



Nueva Cultura Material: Experimentación doméstica con láminas de origen biológico

Tesis para obtener el grado de Maestra en Diseño Avanzado, presenta:
Arq. Andrea Arroyo Bucio

Director de tesis: Dr. Axel Becerra Santacruz
Co-Director de tesis: Mtro. Jorge Humberto Flores Romero

Sinodal interno: Dr. Habid Becerra Santacruz

Sinodales externos:
Mtra. Rosenda Aguilar Aguilar
Mtro. Alejandro Weiss Munchmeyer

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Arquitectura, División de estudios de posgrado
Maestría en Diseño Avanzado

Noviembre de 2021
Morelia, Michoacán

Los materiales de origen petroquímico se han convertido en un serio problema para la conservación del medio ambiente debido al uso y desecho inadecuado que se les da, aunado a su capacidad de permanecer en el entorno sin descomponerse por un largo periodo de tiempo. Es por ello que este proyecto de investigación se centra en la experimentación doméstica para generar láminas de origen biológico que funjan como contrapeso al modelo hegemónico de producción y consumo.

El crear materiales a partir de procesos biológicos permite deconstruir el conocimiento preconcebido y adoptar un enfoque experimental de co-creación con microorganismos, lo que sugiere a su vez involucrarse con métodos, conocimiento y lenguaje de otras disciplinas. En la convergencia de medios tanto tradicionales como innovadores se logra el crecimiento de estas láminas, a la par que se generan nuevas formas en las que se aplica la biología fuera del laboratorio.

La creación material como el foco del proceso creativo da pauta a múltiples posibilidades y cambia la concepción de aplicar materiales como última parte del proceso, tardíamente y usando solo los materiales convencionales. Esto quiere decir que el comprender la materialidad puede transformar la manera en que se diseña, cada material tiene el potencial de comunicar que se puede o no hacer con él.

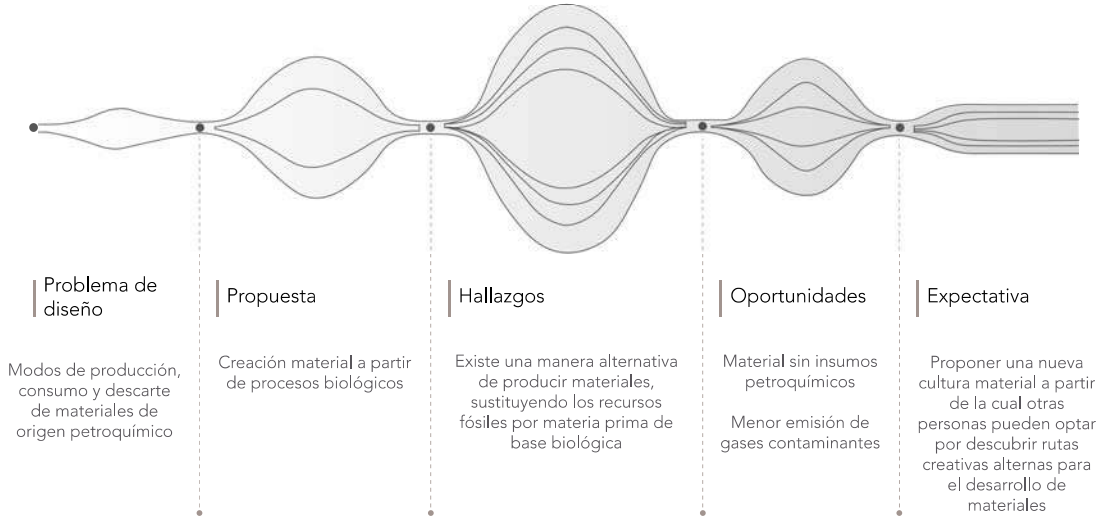
Palabras clave: nueva cultura material; lámina de origen biológico; diseño con enfoque experimental; proceso biológico; materiales de origen petroquímico

Petrochemical materials have become a serious problem for the conservation of the environment due to the inappropriate use and disposal that they are given, coupled with their ability to remain in the environment without decomposing for a long period of time. That is why this research project focuses on domestic experimentation to generate sheets of biological origin that act as a counterweight to the hegemonic model of production and consumption.

Creating materials from biological processes allows deconstructing preconceived knowledge and adopting an experimental approach of co-creation with microorganisms, which in turn suggests getting involved with methods, knowledge and language from other disciplines. In the convergence of both traditional and innovative media, the growth of these sheets is achieved, at the same time that new ways in which biology is applied outside the laboratory are generated.

The material creation as the focus of the creative process gives guidelines to multiple possibilities and changes the conception of applying materials as the last part of the process, late and using only conventional materials. This means that understanding materiality can transform the way it is designed, each material has the potential to communicate what can or cannot be done with it.

Keywords: new material culture; sheet of biological origin; design with an experimental approach; biological process; petrochemical materials



Introducción	1-3
Objetivos	4

01 Capítulo primero

Antecedentes	9-13
Justificación a través del problema de diseño	14-32

02 Capítulo segundo

Estado del arte	36-77
Marco teórico	78-83

03 Capítulo tercero

Planteamiento metodológico	86-91
Proceso biológico para la obtención de láminas	92-97

04 Capítulo cuarto

Proceso de diseño experimental	100-154
Galería fotográfica de materiales	154-173
Manual para la elaboración de láminas de origen biológico	177-190

05 Capítulo quinto

Conocimiento material	194-199
Protocolo de análisis	200-203
Evaluación de resultados	204-237

06 Capítulo sexto

Perspectivas materiales	240-255
-------------------------	---------

07 Capítulo séptimo

Conclusiones	258-273
Referencias y bibliografía	274-277

INTRODUCCIÓN

El diseño biológico es el siguiente paso más allá de los enfoques de diseño y fabricación inspirados en la naturaleza. A diferencia de la biomímesis o el popular pero vago diseño verde, el diseño biológico se refiere a la incorporación de organismos vivos como componentes esenciales en el diseño... disuelve fronteras y genera nuevas maneras de crear. (Myers, 2012, p. 8).

Más del 90% de los plásticos a nivel mundial se producen a partir de combustibles fósiles. En un año el ser humano consume lo que a la naturaleza le ha llevado millones de años producir, es decir, las reservas de combustibles fósiles son limitadas y se consume a un ritmo mucho mayor del que se produce; la quema de este tipo de combustibles provoca grandes emisiones de dióxido de carbono (gases efecto invernadero), lo que a su vez trae como consecuencia cambio climático y desequilibrio ambiental.

Otro problema es la generación masiva de residuos, como afirma Silpa Kaza et al. (2018), la gestión de residuos sólidos es un problema universal que afecta a todas las personas del mundo. Los desechos mal gestionados están contaminando los océanos del mundo, obstruyendo los desagües y provocando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando los problemas respiratorios, dañando a los animales que consumen desechos sin saberlo y afectando el desarrollo económico. Los residuos no gestionados y mal gestionados de décadas de crecimiento económico requieren una acción urgente en todos los niveles de la sociedad (p. 1).

Es por ello que hoy en día el papel del diseñador tiene un rol importante en la transformación de las relaciones humanas con el entorno. De manera intrínseca el ser humano está vinculado a la naturaleza, sin embargo el estilo de vida actual y los modos de producción y consumo han desgastado esa relación, por lo que es necesario volver a considerar el impacto de cada decisión de diseño que se toma. Como consecuencia

de esta necesidad de tomar decisiones informadas y responsables social y ambientalmente es que el diseño se ha convertido en una práctica transdisciplinaria que incide y colabora en otros campos del conocimiento con la finalidad de crear un futuro sustentable y regenerativo que permita subsanar el deterioro ambiental ocasionado.

Este proyecto de investigación se anticipa a desafíos futuros que no solo van a cambiar los procesos de diseño, sino la concepción misma de lo que significa el diseño. Una solución desde el ámbito del diseño para la reducción de los desechos plásticos y la disminución de uso de combustibles fósiles, es la creación de materiales cuyo origen no sea fósil.

Cuando se habla de biomateriales no se habla de un solo material, por el contrario supone toda una familia de materiales con diferentes propiedades y aplicaciones. En esta tesis se explorará la creación de láminas a partir de un proceso biológico. Hoy en día el diseño ya no se conforma con imitar a la naturaleza, en el diseño biológico los organismos vivos se suman al proceso, lo que da como resultado materiales cultivados. Esto ineludiblemente nos lleva a una nueva era donde no solo se aprecia la complejidad de diversos organismos, sino que se aplica con conocimiento y causa al ámbito del diseño.

Se determinó experimentar con láminas biológicas ya que pueden ser consideradas como un material natural, no tóxico, que no es de origen petroquímico, es biodegradable y compostable; además de que es una alternativa innovadora el generar cultivos mixtos con la capacidad para producir materiales. En lugar de pensar en la producción de fibra a partir de una fuente como el algodón, se podría buscar organismos vivos, como las bacterias, para producir fibras.

Para la producción de estas láminas se va a diseñar una metodología de carácter experimental que dará prioridad al proceso como eje rector creativo. Será un proceso iterativo no lineal.

A modo de síntesis capitular se explicará seguidamente y de manera breve el orden en que se presentará la investigación desarrollada. En los capítulos primero a cuarto se definen los objetivos, el estado del arte, el marco referencial sobre el que se sustenta la tesis y de igual manera se profundiza en los antecedentes así como en la justificación de este tema de investigación a través del problema del diseño. Este capítulo también incluye la comprensión del proceso biológico que se está llevando a cabo para obtener las láminas. Solo una vez que se comprende el proceso biológico (fermentación aeróbica) que permite la generación del material se dará inicio a la experimentación y sus respectivas iteraciones hasta lograr un producto material final. Además conforme se avance en el documento se irán desglosando elementos clave que robustecerán el impacto de este proyecto.

Con el desarrollo de esta investigación se busca demostrar que existe una manera alternativa de generar materiales, es decir, una nueva cultura material como una discrepancia al modelo tradicional de producción de materiales, el cual es lineal, altamente contaminante, basado en recursos fósiles no renovables, y que además de todo requiere de una infraestructura a gran escala operada por especialistas. Mientras que la nueva cultura material que aquí se propone permite, mediante la democratización del proceso de diseño, a cada persona desde su espacio doméstico generar materiales biológicos de manera sustentable. El permitir que el proceso sea replicable en un entorno doméstico y con insumos accesibles genera el potencial de cada persona contribuya a mejorar la situación ambiental actual mediante una estructura horizontal de producción.

OBJETIVOS

Objetivo general

Mostrar que es posible generar una nueva cultura material a partir del desarrollo de láminas de origen biológico (Fig. 1).

Objetivos particulares

- Explorar alternativas para el desarrollo de materiales cuyo origen no sea fósil.
- Producir láminas a partir de mecanismos de fermentación aeróbica.

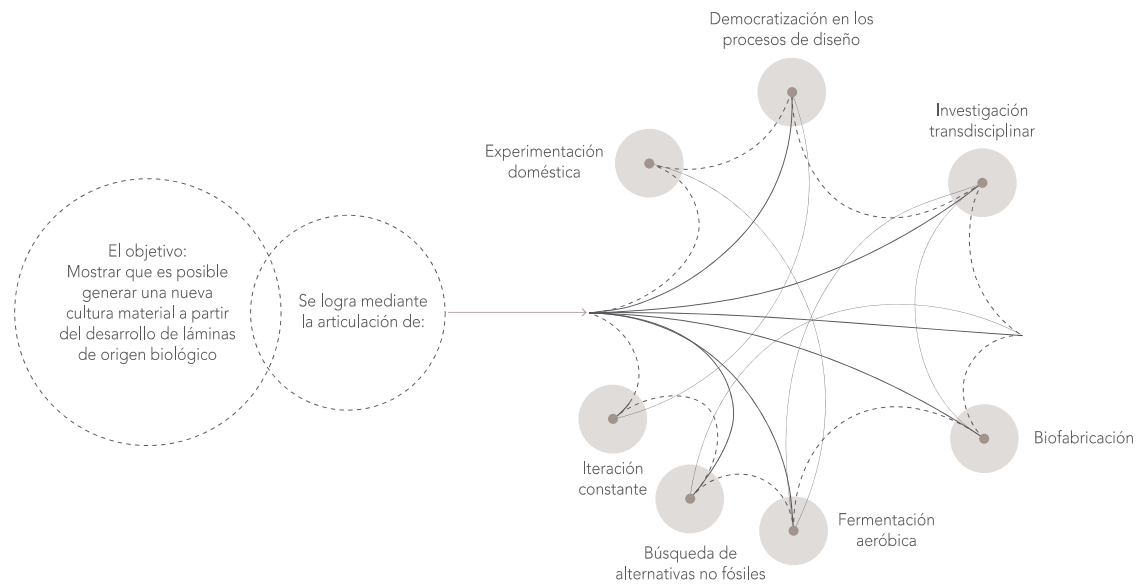


Fig. 1 Desarrollo de objetivos

Capítulo primero

ANTECEDENTES

Un mundo sin plásticos o polímeros sintéticos parece inimaginable hoy en día, sin embargo, su producción y uso a gran escala solo se remonta a 1950. Aunque los primeros plásticos sintéticos, como la baquelita, aparecieron a principios del siglo XX, el uso generalizado de plásticos fuera de las fuerzas armadas no se produjo hasta después de la Segunda Guerra Mundial. El rápido crecimiento resultante en la producción de plásticos es extraordinario, superando a la mayoría de los demás materiales artificiales (Geyer et al., 2017, pg. 1).

Si se analiza detenidamente la línea de evolución de los materiales, desde la prehistoria el ser humano ha tenido la capacidad de crear materiales que respondan a sus necesidades. En la Edad de Piedra, los materiales eran tomados en bruto directo de la naturaleza, simplemente se les dotaba de una forma que cumpliera con las propiedades deseadas, por ejemplo herramientas. Más tarde llegó la Edad de los Metales, donde se aprendieron a hacer aleaciones, convirtiendo a los metales: cobre, hierro y bronce, en los materiales más usados. El siglo XIX y XX se vio dominado por el descubrimiento de los plásticos y el auge de la industria petroquímica, la cual permitió reemplazar materiales naturales que eran demasiado costos. Al bajar los costos de producción incrementó la demanda de los materiales sintéticos.

El primer plástico se presentó en 1862 en la Exposición Universal de Londres, fue llamado Parkesina en honor a su inventor, Alexander Parkes, quien lo fabricó a partir de la celulosa. Pocos años después, John Wesley Hyatt transformó la nitrocelulosa en el celuloide. Tomó otros 40 años para desarrollar el primer plástico completamente sintético, la baquelita. Y solo 5 años después se patentó el PVC, el cual tuvo mucho auge ya que durante la Segunda Guerra Mundial era usado para aislar los cables en los buques de la marina. El descubrimiento de los polímeros sintéticos fue revolucionario ya que permitió por primera vez que la producción no se viera supeditada a los propios límites de la naturaleza, permitiendo a los humanos crear materiales nuevos e incluso en sus albores el plástico fue visto como una medida de salvación que estaba

destinada a proteger al mundo natural de la destrucción ocasionada por las necesidades humanas.

Justo después de la Segunda Guerra Mundial el plástico se convirtió en la corriente dominante y las personas todavía lo reutilizaban y trataban con cuidado, como lo hacían con otros materiales y envoltorios. Pero a finales de la década de 1950, la economía comenzó a ser dirigida por la necesidad de consumir cada vez más recursos. Los fabricantes vieron la oportunidad de ahorrarse dinero y simplificar su cadena de suministros, plantando así la semilla de la cultura descartable. Para inicios de 1960, ya miles de millones de artículos plásticos llenaban los basureros, rellenos sanitarios e incineradoras del mundo occidental, y para los últimos años de la década de 1970 este cambio se afianzó en todo el mundo (Fundación Heinrich Böll y Break Free From Plastic, 2019, p.12).

A partir de ese entonces se dio lugar a una reacción en cadena de cambios, como el aumento de las mujeres en la fuerza laboral, lo que a su vez redujo el tiempo dedicado al trabajo doméstico, el estilo de vida desechable como sinónimo de modernidad y el crecimiento urbano, el cual al aumentar los tiempos de traslado obligó a las personas a comer fuera de casa. Ello dio pie a un estilo de vida de conveniencia, donde todo se puede conseguir rápidamente pero igual de rápido que se obtiene y consume también se desecha. El no depender de recursos naturales y la asequibilidad de los polímeros sintéticos dio inicio a la revolución de los plásticos.

Fue precisamente el estado de abundancia económica que se desbordó al terminar la Segunda Guerra Mundial lo que aumentó la demanda y por tanto el incremento de derivados del petróleo. Desde la creación del primer plástico sintético en 1907, la baquelita, los costos de producción se fueron economizando lo que permitió la creación en serie. El plástico fue tan versátil y económico que su uso se popularizó como un material apto para el pronto descarte. Se podía consumir y desechar de manera inmediata. El auge económico y la idea de lo moderno hicieron mella en los hábitos de consumo, haciendo más evidente la relación entre el nivel de ingresos y la

generación de desechos.

En la historia de los materiales es evidente que el desarrollo de los polímeros ha sido uno de los mayores avances llevados a cabo por el hombre, sin embargo ese logro le ha costado a la humanidad nada menos que el planeta Tierra. Y ahora en el siglo XXI las corrientes para contrarrestar los efectos nocivos de los materiales petroquímicos han propiciado el desarrollo de materiales biobasados, es decir que su origen no es fósil.

A continuación se muestra una línea del tiempo (Fig. 2) que ilustra la invención de algunos de los materiales petroquímicos más populares en la historia.

