente el compromiso de crear sin dejar rastros- Piensa en una proyección positiva del futuro gracias a nuevas tecnologías- Cree que la sociedad debe ayudar al medioambiente- Piensa que la naturaleza tiene mucho que aportarnos desde sus comportamientos.	<p>¿Qué ve?</p> <ul style="list-style-type: none">- Referentes de diseño, arte y arquitectura que crean pensando en el ecosistema como referentes- Nuevas tendencias, tecnologías, materialidades.- Falta de compromiso desde las industrias y quienes utilizan las materias primas para producir artefactos, productos, obras.
<p>¿Qué escucha?</p> <ul style="list-style-type: none">- Las diferentes formas de generar actos positivos con el medioambiente y las posibles herramientas y materialidades para esto.- Los índices de contaminación- Escucha nuevas tecnologías probadas por sus pares que son parte del mismo contexto creativo	<p>¿Qué hace?</p> <ul style="list-style-type: none">- Adquiere y practica los métodos creativos no contaminantes que le parecen interesantes- Rechaza materialidades con altos índices de contaminación en cualquiera de sus fases.- Consume referentes ecoamigables.
<p>Esfuerzo</p> <ul style="list-style-type: none">- Le preocupa el impacto que ha generado su área creativa- Siente culpa por la utilización de materias primas contaminantes- Se esfuerza en disminuir su impacto en el ecosistema	<p>Resultados</p> <ul style="list-style-type: none">- Satisfacción por la utilización de materiales no contaminantes y naturales.- Produce creaciones con una nueva materialidad para su persona.- Reduce su impacto medioambiental.

-Segundo, quien adquiere productos en base a micelio; personas que buscan constantemente nuevas tecnologías, mejoras en su estilo de vida, adquisición de alimentos saludables, consciente de su impacto en el día a día y en búsqueda de disminuirlo.

<p>¿Qué piensa y siente?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se cuestiona el constante uso de plásticos. - Cree que la contaminación puede ser disminuida mediante la consciencia colectiva. - Se siente bien utilizando herramientas/métodos de reciclaje. - Los ecosistemas contaminados le generan angustia y preocupación. 	<p>¿Qué ve?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de preocupación por el medioambiente. - Políticas extranjeras como referentes para Chile - Despreocupación por lo deshechos que generan sus pares - Tecnologías contemporáneas e innovadoras sobre utilización de recursos naturales
<p>¿Qué escucha?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Noticias sobre contaminación de ecosistemas. - Cifras que explican los porcentajes de residuos creados por las industrias . - Informativos sobre nuevas tendencias ecológicas. 	<p>¿Qué hace?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utiliza los puntos de reciclaje dispuesto en las ciudades. - Separa los residuos de su hogar, compostando los residuos orgánicos. - Adquiere productos
<p>Esfuerzo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se esfuerza por reducir su impacto, reciclando sus desechos, separando basura y creando compost - Le duele la contaminación mundial y de ecosistemas cercanos a ella. - Se esfuerza economicamente por las opciones más saludables y menos nocivas 	<p>Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor comodidad ante el desecho de productos. - Bienestar mental por sus acciones que benefician su persona y su entorno. - La industria y algunos productos no contaminan en su producción ni descomposición.

Valor de la innovación:

Este proyecto de diseño, busca innovar en los productos a exhibir, es decir, este conjunto de morfologías tridimensionales intervenidas y alteradas, demuestran una innovación material para la creación de productos funcionales que no contaminan, que son capaces de resistir humedades, pesos, temperaturas etc, y cumplir su finalidad funcionando adecuadamente igual que las materialidades popularmente conocidas.

Estos, se compone solamente desde el crecimiento de un elemento vivo, con la interacción de un sustrato natural, logrando conformar piezas de nuevas materialidades, las cuales, son 100% biodegradables y no perjudiciales para el medioambiente en su fase productiva, logrando así, llamar la atención de diversos diseñadores, artistas, arquitectos y creadores en un contexto que requiere de soluciones fáciles y ecoamigables.

Esta exhibición y demostración, más los métodos de comunicación, busca generar en los participantes inciertos en áreas creativas, innovación en el modo constructivo con materialidades tradicionales, viendo este biomaterial como una posibilidad de sustitución material, pudiendo integrar este modo ecoamigable a diversas aplicaciones.