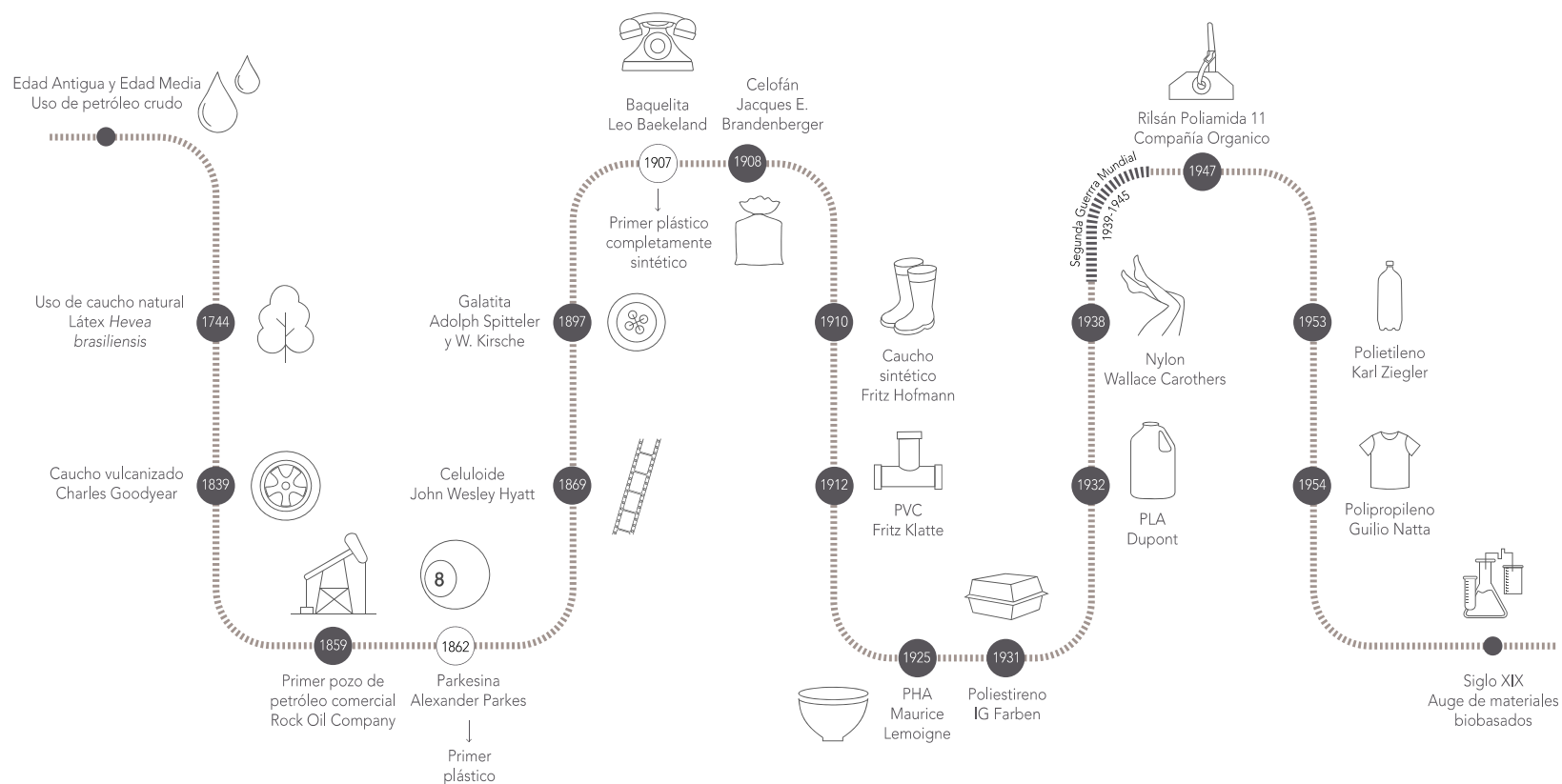


Fig. 2 Línea de tiempo de materiales petroquímicos

JUSTIFICACIÓN A TRAVÉS DEL PROBLEMA DE DISEÑO

Este capítulo se titula: Justificación a través del problema de diseño, ya que compila tanto la problemática como la justificación de esta tesis. El problema de diseño hace alusión a la problemática en la que busca incidir positivamente este tema de investigación y la justificación para desarrollarlo se encuentra precisamente en el mismo problema. El que exista un problema generado por materiales petroquímicos de inmediato justifica la búsqueda de cualquier tipo de alternativa que pudiera minimizarlo. En los párrafos subsecuentes se analizará de manera exhaustiva esta problemática.

La Fundación Heinrich Böll y Break Free From Plastic (2019), asegura que los productos petroquímicos son la forma de consumo de petróleo con mayor crecimiento a nivel mundial. Mientras continúe en aumento la producción de plástico, continuará aumentando la extracción de fósiles y las emisiones vinculadas a la explotación, extracción, transporte y refinería de petróleo, gas y carbón. El dióxido de carbono, el metano y otros gases de efecto invernadero se liberan en cada etapa del ciclo de los plásticos, hasta la eliminación, incineración y potencial deposición de los residuos en los ecosistemas (p. 26).

Hoy en día a nivel mundial se producen alrededor de 438 millones de toneladas de plástico cada año, y de todos estos plásticos cerca del 50% se destina a embalajes de un solo uso (Letcher, 2020); en total se han fabricado 9.2 millones de toneladas de plásticos desde la década de 1950 hasta la actualidad, y más de la mitad de ese plástico se ha producido a partir del año 2005, eso equivale a más de una tonelada por persona viva sobre la tierra (Ritchie y Roser, 2017); De los 438 millones de toneladas de plástico un tercio termina en los océanos en forma de microplásticos, esto ha ayudado a la consolidación de la Gran Mancha de Basura del Pacífico, la cual mide 1.6 millones de km² (Lebreton et al., 2018, p. 1). Y en contrapeso hasta el año 2017 la producción de bioplástico equivale al 1% de la producción total de plásticos (European Bioplastics, 2018, p.2).

Es por ello que este tema de investigación busca generar tanto una aportación material como una nueva cultura material, esto quiere decir que se desarrolla un material alternativo a la par que se demuestra que existen otros modos de producción cuyo impacto sobre los servicios ecosistémicos es menor.

El uso y la producción del plástico se han acelerado hasta alcanzar una velocidad vertiginosa, es por ello que es necesario indagar más sobre cualquier alternativa que permita desacelerar la producción y consumo de este tipo de materiales, estas soluciones no pueden enfocarse exclusivamente en la gestión de los residuos y el reciclaje, por el contrario las propuestas más relevantes deberían enfocarse en atajar el problema desde la raíz, ¿Qué otros materiales existen o pueden generarse para satisfacer nuestras necesidades sin generar consecuencias nocivas al ecosistema?.

Con lo anterior se determina como problemática principal: Los modos de producción, consumo y descarte de materiales de origen petroquímico (Fig. 3). Este problema se descompone a su vez en seis problemas derivados, que son:

- Producción de plástico de un solo uso.
- Consumo masivo.
- Cultura del descarte.
- Gestión inadecuada de residuos.
- Cambio climático.
- Riesgos a la salud.

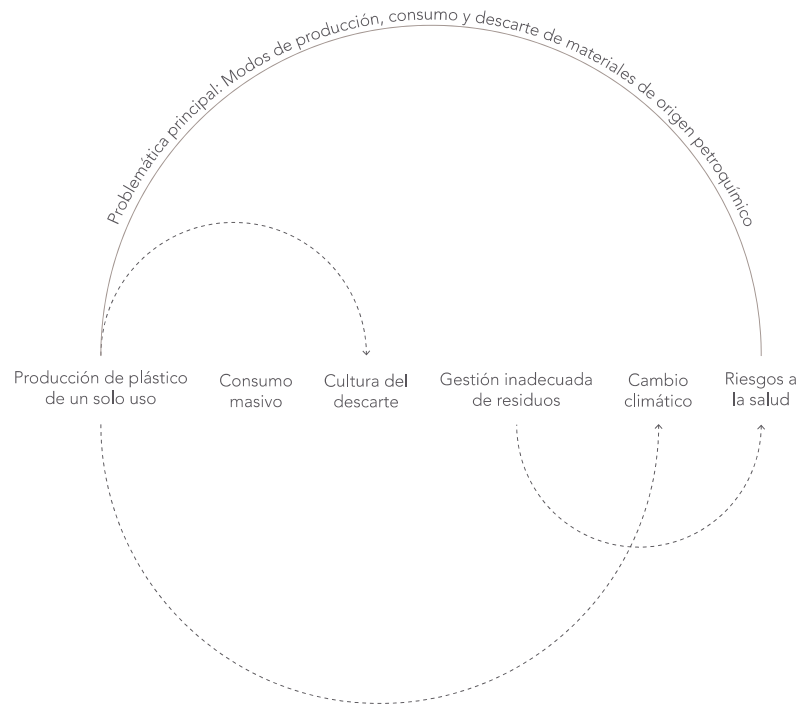


Fig. 3 Problema central de diseño y derivados

Ahora se muestra el impacto de cada uno de esos problemas derivados.

Producción de plástico de un solo uso

En orden de magnitud, los plásticos de un solo uso que se encuentran más comúnmente en el medio ambiente son: colillas de cigarrillos, botellas de plástico para bebidas, tapas de plástico, envoltorios de comida, bolsas de plástico de supermercados, popotes y recipientes de poliestireno. Estos son los productos de desecho de una cultura de usar y tirar que trata el plástico como un material desechable más bien que un recurso valioso que se debe de aprovechar (Giacovelli, 2018, p. 10).

La asequibilidad de los materiales petroquímicos ha permitido que sean tratados como algo fácilmente desechable, aunado a la promesa de una vida fácil donde los objetos se pueden simplemente usar y tirar.

Uno de los grandes problemas de los petroquímicos es la producción de plásticos de un solo uso, donde la solución más obvia es cambiar la cultura predominante, la cual se basa en producción, consumo, uso y desecho.

El uso de este tipo de materiales trae consigo un gran impacto ambiental ya que muchos artículos de uso diario se utilizan una sola vez, por lo general por breve tiempo y luego terminan en la basura. "En total utilizamos 100 millones de toneladas de plástico cada año, se necesitan hasta 1000 años para que una bolsa de plástico se descomponga y en promedio una bolsa de plástico se usa durante solo 12 minutos" (The World Counts, 2021).

En la gráfica se muestra la duración de diversos productos plásticos, donde se ve que lo que se produce en mayor cantidad son los plásticos de un solo uso (Fig.4).



Fig. 4 Promedio de vida útil de artículos de plástico

Consumo masivo

"Las necesidades humanas fundamentales son pocas, son las mismas en todas las culturas y en todos los períodos históricos. Lo que cambia a través del tiempo y de las culturas es la manera o los medios utilizados para la satisfacción de las necesidades" (Max-Neef et al., 1986, p.27).

Esto quiere decir que el sistema funciona si la relación producción-consumo se encuentra en constante incremento y si se mantiene centrado en medir el valor y la calidad de vida en términos monetarios. De este modo el propio sistema se reproduce en un bucle de consumo que inexorablemente ocasiona un deterioro ambiental, ya que hay una estrecha relación entre consumo e impacto ambiental, se trata de las emisiones basadas en el consumo que ocasionan los bienes y servicios.

Los hábitos de consumo tienen mayor peso en la actualidad, ya que suelen ir acompañados de derivados del petróleo, son materiales que abundan en la vida cotidiana y cuya capacidad para degradarse es muy pobre, es por ello que a mayor consumo mayor impacto negativo en el medio ambiente. Las actividades humanas han modificado los recursos naturales, el clima y los océanos, a tal grado que surge la necesidad de cuestionarse si el planeta puede seguir soportando este tipo de consumo o ya es necesario reemplazar los patrones de consumo masivo por:

Consumo crítico, que evalúe las condiciones sociales y ecológicas de los bienes y servicios que se adquieren; y consumo ético, relacionado con lograr un equilibrio entre el consumo de productos estrictamente necesarios y el consumo basado en la satisfacción de los deseos personales.

Es probable que los hábitos de consumo tomen relevancia si se logra entender toda la cadena productiva, así como el tiempo de vida y el destino de los objetos que se adquieren constantemente. La prueba fehaciente de este consumo desmedido se ejemplifica a continuación a través de un mapa (Fig. 5) que muestra los residuos

plásticos que genera cada país anualmente, año de revisión 2015. Se ilustran los residuos como consecuencia directa de aquello que una vez fue consumido.



Fig. 5 Residuos plásticos por país

Cultura del descarte

Hace apenas unos años que la manera en que se consumían bienes y servicios se transformó drásticamente, era común que las cosas duraran y por lo tanto no se desecharan con facilidad. La mayor parte de los alimentos se conseguían a granel, los empaques se rehusaban varias veces y las personas llevaban sus propias bolsas o te entregaban envolturas de papel encerado.

Pero como ya vimos en los antecedentes, a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial el plástico tuvo un gran auge y se popularizó la cultura de lo desechable. Este estilo de vida se vio impulsado por el crecimiento acelerado de las ciudades y la integración del sexo femenino al ámbito laboral, lo que a su vez disminuyó los tiempos de trabajo doméstico necesitando consumir y desechar rápidamente.

De acuerdo a la Fundación Heinrich Böll Fundación Heinrich Böll y Break Free From Plastic (2019), a mediados de la década de 1980 la creencia que reciclar resolvería el creciente problema de plásticos de un solo uso se difundió en el mundo occidental, y para el final de la década casi todas las botellas de bebidas habían sido reemplazadas por desechables. Este método de cadena de suministros de una sola vía permitió a las empresas de alimentos y bebidas consolidar nuevos mercados. Los países en desarrollo comenzaban a seguir el modelo de desarrollo pionero en occidente y un estilo de vida desechable se convirtió en un signo de modernidad (p.12).

Esta problemática es clave para entender que el problema no es el plástico por sí solo, por el contrario es de los materiales más versátiles que existen, pero su aplicación se ha desvirtuado y paso de ser un material altamente valorado a ser algo de poco valor y por lo tanto desechable. Su uso para embalajes de un solo uso va en aumento y eso a su vez genera más basura. Es por ello que se puede decir que la problemática de cualquier material petroquímico no reside exclusivamente en el producto más bien en el uso erróneo que se le ha dado, aunado a la cantidad excesiva en que se consume. Se presenta una gráfica (Fig. 6) que muestra el uso que se le está dando al plástico,

ahí se puede observar que un material tan duradero como el plástico esta siendo usado principalmente en artículos que no tienen razón alguna para permanecer inmunes al desgaste por tanto tiempo.

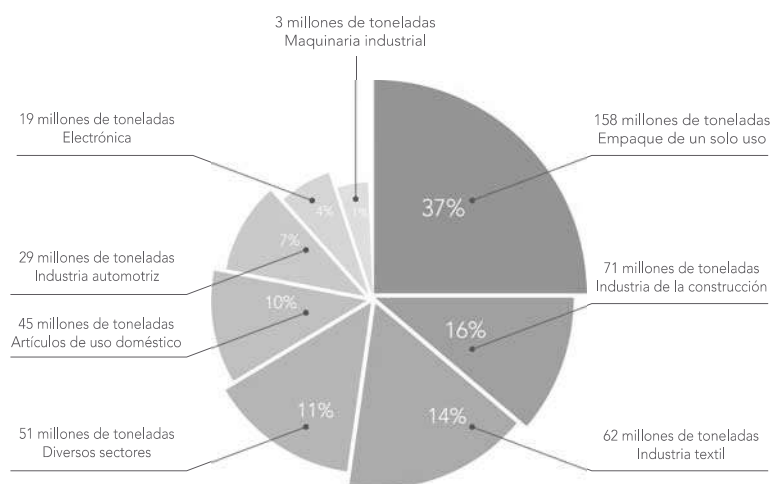


Fig. 6 Uso del plástico por sector

Gestión inadecuada de residuos

Cada vez que se recicla una pieza de plástico, su calidad se degrada y solo se pueden reciclar un cierto número de veces antes de terminar en el relleno sanitario o el incinerador. Por tanto, lo que se llama reciclaje en realidad simplemente pospone la disposición final de los plásticos. En la lucha por gestionar la cantidad creciente de desechos plásticos, las ciudades y los gobiernos están recurriendo a la incineración. Pero esto simplemente traslada el problema a otro lado. En la incineración se emiten dioxinas y metales como el mercurio, el plomo y el cadmio que afectan particularmente a las personas y comunidades cercanas, pero también pueden depositarse en el suelo y agua a grandes distancias.

“Además, la incineración de plásticos produce cenizas o lodos altamente tóxicos que pueden terminar en vertederos, cuevas, tierras de cultivo o humedales, creando un nuevo problema y amenaza a largo plazo para el medio ambiente y la salud” (Azoulay et al., 2019, p-26).

Ritchie y Roser (2017), presentan la producción mundial de plástico producido entre 1950 y 2015 y su destino:

- 55% directo al relleno sanitario
- 30% sigue en uso
- 8% es incinerado
- 7% se recicla

El problema con la gestión de residuos es que no basta con separar y clasificar los residuos, ya que gran parte de ellos no se recicla por el contrario termina siendo incinerada o depositada en basureros a cielo abierto, ambas prácticas generan aún más problemas al medio ambiente. No únicamente hay una cantidad excesiva de basura, sino que esta también libera sustancias tóxicas al momento de su disposición final. A pesar de que los gobiernos están tomando medidas para disminuir la cantidad

de plásticos de un solo uso que se consumen, esa alternativa no basta, lo que se deben modificar son las prácticas de consumo y disminuir desde la fuente la producción de los materiales derivados del petróleo. Una consecuencia de la mala gestión de los residuos se puede apreciar con la cantidad de basura que se ha acumulado en los océanos (Fig. 7).

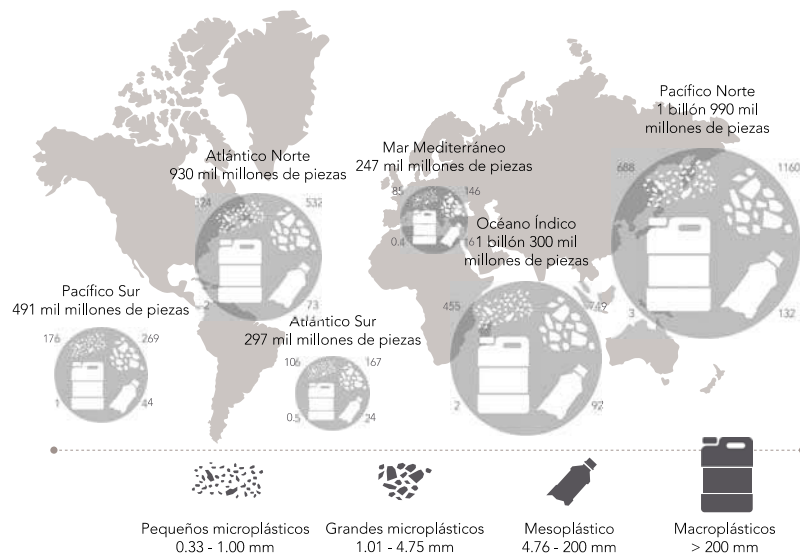


Fig.7 Cantidad de residuos plásticos en áreas marinas

Cambio climático

La Fundación Heinrich Böll y Break Free From Plastic (2019), señala que apenas se comienzan a entender los efectos adversos de la dependencia a los materiales plásticos. Lo que hace útil al plástico es exactamente lo que lo hace perjudicial: persiste. Está diseñado para engañar a la naturaleza misma, hecho de cadenas moleculares demasiado resistentes para biodegradarse en un periodo admisible. De hecho, la degradación del plástico tiene efectos adversos sobre la misma naturaleza y sobre la especie humana. Sin importar donde busquen los científicos plástico, lo encuentran. Se halla presente en todo el medio ambiente y en nuestros propios cuerpos (p.8).