Propuesta Conceptual:

Estructuras tridimensionales de micelio que conforman morfologías laminares, volumétricas y contenedoras, las cuales han sido sometidas a diversas interacciones para demostrar las capacidades materiales, además, se evidenciarán las tres fases principales del crecimiento del hongo, logrando construir un recorrido visual y narrativo de la vida y manipulación del micelio.



Mapa de Sistema Producto

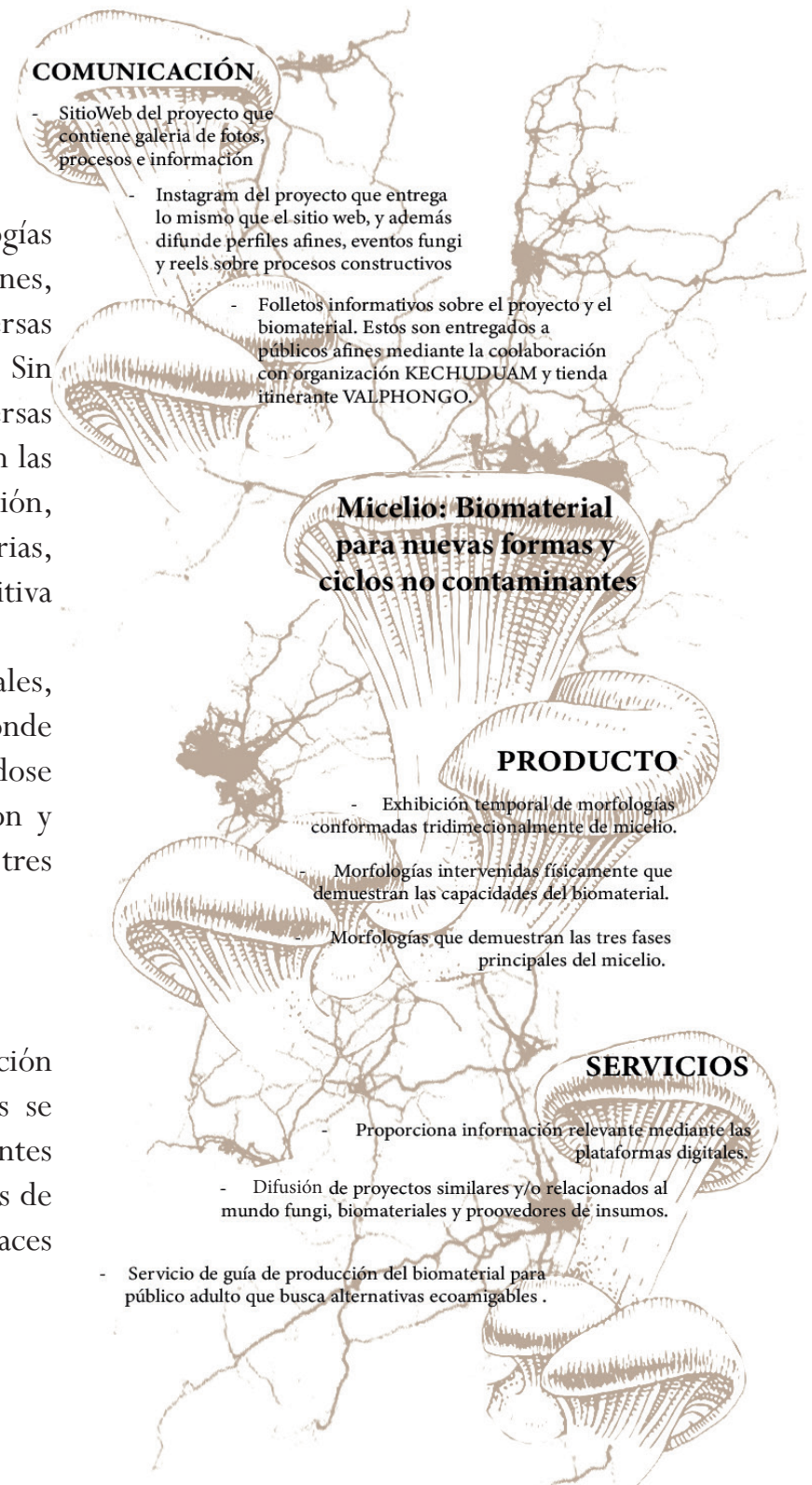
Producto

El producto del proyecto se centra en un set de diversas morfologías tridimensionales conformadas por micelio, que representan volúmenes, contenedores y estructuras laminares, las cuales presentan diversas intervenciones, como cortes, lijados, humedades, pesos y teñidos. Sin embargo, el proyecto contempla instancias de exhibición en las diversas actividades realizadas por Valphongo y KechuDuam, asociaciones con las cuales se han mantenido conversaciones para recolectar información, puntos de vistas, insumos y posibilidades de participación en las ferias, actividades y conversatorios organizados por ellos. Esta fase expositiva contempla su realización desde febrero 2025.