Efectivamente el que el plástico no se degrade completamente es lo que ha ocasionado que se acumule en sistemas fluviales, suelos y océanos. Aunado a su resistencia a la degradación, la generación de más plástico incrementa las emisiones de gas efecto invernadero y por tanto el cambio climático. Este tipo de materiales son nocivos ya que en todo su ciclo de vida afectan al ecosistema y sus habitantes. Dejando de lado los modos de consumo, el origen fósil de estos materiales ya supone un riesgo ambiental. Las emisiones de gas efecto invernadero que ocasionan los materiales petroquímicos se generan desde la extracción hasta el fin de su vida útil. "Necesitamos reducir las emisiones en un 45% para 2030, pero los plásticos están listos para hacer exactamente lo contrario, porque una vez que se liberan al medio ambiente, continúan impactando en el clima de manera perpetua." (Muffett et al., 2019, p.87)

Las emisiones efecto invernadero generadas por los materiales de origen fósil amenazan con incrementar el calentamiento global por encima del 1.5°C a que se comprometieron diversas naciones mediante el Acuerdo Climático de París 2015 llevado a cabo por las Naciones Unidas. Día con día este acuerdo se vuelve en nuestra contra, ya que se siguen produciendo materiales que emiten gas efecto invernadero en cada una de sus etapas:

- Extracción y transporte de combustibles fósiles.
- Refinación.
- Producción y adición de químicos.
- Distribución y consumo.
- Manejo de desechos plásticos.

Con la intención de que el impacto que genera la producción de un material artificial sea más claro a la vez que contundente, se hace una comparativa del costo ambiental que generó la producción de poliéster durante el año 2015 (Fig. 8).

Riesgos a la salud

En las últimas décadas se ha tomado consciencia de la crisis que el plástico ha ocasionado a los océanos, sin embargo solo recientemente esa preocupación se ha expandido a los efectos que estos materiales tienen sobre la salud humana, el plástico se esta acumulando no únicamente en nuestro medio ambiente sino también en nuestros cuerpos. La atención se ha centrado en la contaminación de los océanos, pero no se debe olvidar que el plástico es una crisis de salud escondida a simple vista.



Fig. 8 Emisiones de gases por producción de fibras de poliéster

Aproximadamente dos tercios de todo el plástico jamás producido ha sido liberado al medio ambiente y permanece allí de alguna forma: como desechos en los océanos, como nanopartículas en el aire, agua y suelos agrícolas o como micropartículas en el cuerpo humano. (Azoulay et al., 2019, p. 5)

El plástico es un material de origen petroquímico, esto quiere decir que proviene del petróleo y además requiere de un proceso químico para su transformación. Cuando el petróleo es extraído del suelo se liberan diversas sustancias tóxicas al aire y agua. El plástico representa riesgos a la salud humana en cada etapa de su ciclo de vida, estos riesgos pueden ser directos, es decir, derivados de la exposición a partículas plásticas, como indirectos por exposición ambiental.

Las principales emisiones que generan los productos fósiles son: benceno, químicos tóxicos que se encuentran en los fluidos de fracturación, hidrocarburos aromáticos, estireno, metales pesados, carcinógenos, químicos disruptores endocrinos, microplásticos, diocinas y furanos. Y estas emisiones pueden afectar a la salud de la siguiente manera: dañan el sistema inmune, reproductivo, cardiovascular, respiratorio, nervioso, endocrino y gastrointestinal; causando cánceres, irritación ocular y de la piel, neurotoxicidad, diabetes y toxicidad del desarrollo. El siguiente gráfico muestra los posibles efectos a la salud y muestra si afectan mediante inhalación, ingestión o meramente el contacto (Fig. 9).

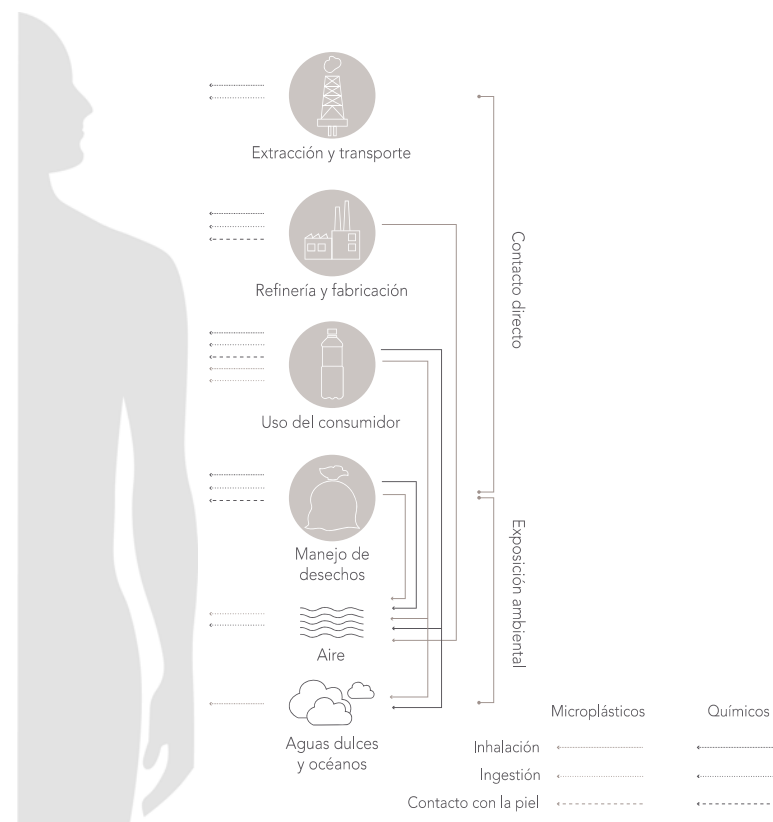


Fig.9 Efectos a la salud de los materiales petroquímicos

Contraposición

Se propone una nueva cultura material por medio del cambio en los modos de producción, consumo y descarte de materiales.

Día a día aumenta la producción de materiales derivados del petróleo y con ella aumentan también los desechos, los gases efectos invernadero y por ende la contaminación medioambiental. Es por ello que es indispensable comenzar a formular alternativas materiales que ayuden a minimizar la problemática que se enfrenta actualmente.

Todos estos problemas tienen una solución común, hacer una transición de la economía fósil-desechable a otra donde la infraestructura petroquímica deje de ser dominante. Únicamente modificando los patrones de producción, consumo y descarte se puede llegar a resolver la crisis ocasionada por estos materiales sintéticos. No se trata de reciclar, enterrar o reaprovechar los residuos sino dejar de generarlos. La propuesta que plantea este tema de investigación tampoco ubica la solución en reemplazar un material petroquímico por uno biológico, ya que cuando la escala de producción aumente es posible que este nuevo material resuelva ciertos problemas pero no sin crear nuevos a su paso. Es por ello que esta tesis se centra en mostrar una nueva cultura material que plantea modos de producción alternativos que se contextualizan en el espacio doméstico y que son posibles gracias a la apertura que se da en el proceso de diseño, esta apertura permite la réplica y apropiación por parte de personas no necesariamente especializadas en el diseño de materiales.

La propuesta material que se esta desarrollando consiste en una lámina de origen biológico, la cual en lugar de obtenerse mediante recursos fósiles es creada a partir de un cultivo de microorganismos. Esto quiere decir que los organismos son los verdaderos diseñadores, quienes tienen la capacidad de producir materiales para nosotros.

Y lo que este material pretende lograr es mostrar que existe otra manera no tradicional ni convencional de hacer las cosas, esto permite cambiar la manera en que se abordan los problemas ambientales, problemas que se pueden minimizar con un sistema de producción material más eficiente y sustentable. Enseguida se muestran las ventajas y/o aportes del material (Fig. 10).



ALTERNATIVA A LOS MATERIALES DERIVADOS DE ANIMALES

No se utilizan productos de origen animal.



COLABORACIÓN ENTRE DISEÑO Y BIOLOGÍA

Se emplean microorganismos para producir materiales. La asociación con colaboradores microbianos incentiva paradigmas innovadores en la producción material.



ENFOQUE INTEGRAL DEL CICLO DE VIDA MATERIAL

Se consideran los aspectos ambientales a lo largo de todo el proceso: insumos, uso de energía y agua, fin de vida útil.

Fig.10 Beneficios de las láminas de origen biológico



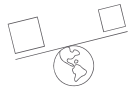
MINIMIZAR EL USO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Se trata de un material que surge a partir de un proceso biológico, que no proviene de insumos petroquímicos.



MENOR EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES

Menor emisión ya que su producción no deriva a la combustión de carburantes. Esto comparado con los materiales sintéticos convencionales.



EQUILIBRIO ECOSISTÉMICO Y SOCIAL

Bajo impacto ambiental que no involucra el uso de sustancias químicas tóxicas y que promueve una práctica sustentable desde el inicio e incentiva la democratización de los procesos de diseño.

Fig.10 Beneficios de las láminas de origen biológico

Capítulo segundo

ESTADO DEL ARTE

Al vivir en un momento crucial, complejo y profundamente experimental, los diseñadores están haciendo su parte al encontrar nuevos centros de gravedad en las relaciones de los humanos con otras especies, con la naturaleza y entre sí. Ya no están diseñando de manera aislada, sino pensando en como su trabajo será parte de los ecosistemas; están tratando de redefinir sus responsabilidades en un contexto cambiante, de crisis ambiental y mutaciones sociales (Antonelli y Burckhardt, 2020, p. 36).

Este apartado consiste en una sistematización de información relacionada con el diseño de biomateriales, dicha compilación dio pie a entender diversos enfoques, tendencias y contextos. Pertenecen a una etapa de exploración, análisis y posterior construcción del conocimiento que sirve de base para direccionar la propuesta de esta tesis.

Para hacer más clara la lectura, esta sección de estado del arte se ramifica en: aportes conceptuales, el cual se enfoca en movimientos socioculturales, términos y métodos; y por otro lado las buenas prácticas, centrada en los creadores y sus productos (Fig. 11).

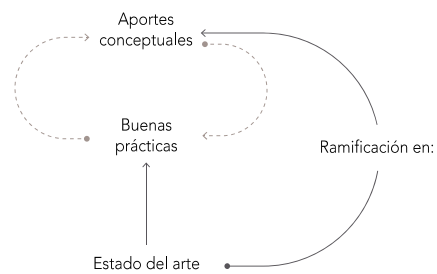


Fig.11 Ramificación del estado de arte

Aportes conceptuales

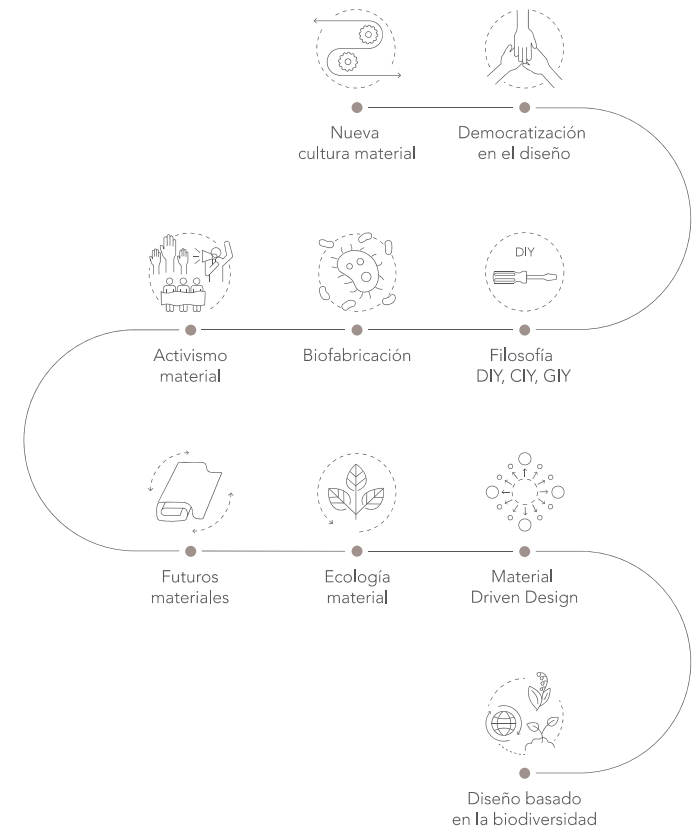


Fig.12 Aportes conceptuales

Nueva cultura material

Hablar de cultura material involucra necesariamente retomar el término cultura. La cultura como la transmisión de conocimiento, el legado social, las tradiciones, las artes, ciencias y todos los aspectos que caracterizan la vida en sociedad. La cultura material hace referencia precisamente a la creación de cualquier tipo de objeto que representa ese legado cultural.

El S. XXI ha supuesto un cambio vertiginoso en el campo del diseño de materiales, el conocimiento transdisciplinar que proviene principalmente de la tecnología en conjunción con la biología ha permitido una mutación en la creación de nuevas materialidades, lo que a su vez ha generado un imaginario material inverosímil. Los materiales contemporáneos son interactivos, degradables, comestibles, entre otras características que hace no mucho tiempo eran imposibles de concebir.

Sin embargo el diseño basado en la naturaleza no supone ninguna novedad, la naturaleza siempre ha sido motivo de inspiración para la creación de objetos, lo que si supone una aportación que permite revolucionar la cultura material es el proceso productivo para la creación de biomateriales, proceso que involucra medios biológicos y digitales para su fabricación.

La actualidad se presenta como un campo germinador donde la autoproducción, la labor artesanal, el conocimiento ancestral, la biotecnología y la idea de un laboratorio como espacio de diseño ponen de manifiesto una práctica creativa que replantea los discursos productivos que han imperado hasta el momento.

Democratización en el diseño

La democratización en el diseño esta estrechamente relacionada al diseño social, es un concepto centrado en la accesibilidad de amplio espectro, es decir, accesibilidad que va desde la concepción hasta la obsolescencia.

La palabra democracia (demos) hace referencia a las personas por lo tanto es un tipo de diseño inclusivo, que abarca e integra a las personas y no discrimina ni jerarquiza. Esta dimensión democrática del diseño no termina en la inclusión, por el contrario esta fuertemente vinculada a la responsabilidad ambiental y social.

La asociación neoyorquina para el diseño, AIGA, ha publicado una metodología que describe el espectro de influencia del diseño democrático, segmentándolo en cuatro grandes categorías que son:

- Medio ambiente: recursos, impacto ambiental, vida útil del producto, recuperación, desechos.
- Personal: necesidades, aporte a la vida de los individuos.
- Económico: medición del valor, necesidades comerciales, aprovechamiento del desecho, transformación de los productos en servicios.
- Cultural: valores, creencias, identidad, diversidad cultural.

Es decir, el diseño democrático se enfoca en la accesibilidad dual, tanto de la concepción como de los sistemas de producción e invita a que personas no especializadas se apropien de los mismos y puedan auto-crear sus propias narrativas, artefactos y sistemas.

Esta democratización no parte de la concepción teórica del término, por el contrario es un movimiento práctico que se ha gestado como consecuencia de las transformaciones sociales y tecnológicas que se han dado a lo largo de la segunda mitad del S. XX y hasta la actualidad, estas transformaciones han acercado a los usuarios a los procesos de producción, hasta el punto que hoy en día es común el acceso a laboratorios de fabricación digital o a procesos con bajas tecnologías que incentivan a las personas a hacer por ellos mismos.

Las transformaciones antes mencionadas bien pudieran reconocerse bajo el nombre de la cuarta revolución industrial, movimiento marcada por la convergencia de

de tecnologías digitales, físicas y biológicas, que están gestando un cambio en el mundo tal como lo conocemos, como afirma Schwas (2017), “estamos al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos” (p.9).

La democratización es una connotación ineludible de la situación actual del diseño que además tiene una estrecha vinculación con el resto de los conceptos que se presentarán en esta sección.

Filosofía DIY, CIY, GIY

Convertida una máxima actual, el término Hágalo Usted Mismo o *DIY Do It Yourself*, tiene su origen con el diseñador y arquitecto holandés Gerrit Rietveldt quien en la época de los 40's publicó una serie de folletos titulados: *Furniture to make yourself*, dentro de dichos folletos se encontraba algo similar a unas instrucciones para que otras personas pudieran reproducir el mobiliario diseñado por él, sin embargo no fue sino hasta 1974 que el término Hágalo Usted Mismo cobra fuerza y esta vez de la mano del diseñador Enzo Mari quien con su libro *Autoprogettazione*, cuestionaba el rol de los diseñadores y los fines mercantiles de un artículo de lujo, en el mismo publica también *Proposta per un'Autoprogettazione*, donde invita a las personas a ser partícipes de la fabricación de sus propios muebles, esta publicación incluía planos que eran distribuidos de manera gratuita y que fomentaban la personalización del mobiliario de acuerdo a las necesidades de cada usuario. Este gesto que pareciera no tener repercusión en realidad incubo una postura social y política que para esa época estaba adelantada y que sigue siendo un tema de relevancia contemporánea. Enzo Mari focaliza su práctica en la intervención del usuario en el diseño y eso es de lo que trata la filosofía DIY.

El término es también asociado a un movimiento de contracultura que rechaza la tendencia capitalista del consumo y en lugar de la adquisición propone el hacer. Esta apropiación del quehacer se asienta como mecanismo de rebeldía ante los sistemas

hegemónicos de producción en masa, hiperconsumo y la cultura del desecho.

La autoproducción es un concepto atemporal y que se puede vincular con facilidad al *Open Source*, término que se refiere al software de código abierto, esto quiere decir que son programas accesibles a todos, cualquier persona lo puede usar, modificar y distribuir de acuerdo a sus necesidades, sin embargo el término ha mutado hasta el punto de ser usado para referir a todo aquello que permite la apropiación, y se vincula a valores como la transparencia, la comunidad y el intercambio.

Una retribución que surge a raíz de esta postura es la satisfacción personal que resulta de hacer algo propio, lo que le ha dado auge haciéndolo llegar a diversos ámbitos. Por tanto es común ver que este concepto a llegado incluso a la fabricación de materiales, hay *DIY Materials* y *Open Materials*, lo cual hace alusión a la fabricación casera que incentiva otro modo de hacer y expresar cualidades materiales, estéticas y artesanales.

En sincronía con los dos términos antes mencionados también existe la figura del *Maker*, término acuñado por Dale Dougherty, teórico de la informática quien en el año 2005 crea la revista *Make*, la cual se especializa en proyectos *DIY* y donde hace uso por primera vez del término *Maker* para referirse a los inventores. La riqueza del término es que cualquiera puede ser un *Maker*, no es un título reservado a los expertos, por el contrario puede ser dado a aficionados, artesanos, creadores, etc. Al igual que las posturas previas aborda el empoderamiento y apropiación por parte del usuario revolucionando así la manera en que se producen los objetos.

El hacer por uno mismo forma parte de un movimiento social que supone una nueva era para la innovación donde el consumidor toma fuerza y es parte de los procesos creativos. La producción actual más que centrarse en la postura del genio creativo y su producto final, se centra en procesos transdisciplinarios y transparentes que permitan la réplica y escalabilidad.

Estas siglas *DIY, Do It Yourself*, han sido transformadas al entorno biomaterial

convirtiéndose en *CIY Cook It Yourself* y *GIY Grow It Yourself*.

Biofabricación

Los retos ambientales que se enfrentan en la actualidad como el cambio climático, las emisiones de CO₂, la huella de carbono y la cantidad de desechos plásticos presentes en la Tierra; junto con su contraparte, el veganismo, la cultura del reciclaje y la economía circular han impulsado la innovación y como parte de la misma han surgido materiales más amigables con el medio ambiente, mejor conocidos como biomateriales. Esto hace alusión a materiales de base biológica que desde la fase de concepción toman en consideración su impacto social y ambiental.

La biofabricación es una propuesta radical de fabricación, que significa literalmente fabricar con biología. Este tipo de creación material se enfoca en cultivar materiales a partir de organismos. La biofabricación propone la creación de un mundo material sustentable mediante materiales que son producidos por células vivas y microorganismos como bacterias, levaduras y micelio.

Una pionera en la biofabricación es Suzanne Lee, diseñadora e investigadora en *Central Saint Martins College of Art and Design* London, quien mediante su proyecto de investigación *Biocouture* propuso la creación de prendas de vestir hechas con a partir de *SCOB*Y (*Symbiotic Colony Of Bacteria and Yeast*). La innovación experimental que Lee propone es al mismo tiempo una provocación y un cuestionamiento sobre la materialidad que forma parte de la vida cotidiana.

La provocación nace en el momento en que cuestiona los métodos de producción textil que imperan hoy en día en contraposición con el cultivo de microorganismos que permite una producción textil sustentable en tan solo unos días. Este proceso trae consigo la creación de materiales in vitro, lo que permite transmutar incluso el origen de los materiales y crear materia prima de laboratorio que posteriormente tenga la capacidad de transformarse en un producto, lo que implica una producción que

optimiza los recursos, reduce el consumo de agua, de combustibles fósiles y de residuos mediante la sustitución de una cadena de producción nociva a un simple paso biológico que podría autodenominarse fabricación aditiva biológica ya que son las bacterias y microorganismos quienes rigen el proceso, se organizan y construyen el material.

Se evoluciona de un proceso de varios pasos realizados por el hombre a un proceso de un solo paso biológico. Lo único que requiere este proceso es controlar las condiciones iniciales que permitan el crecimiento del *SCOB*Y.

A pesar de que la biofabricación se encuentra aún en una etapa temprana de desarrollo trae consigo todo un mundo de posibilidades materiales. Este tipo de materiales se alejan de la explotación de recursos no renovables, lo que plantea la revolución material del S. XXI, una revolución que destaca por que no esta dirigida exclusivamente por especialistas, por el contrario las principales innovaciones al campo han venido de la mano de diseñadores, arquitectos, empresas emergentes y grupos que trabajan con poco capital y en ausencia de tecnología.

Activismo material

El término activismo material fue acuñado por primera vez en el 2013 por Miriam Ribul, diseñadora, graduada de la Maestría *Material Futures* en Central Saint Martins e investigadora (PhD), como una expresión para identificar un enfoque de baja tecnología que democratizará la producción y desarrollo de materiales. Pero a la fecha el termino ha sido apropiado por diversos *materialogist*, por ejemplo Rognoli et al. (2018) introducen el concepto de activismo como una provocadora exhortación a los diseñadores para iniciar una enérgica protesta contra el sistema cerrado de desarrollo de materiales, que excluye a los diseñadores sobre la base del desconocimiento por un lado y la dependencia del sistema para seleccionar el material por el otro. En contraposición a esta postura excluyente, el activismo material se presenta como un enfoque de baja tecnología que permite democratizar el desarrollo y producción de

materiales (p.107).

Y es precisamente Miriam Ribul quien hace la primera publicación de código abierto donde se compila una colección de recetas para la creación de biomateriales a partir de la fabricación local y que utilizan herramientas e ingredientes de fácil acceso. El impacto de esta publicación va más allá de las recetas, lo que en verdad genera un impacto es la posibilidad de desarrollar modelos alternativos de creación que reemplacen a los procesos tradicionales. Mediante la elaboración fomenta la experimentación y permite la creación de nuevos lenguajes materiales. El punto clave reside en una nueva concepción en la manera de diseñar que se centra en los materiales y sus respectivos procesos. Es entonces, una alternativa que modifica la relación entre diseñador, proceso y material.

Al tratar este concepto es inevitable no vincularlo a la democratización, el hackeo, la autoproducción o *DIY*, las bajas tecnologías y los modelos alternativos de producción. La interrelación de esos factores ha dado la posibilidad de que emerjan nuevas experiencias materiales (Karana et. al., 2014).

A pesar de que la primera publicación abierta sobre Biomateriales es atribuida a Ribul, se tienen antecedentes en el campo del Open Source Biomaterial, en el 2009 Catarina Mota y Kirsty Boyle, investigadora y especialista en robótica respectivamente, fundan Open Materials, un grupo dedicado a la investigación y experimentación de materiales basados en métodos de autoproducción y código abierto. Y es a través de un sitio web también llamado Open Materials que exploran, comparten conocimientos y técnicas relacionadas con la ciencia de los materiales.

El discurso de estas prácticas de activismo material se fundamenta en los procesos, la experimentación y el estímulo a que personas no especializadas participen en la creación material.

Otra activista material es la investigadora Jenny Lee, quien en el año 2015 y en

coautoría con el Studio Aikieu publican un libro titulado *Material Alchemy, Redefining materiality within the 21st century* (Fig. 13 y 14), el cual especula sobre la materialidad que va a redefinir al S. XXI. El ejercicio práctico que este texto propone focaliza su atención en la ciencia, la tecnología, la antropología y la artesanía como ejes rectores del desarrollo de nuevas materialidades. El término alquimia parece bastante acertado ya que desde la Edad Media era considerada una práctica que circundaba entre la química, la poética y la filosofía como un ejercicio especulativo sobre diversos métodos para transformar la materia.

El activismo material toma fuerza como un movimiento colaborativo contemporáneo que considera las tendencias futuras y provee soluciones sustentables en torno a la materialidad. El declive de la cultura desechable y el consumo exacerbado permite a los diseñadores devolver el valor, significado y narrativa a los productos pero desde la concepción de biomateriales.



Fig. 13 Libro Material Alchemy de Jenny Lee y Studio Aikieu

Fig. 14 Interior del libro Material Alchemy

Futuros materiales

Material Futures es el nombre de un curso de posgrado ofertado por *University of the Arts*, Central Saint Martins, Londres, cuya relevancia en la creación de biomateriales ha rebasado el ámbito académico y se ha transformado en una filosofía que especula sobre posibilidades materiales. Su metodología se centra en un enfoque multidisciplinario del diseño, donde la materialidad es el punto de arranque del proceso.

Se fomenta el diseño impulsado por la investigación, es decir se estudia todo aquello que se puede tocar, sentir, observar e interactuar para la creación de materiales con alta y baja tecnología. Esta práctica de investigación busca responder al entorno en que se habita.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, autoridad mundial sobre el estado del mundo natural y las medidas necesarias para salvaguardarlo, para el año 2019 ha puesto en evidencia que más del 27% de las especies conocidas en la Tierra están en peligro de extinción y que las emisiones de gases efecto invernadero han aumentado drásticamente en los últimos años, estos datos son un parteaguas que obliga a actuar en consecuencia. Consientes de ello y desde un ámbito académico-experimental es que *Material Futures* busca tratar de resolver problemas sociales, políticos y culturales desde la materialidad.

Con la convicción de que el mundo esta en un punto de ruptura y que los mecanismos de diseño, producción y consumo se han vuelto obsoletos se analizan futuros escenarios materiales que buscan anticiparse a las necesidades y desafíos que se ven venir en un futuro.



Fig. 15 Proyecto de *Material Futures* a cargo de Rosie Broadhead, *Skin II*
 Fig. 16 Proyecto de *Material Futures* a cargo de Jen Keane, *This is grown*
 Fig. 17 Proyecto de *Material Futures* a cargo de Tina Gorjanc, *Pure human*

Ecología material

El término Ecología Material surge de la mano de la arquitecta Neri Oxman, quien es pionera en el campo de la investigación basada en los procesos biológicos. Su práctica se basa en la intersección del diseño computacional, la fabricación digital, la ciencia de los materiales y la biología sintética.

El objetivo de esta simbiosis es aumentar la relación entre entornos biológicos y entornos construidos. La ecología de materiales es una filosofía de diseño, un área de investigación y un enfoque científico que explora, informa y expresa las interrelaciones entre lo construido y lo cultivado.

La investigación realizada por Neri y su equipo de trabajo, *MIT Media Lab*, ha generado una nueva era de alquimia biológica donde microorganismos vivos se convierten en fábricas de materiales, estructuras y artefactos, es decir, se controlan las variables necesarias para aprovechar las propiedades biológicas de diversos organismos vivos de acuerdo a los resultados que se desean. El descubrimiento de estos procesos trae consigo un cambio en el paradigma del diseño y la producción ya que cualquier forma de biomasa puede ser transformada en un biomaterial cuya utilidad va desde indumentaria hasta habitáculos.

La combinación de biología con tecnología permite manipular un pixel tridimensional de un objeto físico lo que ayuda a modificar características como la elasticidad, el color, la rigidez, el olor, la transparencia, etc. de un sinfín de biomateriales para permitir que el diseño (biológico) se adapte al entorno, minimizando así su impacto negativo sobre el mismo. Este descubrimiento es trascendental ya que permite que los objetos sean cultivados digitalmente.

Oxman y su equipo se mueven alrededor de campos multidisciplinarios cuyo objetivo es la fabricación a partir del crecimiento y no del ensamblaje o construcción convencional, abogando así por un nuevo tipo de ecología que permita la sustitución



Fig. 18 Lazarus por Neri Oxman
Fig. 19 Silk Pavilion por Neri Oxman

de los materiales conocidos hasta ahora por materiales ecológicos y biofabricados.

Los fenómenos y transformaciones que se han vivido en las últimas décadas traen consigo nuevas oportunidades para el campo del diseño, donde la naturaleza informa y toma el control. Esto quiere decir que hoy en día el diseño ya no se conforma con imitar a la naturaleza, en el diseño biológico los organismos vivos se suman al proceso. Esto ineludiblemente lleva a una nueva era donde no solo se aprecia la complejidad de diversos organismos, sino que se aplica con conocimiento y causa al ámbito del diseño.

La biología sintética estudia, entre otras cosas, el comportamiento de microorganismos con la intención de aprender a controlar, aprovechar o modificar sus procesos biológicos para obtener un producto resultante que sea natural y útil al ser humano. Se podría decir que lo que Neri Oxman propone es editar la biología.

Material Driven Design

Material Driven Design o diseño impulsado por materiales es un método de diseño para experiencias materiales desarrollado por Elvin Karana, quien es investigadora y profesora de ingeniería de diseño en la Universidad Tecnológica de Delft, y donde fundó el *Materials Experience Lab*. Su investigación busca comprender y mejorar la relación entre personas y materiales, abordando el tema desde un enfoque holístico rescatando no únicamente las propiedades técnicas de los materiales, si no las emociones, significados y reacciones que estos generan.

Materials Experience Lab es un grupo de investigación liderado por la misma Karana y su mano derecha Valentina Rognoli, ahí reúne a investigadores y profesionistas interesados en el diseño de materiales. La aportación de este grupo es que combinan diversos métodos para la creación de materiales, entre los que destacan: las ciencias sociales, la ingeniería, la investigación, el diseño de productos y todo aquello que permita entender que los materiales tienen un doble rol simultáneo, el técnico y el

experiencial. Como bien lo explica Karana, et al., el material es un medio que comunica ideas, creencias, enfoques; obliga a pensar, sentir y actuar de determinadas formas; habilita y mejora la funcionalidad y la utilidad. La experiencia material enfatiza este papel de los materiales como algo técnico y experimental al mismo tiempo (2014, p.83).

Tomando la experiencia material como punto de partida, los integrantes de *Materials Experience Lab* desarrollan teorías, herramientas y métodos que les ayuden a comprender como las personas interactúan con determinado material y como el contexto y las condiciones sociales y culturales determinan dichas interacciones. A pesar de que analizan toda clase de materiales, predomina el interés por los biomateriales.

Al igual que la mayoría de las prácticas centradas en el desarrollo de biomateriales, el diseño impulsado por materiales promueve un enfoque *DIY*, que acerca a las personas al proceso de fabricación de materiales.

Para el método *Material Driven Design* el desarrollar materiales alternativos que ayuden a subsanar los errores de diseño de los materiales tradicionales no basta, por el contrario busca que un material genere experiencias significativas que vayan más allá de una evaluación utilitaria. Este tipo de ejercicio obliga a analizar a los materiales no únicamente por lo que son, sino también por lo que hacen, lo que provocan, lo que expresan y lo que intuitivamente nos obligan a hacer. Este método promueve la creación de materiales que brindan una experiencia y cuenta con cuatro etapas (Fig. 20), que son:

1. Comprensión material: Técnica y experiencial
2. Creación de la visión de experiencia del material
3. Manifestación de patrones de experiencia material
4. Diseño de concepto material o de producto

Es un método que hace énfasis en el trayecto del diseñador desde lo tangible hasta lo abstracto y viceversa. Es una manera de crear que va en contracorriente a la costumbre del diseño que da inicio al proceso creativo con la conceptualización y termina en la materialización; esta propuesta antagónica da un giro y comienza por comprender el entorno local, los materiales y productos que se tienen a la mano y solo una vez que se comprende y se tiene dominio sobre estos se especula sobre los posibles usos que pudiera tener.

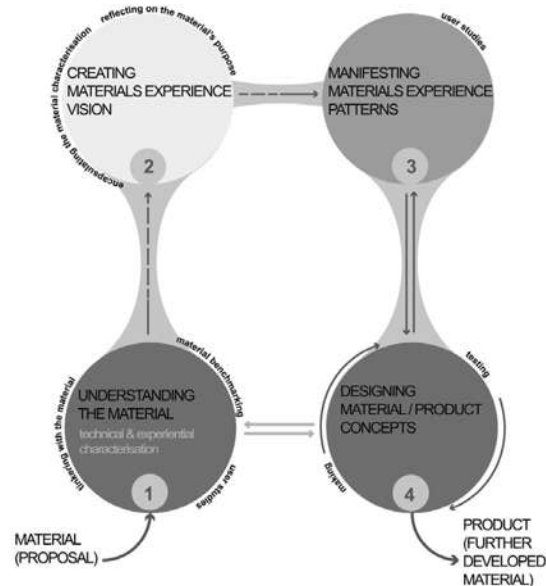


Fig. 20 Método Material Driven Design de Elvin Karana

Diseño basado en la biodiversidad

El diseño basado en la biodiversidad crea una paleta biomaterial con denominación de origen, asociada a la materia prima con que se crean estos materiales.

Un claro ejemplo de este tipo de diseño es LABVA, Laboratorio de biomateriales de Valdivia, Chile, que se fundó en el año 2018 por María José Besoain, Alejandro Weiss y Valentina Aliaga. Este laboratorio produce biomateriales usando exclusivamente materia prima y desechos que se encuentren en su entorno, diseñando desde un foco territorial y transdisciplinar que cuestiona la materialidad que los rodea y la cultura asociada a la misma. Incentivan la investigación, experimentación y prototipado de nuevas materialidades que generen como consecuencia una mejora medioambiental y el empoderamiento social ya que desarrollan materiales *DIY*, *CIY* y *GIY*.

El trabajar con un enfoque territorial le permitió a LABVA identificar que Valdivia sufre desabastecimientos constantes debido a que gran parte de los insumos de la localidad son importados, es así como surge la propuesta de revalorizar el territorio a través de la creación de biomateriales que respondan a lo que abunda en la zona. La propuesta es de interés ya que no solo impactan en la sustentabilidad ambiental por el contrario logran una propuesta sustentable integral que también considera el ámbito social y económico. Este enfoque repercute también en la no explotación ni de los recursos ni las comunidades de donde estos recursos son extraídos, por el contrario se encuentran en una labor artesanal que es consciente con el entorno natural. De esta manera apuestan por lograr un cambio en los procesos productivos actuales.

Buenas prácticas

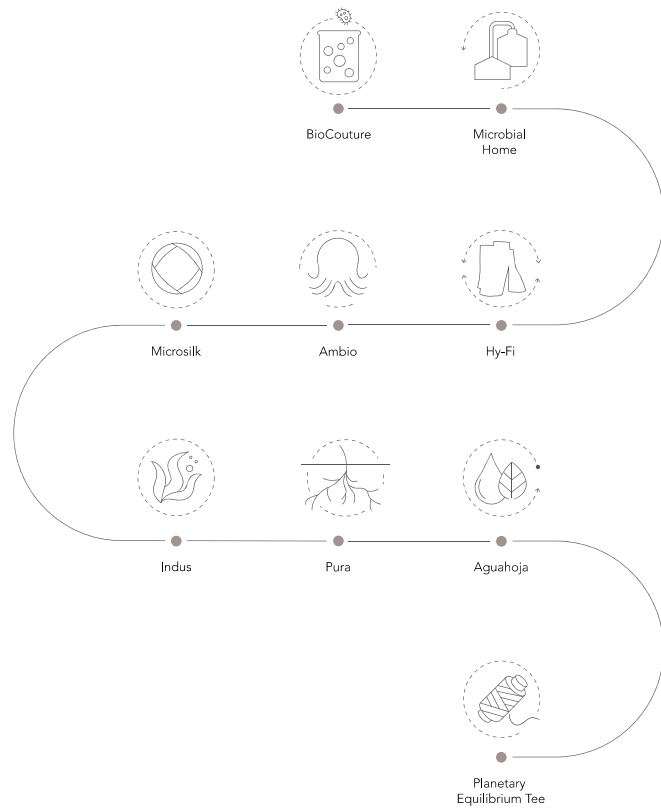


Fig. 21 Buenas prácticas

BioCouture. Suzanne Lee

BioCouture es un consultoría de diseño con sede en Londres, cuya fundadora es Suzanne Lee una ex investigadora de Central Saint Martins y autora del libro *Fashioning The Future: Tomorrow's Wardrobe*, quien postula la idea de que los microbios serán las fábricas del futuro.

BioCouture se fundó con la intención de explorar que microorganismos tienen la capacidad para producir materiales, ha estudiado bacterias, hongos y algas. Pero su mezcla más popular es una combinación simbiótica de levaduras y bacterias, la cual a través de la fermentación de té tiene la capacidad de producir un material similar al cuero vegetal.

Además del desarrollo material propuesto por Lee, una aportación significativa que logra es incentivar la formación de una comunidad de innovadores materiales que trabajan con procesos biológicos y cuyos experimentos son de código abierto. Lee desglosa BioCouture en tres grandes sectores: el problema, la innovación y la visión.

El problema identificado es la necesidad de producir materias libres de materias primas tóxicas. Para ello crea BioCouture como un hogar para todas las experimentaciones en torno a materiales cultivados. Esta plataforma permite compartir y escalar diversos proyectos que de otro modo no alcanzarían su plenitud.

La innovación es generar recursos de código abierto para la creación de materiales biológicos. La primera receta de código abierto fue la creada por Suzanne Lee para fermentar té y crear cuero vegetal. Compartir este proceso creativo busca incentivar el intercambio de conocimiento a nivel mundial para precipitar el desarrollo de diversos materiales.