Además, el producto contempla tres morfologías exactamente iguales, las cuales demuestran tres fases naturales del cultivo de hongos, donde se ve la evolución del micelio y del producto a crear. Mostrándose primeramente la fase de inoculación, luego la fase de fructificación y luego la fase “curada” que permite el biomaterial, entendiendo los tres puntos claves del crecimiento del micelio.

Servicios

Los servicios del proyecto están centrados en la entrega de información mediante plataformas digitales y folletos informativos, las cuales se preocupan de mostrar gráficamente y con información escrita, diferentes formas de crear el biomaterial, fases del proceso, aspectos relevantes de la producción de micelio, distribuidores, proyectos hermanos y enlaces a diversas plataformas digitales.



Sistema de comunicación

El proyecto contempla una identidad visual compuesta por logotipo, tipografía y paleta de colores determinada, además de folleto y redes sociales.



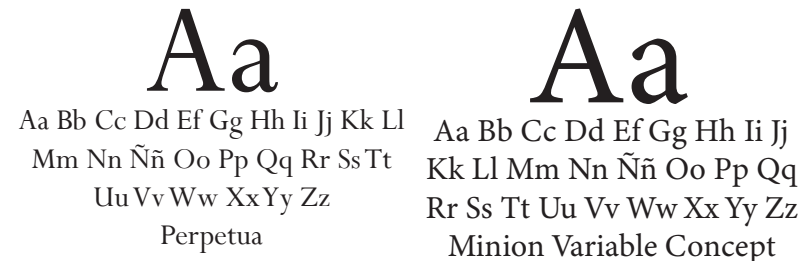
Bocetos iniciales



Logotipo definitivo



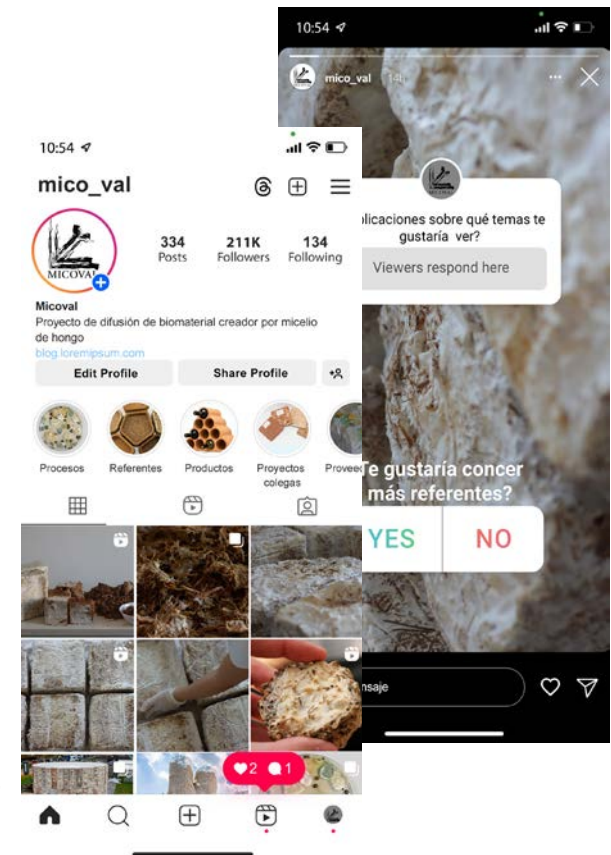
Paleta de colores elegida para el proyecto, inspirada en las diversas tonalidades que puede adquirir el biomaterial



Tipografías del proyecto



Folleto tipo para entregar a organizaciones, tiendas, proyectos y laboratorios, para llamar a usuarios a seguir las redes sociales y comenzar la introducción al biomaterial de micelio.



Desmostración gráfica del perfil de Instagram del proyecto, medio digital principal de difusión de información.