Y la visión consiste en imaginar sistemas de fabricación futuros basados en organismos vivos.



Fig. 22 Chaqueta BioCouture por Suzanne Lee
Fig. 23. Falda BioCouture por Suzanne Lee

Microbial Home. Philips Design

Microbial Home es un un ecosistema doméstico creado por Phillips Design. Este sistema doméstico esta compuesto por módulos que se comunican entre si de manera que la casa sea autosuficiente energéticamente y aproveche los residuos, esto es, que la casa se concibe como una máquina capaz de filtrar, procesar y reciclar. Todo ello sin la necesidad de altas tecnologías, por el contrario a partir de procesos basados en el medio natural.

El núcleo del proyecto es un biodigestor que transforma los desechos de la cocina y sanitarios en metano, este gas posteriormente es almacenado y quemado para alimentar energéticamente a los diversos electrodomésticos que componen el sistema.

Estos electrodomésticos son los otros módulos que permiten a la casa funcionar, hay aparatos encargados de calentar, refrigerar y generar alimento. Un factor atractivo del proyecto es que estos aparatos funcionan cíclicamente asemejando el funcionamiento de un ecosistema. Este núcleo biodigestor busca aprovechar la masa y energía que se produce de manera natural en el entorno doméstico.

El biodigestor se encuentra integrado a una isla de la cocina que incluye una superficie para picar, un triturador de desechos y una estufa de gas, con los desechos genera metano a partir del trabajo realizado por las bacterias, las cuales digieren la materia orgánica en la unidad de eliminación de desechos.

En la mesa de comedor se encuentran cajas de terracota para el almacenamiento de alimentos. Estas cajas se calientan con las tuberías de agua caliente del biodigestor y cada una tiene espesores y volúmenes diferentes para proporcionar todo un rango de temperaturas que se adapten a las necesidades. De esta manera se puede conservar la comida caliente mientras se come.

Este ecosistema cuenta con un dispositivo para reciclar los desechos plásticos, este reciclaje se lleva a cabo por hongos que tienen la capacidad de digerir estos materiales. Y en cuanto a la iluminación esta se genera mediante bacterias bioluminiscentes, las cuales se mantienen con vida gracias al metano que produce el biodigestor.

También cuenta con un sistema de apicultura doméstica llamado *Urban Beehive*, el cual permite la entrada y salida de abejas, en cuyo interior hay una estructura similar a una granja de hormigas y donde las abejas pueden construir sus celdas de cera y comenzar la producción de miel.

El sistema de inodoro esta centrado es mostrar el valor energético de los desechos humanos, minimizando toda clase de residuos. Se trata de un inodoro que filtra mediante carbón, arena y cerámica los residuos, enviando los sólidos al biodigestor y convirtieron los líquidos en aguas grises que pueden ser utilizadas de manera segura para otras labores domésticas.

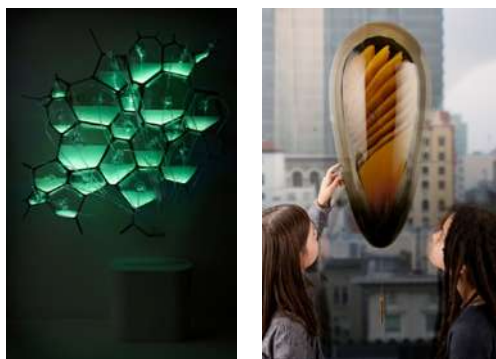


Fig. 24 Sistema de iluminación con bacterias bioluminiscentes
Fig. 25 Urban Beehive



Fig. 26 Interior Microbial Home

Hy-Fi. The Living

Hy-Fi es el pabellón ganador del concurso MoMA PS1 2014, fue creado por el estudio neoyorquino The Living. Se trata de torres creadas a partir de desechos agrícolas y micelio de hongos, esto quiere decir que cada uno de los ladrillos que componen este pabellón fue cultivado. La aportación que hace este pabellón es su proceso biológico, así como su deconstrucción biodegradable.

Para el cultivo de estos bloques se diseñaron moldes, el micelio acompañado de alimento creció y se endureció hasta adoptar la forma del recipiente que lo contenía.

The Living es un estudio que se dedica a la investigación y práctica con nuevas tecnologías que hibridan la biología, la computación y el medio ambiente, cuyo director es el maestro en arquitectura David Benjamin. El estudio se centra en las posibilidades que ofrecen los organismos vivos para dar con soluciones arquitectónicas y articulan su trabajo en tres marcos que son: información, materiales y medio ambiente. Bajo estos ejes rectores estudian exhaustivamente como el ecosistema construido puede reducir su propio impacto en las ciudades.

El pabellón se compone de tres torres que se entrelazan y figuran una especie de organismo en crecimiento, sin embargo su proceso biológico es más interesante que su morfología, ya que es un material que crece, por lo tanto se trata de un material vivo con la capacidad para retornar a la tierra mediante el compostaje. Esta diseñado tanto para existir como para dejar de hacerlo.

Su principal fuente creativa es la biotecnología ya que esta ofrece nuevas posibilidades para crear entornos construidos a partir del diseño biológico. El cultivo de desechos agrícolas y micelio de hongos crean ladrillos sin necesidad de energía fósil.

La composta resultante de estos ladrillos regresará a los huertos comunitarios de Nueva York en forma de abono, eliminando así el problema de los residuos y

generando simultáneamente un material constructivo con un ciclo de vida cerrado.

Otro concepto que rescata The Living es la revalorización de los materiales locales, ya que la totalidad de las materias primas, la fabricación, construcción, compostaje y renacimiento que fueron necesarias para crear Hy-Fi sucedieron en un radio de 200 kilómetros, nada fuera de este radio fue requerido.



Fig. 27 y 28 Pabellón Hy-Fi

Ambio. Teresa van Dongen

Ambio es una lámpara creada por la diseñadora holandesa Teresa van Dongen. Esta lámpara funciona mediante bacterias bioluminiscentes (*Photobacterium*) que en su entorno natural se encuentran en los pulpos.

La lámpara consiste en un tubo de vidrio lleno de bacterias que se encuentran en una solución de agua salada. Para lograr este proyecto se aíslan las bacterias de su medio natural, posteriormente se cultivan en laboratorio donde se reproducen para posteriormente ser colocadas en un medio de agua de mar artificial que tiene los nutrientes y alimentos adecuados para que las bacterias puedan sobrevivir.

La lámpara es un mecanismo suspendido con un tubo de vidrio en un extremo y un contrapeso en el otro, para prenderla es necesario agitarla suavemente de modo que el tubo se oxigene y haciendo que las bacterias brillen.

Este fenómeno de la bioluminiscencia fue descubierto por la diseñadora en las olas del océano durante la noche. Ambio es una visualización sobre como aprender a utilizar la naturaleza como fuente de energía.



Fig. 29 y 30 Ambio Lamp

Microsilk. Bolt Threads

Bolt Threads es una empresa dedicada a buscar soluciones materiales sustentables. Buscan soluciones en la naturaleza teniendo en mente que el mundo tiene recursos limitados.

Uno de los materiales desarrollados por ellos es Microsilk, un hilo de seda que imita la capacidad de las arañas para producir fibras de seda. Además estas fibras de seda son elásticas, suaves, durables y poseen alta resistencia a la tracción. La producción de Microsilk tiene un menor impacto ambiental si se compara con la fabricación textil tradicional y es un material biodegradable al final de su vida útil.

Para lograr crear este tipo de material se llevó a cabo el siguiente proceso:

- Estudiar las proteínas que componen la seda producida por las arañas, para así determinar que es lo que le da sus propiedades.

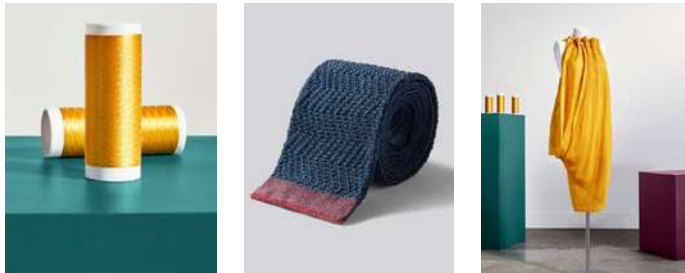


Fig. 31. Hilo Microsilk

Fig. 32 Vestido de Stella McCartney para el MoMA, confeccionado con tela Microsilk

Fig. 33 Corbata hecha de Microsilk. Fue el primer producto disponible comercialmente

- Desarrollar proteínas similares a las encontradas en la seda de arañas, mediante bioingeniería.
- Poner a fermentar estas proteínas creadas en laboratorio con la ayuda de levaduras, azúcar y agua de manera que la proteína se reproduzca a gran escala.
- Aislar y purificar la proteína de seda del líquido fermentado.
- Hilar la fibra para producir hilos, o tejer estas fibras en telas.



Fig. 34 Vestido hecho en colaboración entre Stella McCartney y Adidas, creado con microsilk y celulosa

Indus. Bio-Integrated Design Lab de Bartlett School of Architecture

El Laboratorio de Diseño Biointegrado de la Escuela de Arquitectura de Bartlett de la mano de Shneel Malik, estudiante de doctorado, ha creado baldosas modulares con algas cuya finalidad es filtrar químicos tóxicos y metales pesados del agua. Estas baldosas se llaman Indus y buscan explorar la capacidad del diseño para cuidar del entorno natural.

Cada pieza del sistema se crea con bajas tecnologías, están hechas de arcilla en moldes que forman canales, la forma del molde imita la estructura de las hojas y su capacidad para distribuir el agua en cada parte de la planta. Los huecos que deja el molde son llenados con un hidrogel derivado de algas. Este hidrogel se prepara a base de polvos y puede ser sustituido una vez que su capacidad para limpiar el agua ha terminado. De manera que la estructura de arcilla permanece y lo único que requiere sustitución es el preparado de algas. De igual manera cada baldosa forma parte de un sistema pero es fácilmente removible para proveer un mantenimiento sencillo.

Se pensó en un sistema de fácil construcción y mantenimiento ya que el proyecto esta diseñado para ser llevado a áreas con fuentes de agua contaminadas, donde los locales tengan la capacidad de replicar el sistema y contar con agua potable.

Después de crear la estructura de las baldosas con arcilla, estas se rellenan de hidrogel y una vez que están llenas se estructuran modularmente en una pared, donde el agua se vierte por entradas que se encuentran en la parte superior y va recorriendo los canales y el hidrogel de algas va absorbiendo las toxinas, finalmente el agua es recolectada en la parte inferior.

Conforme el agua pasa por las baldosas se lleva a cabo un proceso que se llama bioremediación, en el cual los microorganismos presentes en las algas consumen y degradan los contaminantes que se encuentran en el agua. Se puede notar que se trata de una relación simbiótica ya que las algas requieren de los químicos y metales

pesados para sobrevivir y estos se encuentran en el agua que purifican a su paso. Dentro de las celdas de algas los contaminantes quedan almacenados es entonces cuando es necesario reemplazar el hidrogel, limpiándolas y rellenándolas nuevamente.

Las baldosas funcionan a modo de sistema de circuito cerrado basado en incentivos.

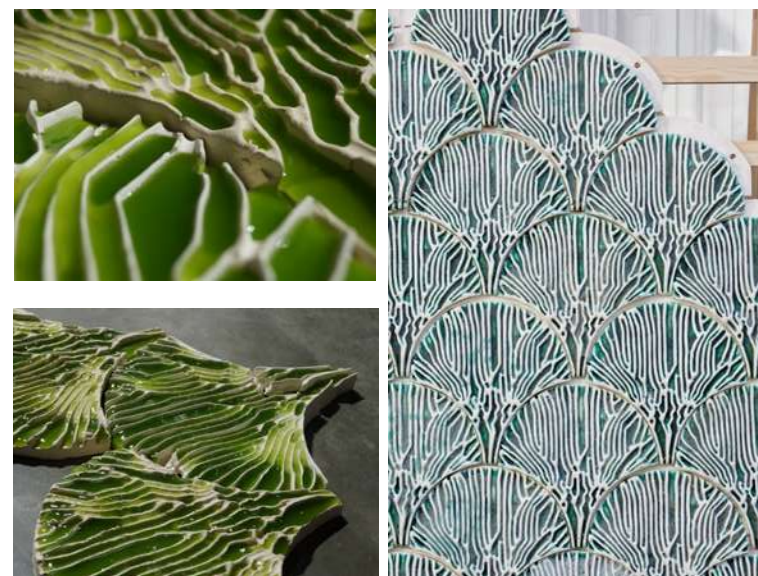


Fig. 35, 36 y 37 Baldosas Indus

Pura. Mogu

Mogu es una empresa dedicada a buscar soluciones para la arquitectura y diseño de interiores, soluciones que aprovechan la inteligencia de la naturaleza para crear productos cotidianos que estén en equilibrio con el ecosistema. El objetivo de esta empresa es acercar a las personas a la naturaleza creando materiales y productos cuyo impacto ambiental sea mínimo.

A través de sus productos buscan restablecer el valor de las cosas a través de sus procesos y su ciclo de vida.

Dentro de Mogu hay un laboratorio dedicado a la biofabricación, Pura, el cual se encarga de implementar procesos basados en la fermentación fúngica para crear soluciones. Trabajan principalmente en la tecnología del micelio.

Las soluciones que propone Pura surgen de la intersección de la biología, la ciencia de los materiales, el diseño y la industria. Considerando como principal colaborador a los microorganismos.

Con esta práctica redefinen los paradigmas de producción mediante la valorización de residuos que pertenecen a otras cadenas de valor. El laboratorio de Pura, ha desarrollado materiales alternativos al cuero de origen animal, Pura Flex, los cuales son fabricados biológicamente mediante cultivos.

El resultado es una piel vegana con alto rendimiento técnico, que ofrece experiencias hápticas innovadoras y cuya funcionalidad va a la par de la responsabilidad ecológica. Este material puede ser usado para diversos campos, como la moda, el diseño automotriz o de mobiliario.



Fig. 38 y 39 Piel vegana Pura

Aguahoja. Mediated Matter

Aguahoja es la ecología material propuesta por Neri Oxman llevada a la práctica, se trata de inteligencia material derivada de materia orgánica, fabricada por un robot y moldeada por el agua. Es una obra que intenta conciliar lo cultivado con la fabricación artificial.

Para la creación de Aguahoja Neri Oxman y su equipo exploran el diseño a partir de la conjunción entre tecnología y química, ya que ambas permiten controlar la forma, composición y alteración de los materiales que proponen. Estos materiales se componen principalmente de celulosa, quitosano, pectina y agua. Pero lo llamativo de la propuesta es que es el equipo de *Mediated Matter* logró fabricarlos digitalmente, algo similar a crear compuestos naturales a partir de la artificialidad. Las propiedades del material se crean a partir de diseño paramétrico, donde algoritmos generan de manera automática los patrones geométricos que ayudan a mejorar las propiedades del material.

La naturaleza nos hizo mitad agua. Con el agua, las ecologías naturales facilitan la personalización de las propiedades físicas y químicas de un organismo, a través del crecimiento y la biodegradación, en función de las limitaciones biológicas y ambientales. Este ciclo de nacimiento, adaptación y decadencia permite a los ecosistemas utilizar materiales a perpetuidad. En los bosques maduros y los arrecifes de coral, los desechos son prácticamente inexistentes. (MIT Media Lab, 2020)

Esto quiere decir que se trata de materiales que al llegar al final de su vida útil se disocian en agua, y de esta manera alimentan nuevos materiales.

Este proyecto se compone de dos obras: una colección de artefactos naturales y un pabellón. El pabellón es un prototipo del material a escala arquitectónica, donde una estructura se cubre con la piel o material propuesto y los artefactos hablan de la totalidad de los materiales que conforman la obra de Aguahoja.



Fig. 40 Pabellón de biopolímeros Aguahoja
Fig. 41 Materiales de Aguahoja

Planetary Equilibrium Tee. Spiber y The North Face

La compañía Spiber busca volver a encontrar el equilibrio con el medio ambiente a través de la creación de materiales a base de proteínas, ayudados de herramientas como la ciencia y la tecnología; de manera que el uso de tecnología de vanguardia este en sintonía con la relación de la humanidad y la naturaleza. Su desarrollo material busca alejarse de las materias primas petroquímicas o de origen animal, de tal modo que su práctica se convierte en un catalizador para pensar en el futuro del mundo y el rol que los diseñadores deben desempeñar en consecuencia. Precisamente esa relación entre humanidad y naturaleza es la que puede llegar a permitir un equilibrio.

Su principal material se llama *Brewed Protein* y se crea mediante un proceso de fermentación cuyos componentes principales son los azúcares y los microbios. Sin embargo *Brewed Protein* no hace alusión a un único tipo de material, por el contrario comprende una gran familia de materiales. Estos materiales a base de proteína pueden ser procesados en diversas formas: en filamentos sedosos, hilados con propiedades similares a la lana, en resinas e incluso en texturas similares al cuero animal. Al tener tantas y tan diversas salidas sus usos potenciales incrementan y van desde aplicaciones médicas hasta materiales usados en la industria del vestido.

La camiseta *Planetary Equilibrium* surge como un proyecto conjunto de investigación entre la compañía Spiber y The North Face, se trata de una playera compuesta por el material *Brewed Protein* más algodón. La composición de esta playera busca estar en armonía con la composición de la biosfera de la tierra.

Uno de las cualidades que más llama la atención de esta playera es que la presentan acompañada de una etiqueta de información nutrimental, la cual se encuentra en el cuerpo de la camiseta, esta etiqueta presenta los componentes que forman la prenda a la vez que es una reflexión, ya que estos pueden ser consumidos y reutilizados por el ecosistema natural de la Tierra. La creación de materiales ambientalmente responsables permite a los creadores construir un futuro más sustentable.

Aportaciones del estado del arte y postura personal

Cada una de las aportaciones que comprenden el estado del arte ha contribuido a afinar y encaminar la propuesta de esta investigación, sin embargo se rescatan aquellas de mayor trascendencia porque ayudaron a la construcción conceptual de la nueva cultura material, así como a encontrar el mejor camino para poder mostrar que existe una ruta alternativa. Se presentan las aportaciones clave (Fig. 42) y además se complementan con una reflexión sobre lo aprendido de esta compilación de ideas, propuestas, métodos, etc.

Actualmente el mundo experimenta cambios radicales constantemente, muchos de estos cambios suelen vincularse al desgaste medioambiental que impera. Este desgaste ha impactado incluso al ámbito del diseño, donde cada vez es más común ver a diseñadores involucrados con el diseño de materiales, sin embargo las investigaciones sobre producción material ya no suelen enfocarse en descubrir nuevas funciones sino en generar materiales centrados en ahorrar los recursos del planeta.

Bajo esa premisa surge la propuesta de incentivar una nueva cultura material que se aleje de la manera convencional de producción, la cual además de ser altamente contaminante se basa en recursos fósiles no renovables y recursos químicos dañinos para el ecosistema.