El micelio, como biomaterial, ofrece un enorme potencial para el futuro del diseño, gracias a sus propiedades sostenibles, biodegradables y su capacidad para ser cultivado en laboratorios. Su versatilidad en aplicaciones que van desde la moda hasta la construcción permite a los diseñadores crear productos ecológicos, reduciendo la dependencia de materiales tradicionales y disminuyendo el impacto ambiental. Al integrar el micelio en sus procesos, los diseñadores no solo pueden innovar con materiales de bajo impacto, sino también promover un modelo económico circular que respete los principios de sostenibilidad y regeneración, contribuyendo a un futuro más responsable y creativo.

Referencias bibliográficas

- Cantena, A. L., & Gentile, E. A. (s.f.). *Biofabricacion con Micelio: Protocolo para construir y diseñar objetos cultivados mediante especies fungicas*. *Mycocrea*.
- *Diseño sostenible: el camino hacia un futuro responsable*. (s.f.). <https://www.ied.es/noticias/disenosostenible-elcamino-hacia-unfuturo-responsable>
- Feijóo-Vivas, K., Bermúdez-Puga, S. A., Rebolledo, H., Figueroa, J. M., Zamora, P., & Naranjo-Briceño, L. (2021). *Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible*. *Bionatura*, 6(1), 1637-1652. <https://doi.org/10.21931/rb/2021.06.01.29>
- George-Nascimento, F., & María, G. (2007). *Fungi austral : guía de campo de los hongos más vistosos de Chile. X*. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17216>
- Kuhar, J. F., Castiglia, V. C., & Papinutti, V. L. (2013). *Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos*. *REVISTA BOLETÍN BIOLÓGICA*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/7765>
- Losada Alfaro, A. M. (2009). *La bioinspiración al alcance de las nuevas tecnologías [Tesis de posgrado]*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Luxiders. (2023, 16 enero). *El auge de la biotecnología en la moda y el diseño*. *Sustainable Fashion - Eco Design - Healthy Lifestyle - Luxiders Magazine*. <https://luxiders.com/es/biotecnologia-moda-diseno/>
- Oswald, J. (2021 - 2023) *Micelio, material biodegradable y de diseño arquitectónico*
- Sanguinetti, M., Cherny, L., Parodi, S., Noguera, M., Egan, M., Alvelo, J., & Campanelli, J. (2022). *Estrategias didácticas para el diseño de productos con biomateriales*. *Proyecta* 56, 2. <https://doi.org/10.25267/p56-idj.2022.i2.03a>
- Ruiz Ortiz, M. C. (2021). *Diseño de Panel no Estructural a Partir del Micelio de Hongo Aplicado en una Vivienda Rural*.
- Rodrigo Mené y María Alicia Volpe (2021). *Diseño de Materiales: Productos a base de micelio con residuos nativos*. XIV Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.



- Restrepo, S. M.V., Arroyave, G. J. P., & Vásquez, D. H. G. (2016). *Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos*. *Informador Técnico*, 80(1), 77. <https://doi.org/10.23850/22565035.324>
- Rodriguez, S., Matute, T., Federici, F., & De Pablo, C. (2020). *Manual de Biofabricación con Hongos*. *BioFab*. <https://osf.io/9zrb7/#!>
- Conde Santiago, I. (2021). *BIOCOMPUESTOS DE MICELIOY SUS POSIBLES APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA*. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- *Catálogo Biopolimérica Encuentro Latinoamericano de Biodiseño y Biomateriales*. (2023). Laboratorio de Biomateriales y del Buen Vivir de Valdivia.
- Fuentes Cantillana Monereo, I. (2021). *biofabricacion. Micelio como material de construcción*. escuela tecnica superior de arquitectura de madrid.
- Olabarría García, N. (2019). *Diseño, síntesis y caracterización de un material compuesto extruible a base de micelio para bioimpresión*. Univercidad Pontificia Comillas.
- Egado Villarreal, Janitzio. (2004). *“Biodiseño : biología y diseño industrial”*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/326879>
- Angulo, Rubén. (2013). *Del Diseño Sustentable a los Sustentos del Diseño*. 9.



*Micelio:
Biomaterial
para nuevas
formas y ciclos no
contaminantes.*



*Memoria para optar al Título profesional de Diseñador
Autor: Bastián Mir Reyes*

*Profesores guía:
Javier López - Marinella Bustamantes*

*Valparaíso, Chile
Diciembre - 2024*

Imagen de autoría propia. (2023)