Esta nueva cultura material se logra mediante métodos de producción basados en el crecimiento natural, donde la producción de materiales es vista como un proceso biológico. En este proceso se saca provecho de la capacidad que tienen los microorganismos para generar materiales.

Una aportación relevante es que la nueva cultura material aquí propuesta deja de lado la jerarquización vertical y opta por la democratización en el proceso de diseño. Esto implica que cualquier persona puede llegar a replicar los experimentos llevados a cabo (en esta tesis) y generar sus propios materiales. Así es como se determinó que el

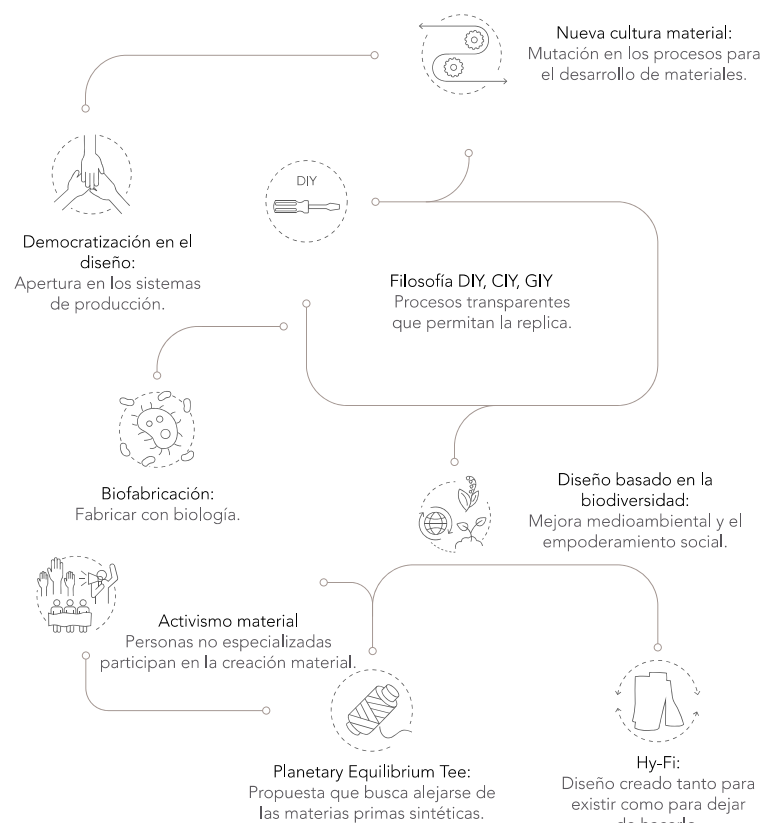


Fig. 42 Aportaciones clave del Estado del Arte

desarrollo material se llevaría a cabo en el entorno doméstico.

El desarrollar experimentos de laboratorio fuera del entorno establecido acerca a las personas a la ciencia, ofreciendo recursos para gestionar procesos químicos, físicos y biológicos a favor de las necesidades humanas. Por ejemplo, los cultivos mixtos con los que se pretende generar láminas de origen biológico son creados con la intención de satisfacer ese requisito específico, por lo que la población microbiana que los habita se adapta a las condiciones de cuidado-solicitud a los que se les somete.

Existe la necesidad de una nueva cultura material que se enfoque en desarrollar materiales a través de un proceso de construcción de conocimiento experimental y de intercambio de conocimiento entre distintas disciplinas, a la par que se descubren modos alternativos de producción cuyo impacto ambiental sea menor.

Con la reflexión que se acaba de hacer surge un buen momento para hacer notar las aportaciones y diferenciadores de la propuesta material que se va a desarrollar, es decir, porque es diferente a los ejemplos que se presentaron (Fig. 43).

Transparencia en el proceso

En los ejemplos mostrados en buenas prácticas nadie menciona su proceso, incluso en las instrucciones de código abierto para generar biomateriales no se muestra toda la experimentación que hubo de por medio para llegar a una receta viable.

Contextualización en el entorno doméstico

Uno de los grandes aportes de la nueva cultura material es la posibilidad de desarrollar materiales en el entorno doméstico, el trabajar desde casa permite producir con bajas tecnologías por lo que la replicabilidad incrementa precisamente al no depender de equipo especializado ni insumos de difícil adquisición. Además el generar materiales de este modo permite que cada persona tenga el potencial de cambio a su alcance.

Exploración con procesos biológicos

En el desarrollo de biomateriales que se pueden elaborar en casa predominan aquellos cuya lógica material se basa en aglutinar. La mayoría de la información abierta incluye materiales de este tipo, es decir, aquellos que no involucran un proceso biológico. Esto indica que hasta el momento del desarrollo de materiales biológicos predomina en el laboratorio y bajo la supervisión de especialistas.

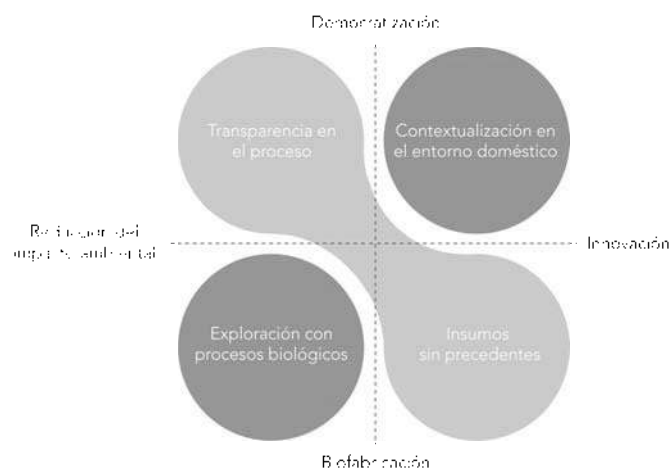


Fig. 43 Diferenciadores de la propuesta material

Insumos sin precedentes

Hasta el momento la publicación abierta de procesos biológicos es escasa, la más popular es la de fermentación de té, de Suzanne Lee, y sus respectivas variantes como la que se encuentra en la librería de materiales de Materiom. También por parte de Materiom se encuentra publicada una receta para trabajar con micelio. Sin embargo parte de la experimentación aquí propuesta, involucra el trabajo con insumos de los cuales no se tiene evidencia previa.

No se debe pensar que no existen biomateriales ya propuestos que surgen a partir de la fermentación, por el contrario se mostraron algunos en las buenas prácticas pero como se mencionó con anterioridad se trata de procesos altamente especializados y que hasta el momento permanecen velados.

MARCO TEÓRICO

Dentro del marco teórico se explicarán dos conceptos de especial relevancia: Diseño experimental y Biomateriales; con la intención de que entre investigador y lector haya un consenso en el significado de esos conceptos, los cuales son repetitivos dentro del documento.

Diseño Experimental

La acción de diseñar se ha llegado a entender como una serie de pasos lineales e inamovibles, que siguiendo una secuencia lógica conducirán irrevocablemente a una solución, pero nada está más alejado de la realidad. Diseñar supone lo contrario. Diseñar no termina siendo una acción, por el contrario es una manera de pensar que no se ajusta a la reglamentación, rutina ni rigidez.

Este proceso no vertical se puede asociar a la experimentación, la cual fomenta la creatividad en el proceso del diseño. Pero, ¿Qué es la experimentación en el ámbito del diseño? "La experimentación en el diseño es una estrategia de diferenciación y es una herramienta que permite evidenciar la relación entre diferentes variables de diseño y que retroalimenta en tiempo real los resultados del proceso" (Sevilla, 2011, pg. 182).

El diseño experimental es antagónico a la creencia del individuo como genio creativo, por el contrario se centra en implementar nuevos sistemas, informalidad y ambientes adecuados que fomenten el acto de pensar, de crear y de experimentar.

La experimentación suele dar inicio con un objetivo o problema de diseño a resolver, pero un factor clave para entender que tienen en común las metodologías de carácter experimental, es que suponen la creación de mecanismos de solución adaptativos, esto quiere decir que ninguna experimentación es igual a otra, la única constante es el problema pero siempre se aborda desde distinta óptica según los objetivos que se

buscan. Cuando se cae en la repetición se deja de experimentar.

El proceso experimental es sobre todo la confluencia de diversos factores teóricos, prácticos, técnicos y de confrontación con la realidad que en convergencia generan soluciones innovadoras.

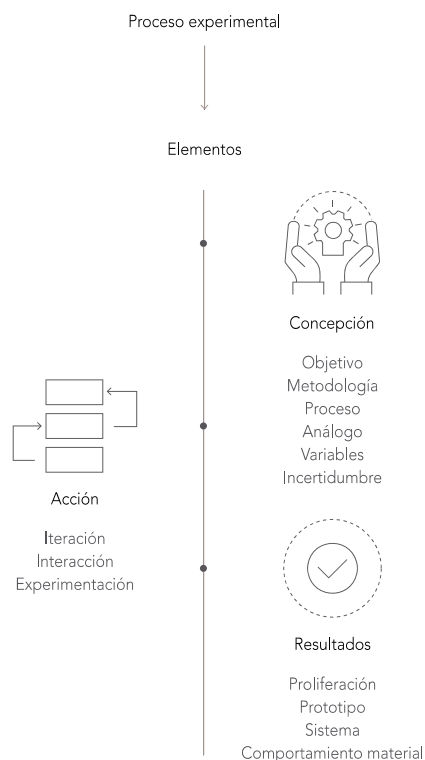
La experimentación no requiere de sistemas de alta tecnología, por el contrario también utiliza procesos de fabricación análoga o lo que es lo mismo, de baja tecnología.

Las metodologías basadas en la experimentación buscan relacionar de manera sistémica los resultados con los procesos descubriendo así en el trayecto nuevas configuraciones que den respuesta a los problemas del diseño. Respuestas que surgen como una necesidad de modificar la normalización que adolecen la mayoría de los procesos de diseño. Es imperativo diseñar procesos y metodologías propias ya que la normalización conduce a resultados homogéneos que limitan la innovación.

El diseño experimental se puede implementar en la práctica profesional si se cambia el modo en que se resuelven los problemas de diseño. Los diseñadores deben tener la capacidad para generar procesos de diseño propios que sean adaptativos a diversos objetivos y a la manera individual de pensar, sentir y actuar.

Se presentan algunos conceptos relacionados con el proceso experimental (Fig. 44).

Se puede afirmar que los procesos o metodologías de carácter experimental buscan ampliar los límites del diseño mediante la integración de nuevas maneras de hacer que prioricen el proceso sobre el resultado y que fomenten la incertidumbre como parte de la solución.



Biomateriales

La creación de los biomateriales se ha visto impulsada por el cambio climático, la intención de disminuir la huella de carbono que generan los materiales sintéticos basados en fósiles, la búsqueda de soluciones alternativas a los productos derivados de animales y la preocupación por mejorar el impacto ambiental de los productos y servicios. A pesar de todo ello la palabra biomateriales sigue siendo una categoría mal definitiva.

En ausencia de un significado preciso para definir un biomaterial aquí se explicará en que consiste este término y que tipo de biomaterial es la propuesta de este proyecto de investigación.

En sus orígenes el término biomaterial proviene del campo de la investigación biomédica, sin embargo ha ido evolucionando y ahora se usa también para designar a los nuevos materiales que utilizan materias primas de origen natural y por lo tanto que no provienen del petróleo.

Biomaterial es una categoría mal definida ya que esta hace alusión a cualquier material que tenga una asociación biológica, pero sin llegar a mayores especificaciones. No se trata de un término erróneo propiamente dicho pero si de uno ambiguo que deja lugar a más dudas que respuestas. Al hablar de biomateriales se hace mención a una amplia familia de materiales, donde el contenido de cada uno puede variar radicalmente.

Todos los biomateriales son biobasados, esto quiere decir que pueden contener biomasa, ya sea total o parcialmente. La biomasa es materia orgánica, por ejemplo: plantas, restos animales, ramas, excremento, cereales, restos de comida, entre otros.

Un mayor grado de especificidad viene con la segmentación de los biomateriales de acuerdo al proceso por el cual se fabrican:

Fig. 44 Conceptos relacionados del proceso experimental

- Bioplásticos o biocompuestos: Cualquier material que contenga biomasa y sea generado por el hombre, los materiales más comunes de este tipo tienen como base grenetina, féculas o alginatos.

- Materiales biofabricados: Se trata de materiales creados por organismos vivos, por ejemplo: hongos, bacterias, algas, etc.

Y los materiales biofabricados se subdividen a su vez en:

- Bioensamblados: Se trata de una estructura que crece gracias a diversas reacciones químicas y a un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos.

- Biosintéticos: Son polímeros sintéticos que se crean a partir de insumos naturales (biomasa).

Este tema de investigación hace una propuesta material que consiste en láminas de origen biológico. Con la intención de que quede más claro de que tipo de biomaterial se trata, se presenta la siguiente información gráfica (Fig. 45).

El término biomaterial abarca un gran abanico de posibilidades y tecnologías, sin embargo no se pueden generalizar todos, cada uno de ellos debe ser identificado de acuerdo a sus insumos, proceso de fabricación, impacto y función. Posteriormente se retomará el término de láminas de origen biológico y se explicará en que consisten con mayor detalle.

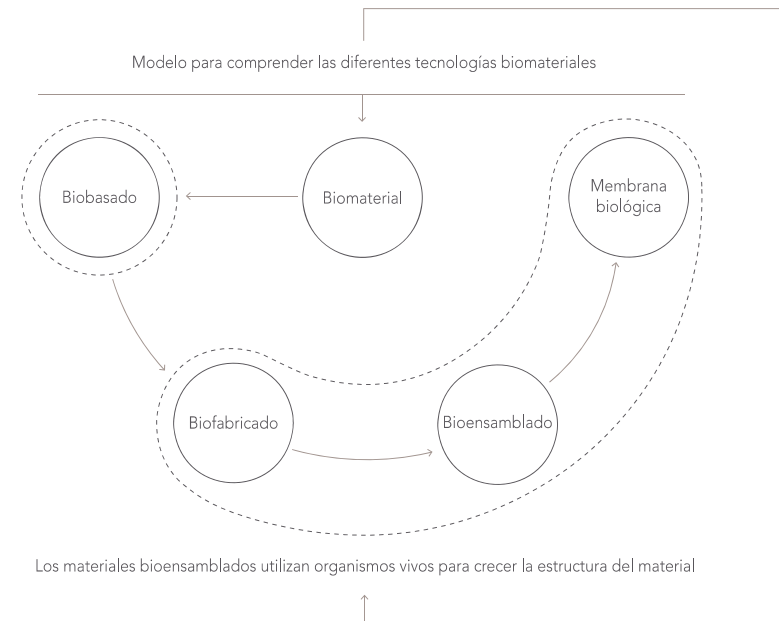


Fig. 45 ¿Qué tipo de biomaterial son las láminas?

Capítulo tercero

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

El desarrollo de nuevos materiales también se encuentran con lo desconocido, con comportamientos inesperados de los materiales. Solo podemos hacer predicciones sobre nuevos materiales a partir de las experiencias que tenemos con ellos o con materiales y experiencias similares; por consiguiente una interacción material y una exploración de los materiales intensas son el camino para crear conocimiento en este contexto (Niinimäki et al., 2018, p. 37).

Como propuesta de solución al problema de diseño que enfrenta este tema de investigación y aprovechando la experiencia previa en diseño con procesos experimentales, adquirida durante la maestría, se diseña un método práctico cuyas principales características son: experimentación, realización de un proceso que no es lineal, iteración constante y contextualización en el entorno doméstico. Se empieza por mostrar de manera gráfica (Fig. 46) los pasos que conforman al planteamiento metodológico.

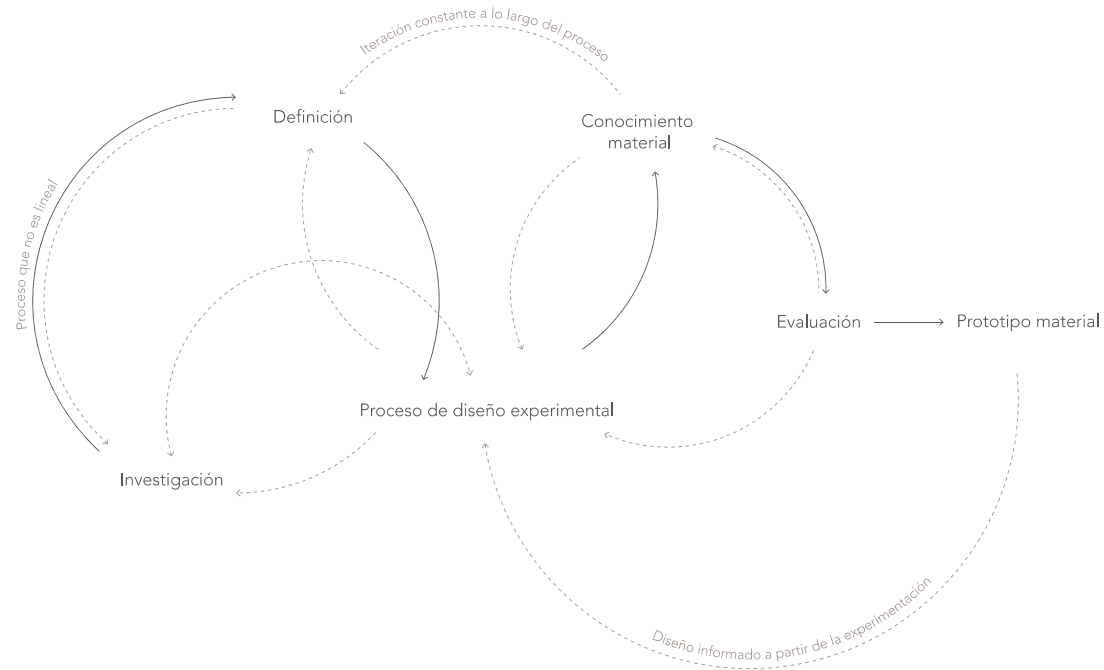


Fig. 46 Metodología

Una de las peculiaridades del diseño experimental es precisamente la apropiación de los procesos, la cual demanda el diseño del propio proceso experimental.

Como parte de la nueva cultura material que esta tesis propone se hace hincapié en la replicabilidad del proceso, es por ello que se determinó el espacio doméstico como área de trabajo y el uso de insumos que además de ser naturales son de fácil adquisición.

La metodología aquí propuesta da prioridad al proceso como eje rector de la experimentación para la creación de láminas de origen biológico. Para mayor comprensión del mismo se describe en que consiste cada uno de los pasos que se llevan a cabo. Estos pasos se describen en un aparente orden, sin embargo no se debe olvidar que es un proceso no lineal, por el contrario se puede ir y venir según lo indique la misma experimentación.

Investigación

Con este paso se da inicio al proceso de experimentación. Comienza con la investigación y comprensión de casos análogos para saber donde estamos parados y hacia donde seguir. En este paso siempre se debe tener claro cual es el problema de diseño y el objetivo para no desvincular la experimentación de lo que se pretende conseguir.

Definición

Una vez que se conoce con mayor profundidad la problemática y los objetivos han quedado debidamente establecidos, se comienzan a tomar decisiones para dar inicio a la experimentación. Como se mencionó en el marco teórico los biomateriales se pueden clasificar en diversos grupos, es por ello que es importante definir con que tipo exacto de biomaterial se va a experimentar de manera que esta claridad sirva como una segunda guía en el proceso experimental.

Definición material: Láminas de origen biológico

Proceso de diseño experimental

Aquí comienza la experimentación o ejercicio práctico, consiste en todas las actividades que se lleven a cabo con la intención de generar láminas biológicas, esto incluye incluso a los posibles experimentos fallidos, es decir, cuando no se logre generar una lámina.

Este proceso de diseño experimental se segmenta a su vez en las diversas etapas necesarias para lograr un producto material final (Fig. 47).

Conocimiento material

Una vez que se han llevado a cabo diversos experimentos surge de manera consecuente la adquisición de conocimiento, es decir, toda la información y aprendizaje que trae consigo la generación material. Este conocimiento adquirido no debe quedar estancado ahí, por el contrario debe aportar o ayudar a mejorar la propuesta material, informando los experimentos subsecuentes.

Evaluación

Esta parte del proceso requiere de una postura crítica para poder evaluar objetivamente la propuesta material resultante, conocer sus limitaciones, áreas de oportunidad y analizar si es viable la mejora o si el resultado es inviable y se descarta. Solo el proceso va a informar esta toma de decisiones. Las variables a evaluar son:

- Resistencia a la temperatura: radiación solar, luz incandescente y horno convencional
- Reblandecimiento: al agua y al aceite
- Resistencia a la presión
- Capacidad para adquirir color: pigmento natural y pigmento artificial

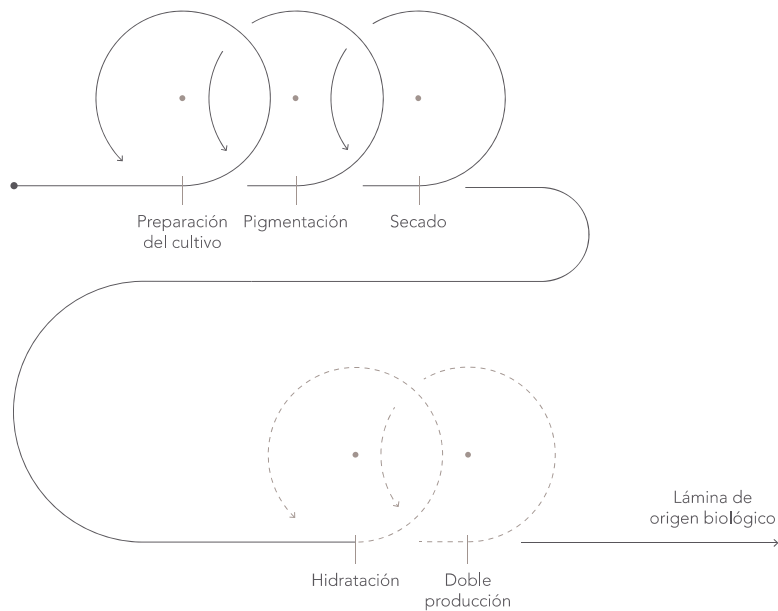


Fig. 47 Etapas para obtener una lámina biológica

- Capacidad para adquirir textura

Iteración

La iteración no es una acción que se da necesariamente en este orden, puede darse en cualquier punto del proceso incluso en el final. Sin embargo a esta altura del proceso puede ser más obvio que características son perfectibles en las membranas y saber si es necesario volver a experimentar, mejorar o cambiar aspectos de las exploraciones.

La intención de las iteraciones es ir mejorando lo que se construye durante el proceso y corregir los errores que se encuentren. Cada iteración debe responder a mejorar los experimentos para lograr una mayor eficiencia o dar con el objetivo establecido.

Prototipo material

Consiste en una propuesta material que surge como resultado de la experimentación e iteraciones previas. Es un claro diferenciador entre etapa exploratoria y etapa definitiva. Se podría decir que es el producto final de diseño.

La metodología propuesta se centra en el proceso, donde el único objetivo no es el resultado, se da relevancia a las reflexiones y el aprendizaje constante que se adquiere a lo largo del trayecto. Por lo tanto el resultado está en constante evolución.

PROCESO BIOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE LÁMINAS

“Las palabras cultura y cultivo proceden ambas del verbo latino colere, que significa cultivar. Nuestro cultivo de la tierra y de sus criaturas es esencial para la cultura. Recuperar nuestra participación en los cultivos es un modo de recuperación cultural, de tomar medidas para romper con la dependencia limitadora e infantilizadora del papel del consumidor y convertirnos en productores y creadores” (Katz, 2012, p. 21).

Antes de poder dar inicio al proceso de diseño surge la necesidad de comprender el proceso que se lleva a cabo para lograr producir láminas de origen biológico, comenzando por lo más básico: ¿Qué es una lámina de origen biológico?

Se trata de un material que no esta formado por un único componente, por el contrario es una amalgama de diversos elementos, como:

- Biopolímeros
- Células
- Biomasa microbiana. Hace referencia a la materia viva, en este caso, la comunidad de especies bacterianas y fúngicas
- Productos de excreción
- Sustancias metabolizadas: aminoácidos, enzimas y ácidos.

Estas láminas se obtienen mediante la fermentación alcohólica y acética que se lleva a cabo gracias al genero de bacterias *Acetobacter aceti*, *Gluconobacter oxydans* y a los hongos conocidos como levaduras, *Saccharomyces cerevisiae*. Se trata de un material que se produce mediante un proceso biológico, ya que son los microorganismos quienes tienen la facultad para generar las láminas.

Una cualidad de estas láminas es que pueden ser consideradas como un material natural y sin aditivos químicos, cuya apariencia oscila entre textil, plástico y cuero animal. Es una alternativa innovadora el generar cultivos mixtos con la capacidad de

producir materiales.

Principios básicos de fermentación

La formación de una lámina fue descrita por primera vez en 1886 por A. J. Brown, él observó que algunos microorganismos utilizados para la producción de ácido acético eran capaces de producir una película o velo de carácter mucilaginoso en la superficie del medio de cultivo en presencia de glucosa y oxígeno (Perna, 2013, p.22). Sin embargo hasta el momento no se le ha prestado mucha atención a este fenómeno, pero el que las bacterias sean capaces de generar una estructura tridimensional por si mismas es una oportunidad para la creación de materiales.

Este material crece gracias a diversas reacciones bioquímicas en un cultivo líquido-estático, en el cual las bacterias excretan biopolímeros al medio de cultivo lo que a su vez genera una estructura tridimensional en forma de gel. Esta conformación es posible gracias a un proceso aeróbico, esto quiere decir que los microorganismos necesitan del aire para poder aumentar su población y así tener la capacidad de sintetizar biopolímeros al medio de cultivo.

Esta síntesis se produce gracias a la fermentación, la cual depende de los microorganismos antes mencionados para transformar la materia orgánica en vinagre, esta transformación es factible por la acción de enzimas que son segregadas por los mismos microorganismos. Entonces se puede decir que las láminas vienen a ser el subproducto de la fermentación.

Para poder obtener láminas se requieren de dos tipos de fermentación, la primera fermentación siempre será alcohólica y la segunda fermentación acética.

Fermentación alcohólica:

Materia orgánica + Fuente de carbono + Medio líquido = Alcohol etílico

Este tipo de fermentación sucede inicialmente en el medio de cultivo y es llevado a cabo principalmente por las levaduras, ya que a partir de una fuente de azúcar se produce alcohol etanol, dióxido de carbono y adenosín trifosfato el cual es fundamental en la obtención de la energía celular que consumen las enzimas para poder realizar procesos químicos.

En la fermentación alcohólica intervienen los hongos *Saccharomyces cerevisiae*, los cuales tienen la capacidad de transformar la glucosa en alcohol.

Fermentación acética

Alcohol etílico + Oxígeno = Ácido acético

Por otro lado la fermentación acética es la oxidación bioquímica del etanol contenido en el sustrato alcohólico. Mediante esta oxidación las bacterias, *Acetobacter aceti* y *Gluconobacter oxydans*, obtienen energía. Al estar bien alimentadas y en un ambiente aeróbico estas transforman el alcohol en ácido acético, ósea vinagre.

Para entender un poco más sobre estos microorganismos se presenta de manera breve la clasificación taxonómica de las tres cepas.

Acetobacter aceti

Dominio: Bacteria

Reino: Monera

Familia: *Acetobacteraceae*

Género: *Acetobacter*

Especie: *Aceti*

Estas bacterias son aeróbicas, es decir que su desarrollo depende de la disponibilidad de oxígeno. Cuando son cultivadas en el laboratorio, estas bacterias producen colonias que, de manera general son pálidas, ya que no sintetizan pigmentos.

Gluconobacter oxydans

Dominio: Bacteria

Reino: Monera

Familia: *Acetobacteraceae*

Género: *Gluconobacter*

Especie: *Oxydans*

Estas bacterias tienen la capacidad de oxidar el etanol.

Saccharomyces cerevisiae

Dominio: Hongo

Reino: Fungi

Familia: *Saccharomycetaceae*

Género: *Saccharomyces*

Especie: *Cerevisiae*

Se encargan de fermentar hidratos de carbono. Los hongos *Saccharomyces* forman colonias que crecen y maduran en un color amarillento.

Una vez que se entiende en que consiste la fermentación y cuales microorganismos son los responsables de llevarla a cabo viene el momento de conocer como dar pie a este proceso, para ello es necesario preparar un cultivo y controlar ciertas condiciones tanto en el mismo cultivo como en el ambiente para asegurar la fermentación y por consiguiente el desarrollo de una lámina (Fig. 48).

Una vez que se asegura un entorno fértil ocurre la fermentación, generando así un gel blanquecino en la superficie de cultivo. De este proceso de oxidar el alcohol surge el vinagre y como subproducto la lámina, la cual también suele ser vulgarmente conocida como la madre del vinagre. Esta piel superficial es creada por las bacterias como

medio de oxigenación, es por ello que flota.

“El método de fermentación a utilizar en el proceso de diseño experimental es el que se conoce como método superficial estático también conocido como Sistema Orleáns” (Iñigo et al., 2004, p.183), esto quiere decir que la fermentación acética se produce en un entorno líquido y gracias a la formación de una película en la superficie del líquido. Esta película gelatinosa que se crea en la superficie se denomina madre o *Mycoderma aceti* y esta formada por una colonia de bacterias. Esta película tiende a flotar ya que al estar en la superficie tiene contacto directo con el oxígeno y mediante esta oxigenación puede fermentar el etanol presente en el medio de cultivo.

Cabe mencionar que cuando se fermenta té, esta película gelatinosa no se denomina *Mycoderma aceti*, más bien se llama *SCOBY*, del inglés: *Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast*.

En el siguiente capítulo se dará inicio a la preparación de los cultivos y con la experiencia que este ejercicio arroje se irá complementando la descripción de estas láminas.

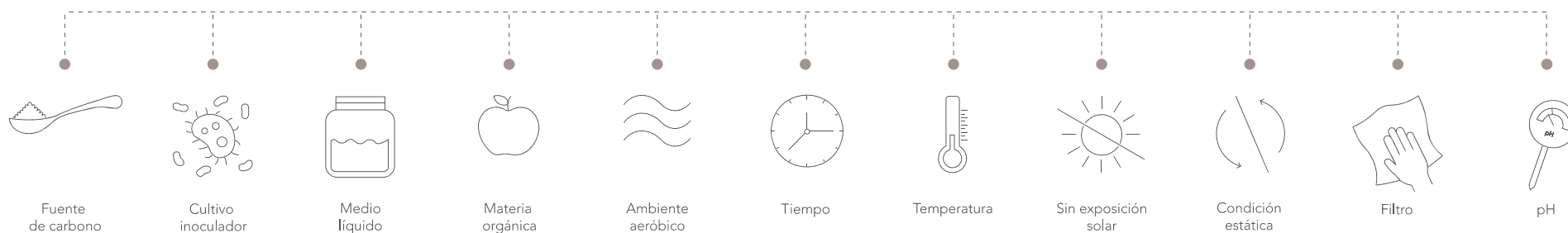


Fig.48 Condiciones a regular en el cultivo

Capítulo cuarto

PROCESO DE DISEÑO EXPERIMENTAL

La experimentación da inicio con la preparación de cultivos, dicha experimentación se explicará mediante una matriz evolutiva de iteraciones (Fig. 49) y posteriormente se irá entrando en mayor grado de detalle. Se llevan a cabo tres grandes fases de experimentación, con diversos experimentos dentro de cada una de ellas, como el nombre lo indica cada nueva fase es una iteración de la anterior.

En la matriz se resume a grandes rasgos lo que se ha hecho en cada fase experimental así como su objetivo. Esta matriz fue elaborada una vez realizadas las tres fases experimentales.

Primera fase de experimentación

El objetivo de esta fase es aprender a preparar un cultivo y regular las condiciones para que el mismo logre producir una lámina de origen biológico.

Los medios para lograr el objetivo son:

- Preparar cultivos sin inocular, esto quiere decir que se pondrá a fermentar materia orgánica pero no se añadirán microorganismos a la mezcla, permitiendo que el proceso de generación de bacterias ocurra como un proceso natural.
- Experimentación con recetas para la elaboración de vinagres caseros, es por ello que los ingredientes de los primeros cultivos son aquellos que comúnmente se usan para la preparación de alimentos.

Y la expectativa de esta fase es obtener una lámina por cada cultivo.

Los cultivos que se prepararon fueron: dos cultivos de piña, dos cultivos de jengibre, un cultivo de vino blanco, un cultivo de vino tinto, un cultivo de cerveza y dos cultivos de manzana.

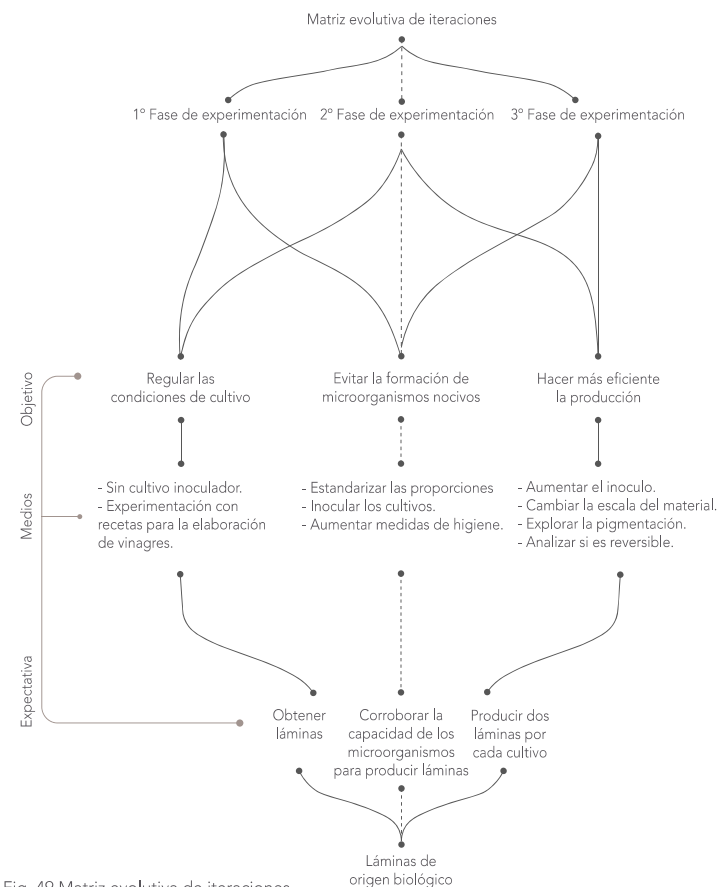


Fig. 49 Matriz evolutiva de iteraciones

Ahora se mostrará el procedimiento llevado a cabo para la preparación de esos cultivos.

Cultivo de manzana

Ingredientes

- 4 manzanas
- Agua purificada, suficiente para cubrir los pedazos de manzana
- 2 piloncillos

Procedimiento

1. Lavar las manzanas con agua y jabón.
2. Pelar y cortar todas las manzanas, separando cáscaras y corazones.
3. Poner las cáscaras y los corazones en el recipiente en el que se hará el cultivo.
4. Añadir los dos pedazos de piloncillo.
5. Agregar la cantidad de agua necesaria para cubrir la manzana.
6. Cubrir el recipiente con un paño transpirable y asegurar con un elástico.
7. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba luz.
8. Dejarlo reposar hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
9. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Cultivo de piña

Ingredientes

- 1 piña
- Agua purificada, suficiente para cubrir los pedazos de piña

- 2 piloncillos

Procedimiento

1. Lavar la piña con la ayuda de un cepillo, para eliminar el polvo que acumula la cáscara.
2. Pelar la piña pero dejando carne en las cáscaras.
3. Poner las cáscaras carnosas en el recipiente en el que se hará el cultivo.
4. Añadir los dos pedazos de piloncillo.
5. Agregar la cantidad de agua necesaria para cubrir la piña.
6. Cubrir el recipiente con un paño transpirable y asegurar con un elástico.
7. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba luz.
8. Dejarlo reposar hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
9. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Cultivo de jengibre

Ingredientes

- 1 jengibre
- Agua purificada, suficiente para cubrir los pedazos de jengibre
- Azúcar

Procedimiento

1. Lavar el jengibre con agua y jabón.
2. Rallar aproximadamente la mitad del jengibre (un jengibre de tamaño mediano). No es necesario pelarlo, ya que la cáscara puede ayudar a introducir hongos y bacterias benéficos. Reservar.

3. En el recipiente del cultivo diluir aproximadamente 5 cucharadas de azúcar en el agua.
4. Añadir el jengibre rallado al líquido y mezclar para que los pedazos de jengibre no queden flotando en la superficie.
5. Cubrir el recipiente con un paño transpirable y asegurar con un elástico.
6. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba luz.
7. Dejarlo reposar hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
8. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Cultivo de cerveza, vino tinto y vino blanco

A pesar de tratarse de tres cultivos distintos, se decidió compilar el procedimiento en una sola explicación para evitar, en la medida de lo posible, la repetición. Los tres se prepararon de la misma manera, lo único que cambia es el tipo de alcohol usado.

Ingredientes

- 1 litro de vino blanco ó 1 litro de vino tinto ó 1 litro de cerveza

Procedimiento

1. Vaciar el litro de alcohol (solo un tipo de alcohol por cultivo) en el recipiente en el que se hará el cultivo.
2. Cubrir el recipiente con un paño transpirable y asegurar con un elástico.
3. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba luz.
4. Dejarlo reposar hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
5. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Una vez preparados los cultivos correspondientes a la primera fase de experimentación se hizo un monitoreo continuo de los mismos, de los cuales se muestran las observaciones realizadas. Estas observaciones se van a clasificar cronológicamente según se fueron realizando.

Observaciones del primer monitoreo

- Hasta el momento se trata de una experimentación de carácter empírico.
- Los residuos orgánicos, como los pedazos de fruta, tienden a generar organismos perjudiciales para el cultivo (Fig. 50), esto se debe a que a pesar de los intentos por cubrirlos de líquido tienden a flotar y quedar al descubierto. Sin embargo se observa que en el caso de la piña (Fig. 51) no se generaron organismos perjudiciales, pareciera que la cáscara protege a la carne de la fruta de la descomposición.
- Los cultivos que están saludables permanecerán en reposo para dar tiempo al proceso de fermentación y poder obtener láminas, ya que hasta el momento aún no hay signos de formación. Los cultivos saludables de los que se hablan son: piña, jengibre, vino tinto, vino blanco, cerveza. Se podría decir que todos excepto los dos cultivos de manzana.
- Se debe recordar que los cultivos generados hasta el momento carecen de inóculo, se esta dejando que el proceso de proliferación de hongos y bacterias se lleve a cabo naturalmente.

Observaciones del segundo monitoreo

En este segundo monitoreo se detectaron diversos problemas en los cultivos.

- El cultivo de jengibre se evaporó por completo (Fig. 52), sin embargo los restos de jengibre permanecen inmunes a bacterias nocivas. Lo que se hizo fue juntar la mezcla de los dos recipientes en uno y añadirle nueva agua con azúcar. De igual manera se observó que el residuo del jengibre tenía una consistencia similar a la miel, era espeso y pegajoso.



Fig. 50 Microorganismos perjudiciales en el cultivo de manzana
Fig. 51 Cultivo de piña

- En el cultivo de cerveza siguieron desarrollándose microorganismos nocivos (Fig. 53), por lo que se tuvo que desechar la muestra. Además una característica de este cultivo es que, al igual que el jengibre, el líquido se evaporó en su mayor parte y lo que quedaba también era espeso y pegajoso.
- El cultivo de vino blanco (y todos los cultivos en general) también tuvo evaporación del líquido pero en menor cantidad que todos los demás, fue el que mayor cantidad de líquido conservó, a pesar de ello desarrolló unos microorganismos bastante peculiares, similares a círculos peludos que estaban dentro del líquido, no flotando (Fig. 54). Por lo que también se tuvo que desechar.
- En cuanto a los cultivos de piña, ambos permanecieron libres de microorganismos nocivos, pero también sufrieron evaporación por lo que se añadió a cada recipiente agua con azúcar, esto con la intención de seguir alimentando a las bacterias. Hubo un momento en que ambos cultivos parecieron desarrollar un velo muy muy delgado en la superficie (Fig. 55) pero al añadir el agua estos se disolvieron. También se tomó la decisión de retirar las cáscaras de piña en solo uno de los cultivos, ya que el velo que estaba en la superficie no podía crecer en toda la extensión debido a los pedazos de piña.
- El cultivo de vino tinto presenta evaporación de líquido y una ligera formación blanquecina en la superficie, sin embargo no se quiso abrir el cultivo para rehidratar, ya que esto puede propiciar la contaminación.
- El aroma que desprenden todos los cultivos es bastante agrio, acre e incluso desagradable a ratos, no todo el tiempo desprenden un aroma tan fuerte. Por algunos periodos de tiempo el aroma pareciera neutralizarse o desaparecer.

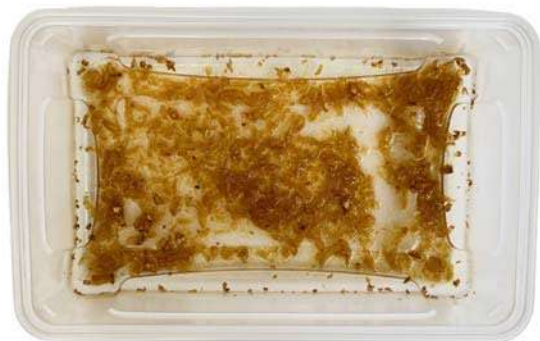


Fig. 52 Evaporación del cultivo de jengibre
Fig. 53 Cultivo de cerveza con microorganismos nocivos



Fig. 54 Cultivo de vino blanco con microorganismos nocivos
Fig. 55 Velo superficial en el cultivo de piña

Observaciones del tercer monitoreo

- El único cultivo que presenta un cambio es el de vino, el cual continuó evaporándose hasta el grado de casi dejar la superficie del contenedor al descubierto, por consiguiente se tomó el recipiente y se movió ligeramente lo que permitió detectar la presencia de los microorganismos no deseados en el fondo (Fig. 56). Se destapó el cultivo y se notó un aroma picante y putrefacto por lo que fue necesario desechar el cultivo.

Observaciones del cuarto monitoreo

A esta altura los cultivos restantes de la primera fase de experimentación fueron el de piña con fragmentos, piña sin fragmentos y el de jengibre.

- Ninguno de los tres cultivos desarrolló microorganismo nocivos pero tampoco presentaban evidencia de formación de láminas.
- En los tres cultivos se evaporó nuevamente el líquido, dejando un remanente espeso y pegajoso (Fig. 57, 58, 59).
- Ninguno tenía un aroma especialmente desagradable pero ya tampoco conservaban el característico aroma a vinagre por el contrario tenían un aroma dulzón más no putrefacto.
- Debido a que no generaron láminas se desecharon los cultivos restantes. No se obtuvo ninguna lámina durante esta primera fase de experimentación.

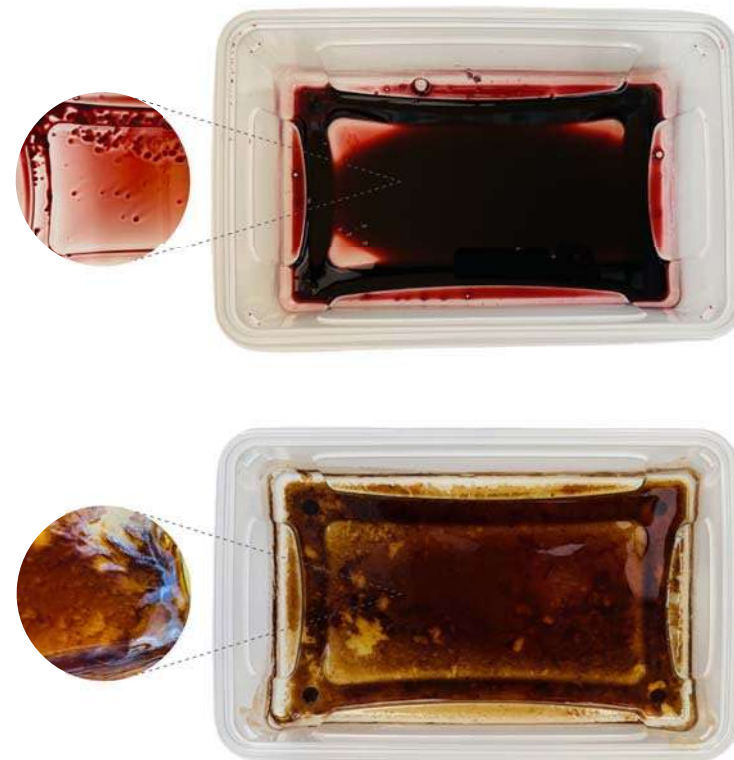


Fig. 56 Microorganismos nocivos en el cultivo de vino tinto

Fig. 57 Evaporación y consistencia viscosa en el cultivo de cerveza



Fig. 58 Evaporación del cultivo de piña
Fig. 59 Consistencia viscosa en el cultivo de jengibre

Se van a presentar los resultados de cada una de las fases de experimentación en una tabla para poder ir teniendo un resumen visual de lo que se logra en cada fase (Fig.60), comenzando con la primera fase de experimentación.

Correcciones basadas en el aprendizaje

La experimentación llevada a cabo durante esta fase da pauta a saber que iteraciones se deben llevar a cabo durante la segunda fase de experimentación, es preciso mencionar que las mismas están basadas en el aprendizaje obtenido durante el proceso. Las iteraciones a trabajar son:

- Experimentar con líquidos libres de residuos orgánicos sólidos para ver si esto corrige la rápida descomposición de la materia orgánica.
- Comenzar a inocular los cultivos, para ver si con esto se logra obtener láminas.

Primera fase de experimentación

TIPO DE CULTIVO DE ACUERDO AL INSUMO	# DE CULTIVOS PREPARADOS	MICROORGANISMOS NOCIVOS	FORMACIÓN DE LÁMINA
Cultivo de piña	2	No	No
Cultivo de jengibre	2	No	No
Cultivo de vino blanco	1	Si	No
Cultivo de vino tinto	1	Si	No
Cultivo de cerveza	1	Si	No
Cultivo de manzana	2	Si	No

Fig. 60 Resultados de la primera fase de experimentación

Segunda fase de experimentación

El objetivo de esta fase además de la producción de láminas es evitar la formación de microorganismos nocivos en los cultivos.

Los medios para lograr el objetivo son:

- Estandarizar las proporciones de los insumos con que se preparan los cultivos.
- Inocular los cultivos para mejorar su rendimiento.
- Aumentar las medidas de higiene tanto en los cultivos como en el entorno donde reposan.

Y la expectativa de esta fase es corroborar la capacidad de las bacterias y hongos, de los géneros mencionados en la sección de proceso biológico, para producir láminas mediante la fermentación aeróbica. Esta expectativa surge a raíz de los resultados obtenidos en la fase anterior, es decir que ningún cultivo generó el material deseado.

Los cultivos que se prepararon fueron: dos cultivos de té, un cultivo de cerveza y un cultivo de vino tinto.

Antes de mostrar el procedimiento llevado a cabo para la preparación de esos cultivos se comparten estrategias relevantes concernientes a los cambios que se van a llevar a cabo.

- Se trabajará con dos tipos de inóculo. Para inocular los alcoholes, vino tinto y cerveza, se utilizará un vinagre vivo, esto quiere decir que no es pasteurizado y que cuenta con la colonia de bacterias con la que fue fermentado. Y para inocular el té se usará kombucha también sin pasteurizar y que cuenta con un *SCOBY* en su interior. Es importante mencionar que el inóculo nunca debe ser almacenado en refrigeradores o lugares expuestos a bajas temperaturas ya que esto adormece a las bacterias, pero tampoco se debe dejar al sol para evitar su descomposición, basta con mantenerlo en

un lugar oscuro a temperatura ambiente.

- Con la inoculación de los cultivos se espera lograr la producción de láminas biológicas y ayudar a disminuir la presencia de microorganismos nocivos para el cultivo, esto debido a la capacidad bactericida del vinagre la cual no mata a los microorganismos que ayudan a la formación de una lámina.
- De antemano se identifica un dilema en la segunda fase de experimentación y es que a fin de evitar la filtración de microorganismos malignos se evita exponer al cultivo al aire libre por lo que la evidencia fotográfica tiende a disminuir, por lo menos en lo que respecta a fotografías del interior del cultivo durante los monitoreos.
- Las medidas de higiene que se van a hacer son: tapar cada recipiente con doble paño; desinfectar los paños, elásticos y lugar de reposo con una solución desinfectante; desinfección de los recipientes que van a contener los cultivos, esto se hace dejándolos en una solución jabonosa por lo menos durante 1 hora previa a su uso y posterior enjuague con agua hirviendo. En los casos donde se usen recipientes de vidrio también se quemará alcohol etílico en su interior para asegurar un entorno más limpio.
- Otras medidas relacionadas con el control ambiental son, primero asegurar que los cultivos se encuentren estáticos al 100%, nada de movimientos, esto incluye no tocar ni levantar los recipientes, mucho menos destaparlos. Esta condición estática termina en cuanto se detecte evidencia de la formación de láminas. Y segundo, disminuir aún más la cantidad de luz que incide en los cultivos, esto es debido a que la luz propicia putrefacción en los cultivos.
- En cuanto a la estandarización de las proporciones de los insumos, esta quedó de la siguiente forma:

1 litro de líquido; 250 ml de inóculo; 200 g de azúcar

El azúcar solo aplica en el caso de los líquidos no alcohólicos. Los líquidos alcohólicos no lo requieren ya que pasan directamente a la segunda fermentación, la acética.

Ahora si se muestra el procedimiento usado para preparar los cultivos.

Cultivo de cerveza y vino tinto

Nuevamente se compila el procedimiento de estos dos cultivos ya que ambos son preparados del mismo modo.

Ingredientes

- 1 litro de vino tinto ó 1 litro de cerveza
- 250 ml de inóculo

Procedimiento

1. Vaciar el litro ya sea de cerveza o de vino tinto al recipiente en el que se hará el cultivo.
2. Añadir los 250 ml de inóculo, no hay necesidad de revolver esta mezcla.
3. Cubrir el recipiente con doble paño transpirable y asegurar con un elástico.
4. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba nada de luz.
5. Dejarlo en reposo absoluto hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
6. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Cultivo de té

Ingredientes

- 1 litro de agua purificada
- 10 bolsas de té negro
- 250 ml de inóculo
- 200 g de azúcar

Procedimiento

1. Calentar el litro de agua, sin llegar a hervirla.
2. Vaciar el agua caliente al al recipiente en el que se hará el cultivo y añadir las 10 bolsas de té negro. Dejar las bolsas en el agua durante 10 minutos.
3. Pasados los 10 minutos retirar las bolsas de té, añadir el azúcar y mover hasta que se disuelva, dejar enfriar.
4. Una vez que el té esta a temperatura ambiente se añaden los 250 ml de inóculo, nunca se debe añadir cuando el líquido esta caliente ya que esto mataría a los microorganismos.
5. Cubrir el recipiente con doble paño transpirable y asegurar con un elástico.
6. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba nada de luz.
7. Dejarlo en reposo absoluto hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
8. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Se da continuidad a esta documentación de experimentos con las observaciones realizadas durante la segunda fase de experimentación.

Observaciones del primer monitoreo

- Hasta el momento no hay presencia de microorganismos nocivos.
- Se comienza a percibir una capa blanquecina en la superficie en los dos cultivos de té y en el cultivo de cerveza (Fig. 61 y 62).
- El cultivo de vino no presenta la misma formación de gel, en cambio se detecta espuma en el borde del recipiente y formación superficial muy ligera, pero aún sin espesor (Fig. 63).
- A diferencia de la primera fase de experimentación el aroma que desprenden los nuevos cultivos pareciera ser más sano, más dulce y menos putrefacto.

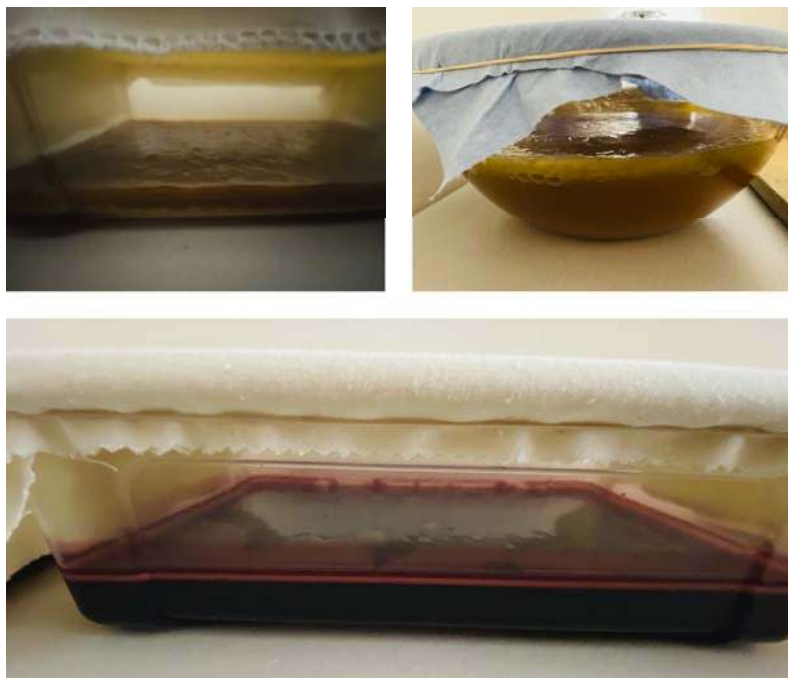


Fig. 61 Capa blanquecina en el cultivo de té
Fig. 62 Capa blanquecina en el cultivo de cerveza
Fig. 63 Espuma en los bordes, cultivo de vino tinto

Observaciones del segundo monitoreo

- A dos semanas de la preparación de los cultivos se percibe claramente una nata blanca superficial en los cultivos de té y en el de cerveza. En los tres casos la nata blanca parece ser muy gruesa (Fig. 64 y 65).
- Los cuatro cultivos permanecen libres de microorganismos nocivos.
- En el caso del cultivo de vino la formación del velo es apenas notoria y no se percibe en toda la superficie, solo en algunas zonas y no es tan densa ni blanca comparada con los otros cultivos (Fig. 66).
- La cerveza presenta cierta deshidratación, no total, por lo que se destapó ligeramente una esquina y se añadieron 355 ml más de cerveza.

Con estas observaciones termina el período de monitoreo, ya que es evidente que los cultivos han producido láminas, ahora corresponde retirar esas láminas del medio líquido y ponerlas a secar. De ahí que ahora se presenten las observaciones concernientes a estas nuevas etapas.



Fig. 64 Formación de nata en el cultivo de té



Fig. 65 Formación de nata en el cultivo de cerveza
Fig. 66 Formación de nata en el cultivo de vino tinto

Observaciones sobre la obtención de láminas

- Todos los cultivos produjeron láminas, tomó alrededor de diez días generarlas. Un factor que permitió esta rápida formación de láminas fue la temperatura ambiente, durante la segunda fase de experimentación la temperatura fue muy cálida. La temperatura ideal para el proceso de fermentación oscila de los 25°C a los 30°C.
- La extracción de las láminas consiste en retirarlas del medio líquido donde se encuentran (Fig. 67, 68 y 69).
- Las láminas obtenidas muestran variaciones entre si, todas poseen distintos espesores, texturas y aromas. El cultivo de té y de cerveza arrojaron láminas con abultamientos en la parte baja de las mismas, esta parte baja es aquella que estaba en contacto con el líquido, mientras que la parte superior es completamente lisa. Por el contrario en el caso de la lámina de vino esta no se generó completamente, tiene diversos agujeros en su estructura (Fig. 70, 71, 72, 73, 74 y 75).
- El añadir más cerveza en el cultivo del mismo tipo ocasionó que al cabo de dos días a partir de la rehidratación se generara una segunda lámina sobre la primera (Fig. 76 y 77).
- Todas las láminas extraídas pasaron por un proceso de enjuague con agua purificada, esto para limpiar la acumulación de levaduras que guardan.
- Después del enjuague se pusieron a secar, para ello se extendieron sobre una superficie de triplay previamente engrasada con aceite de cocina. Se usó este material para ayudar a absorber todo el líquido que contienen.
- Se dejó un cultivo de té con su respectiva lámina para experimentar la pigmentación añadiendo el color directamente al cultivo, en este caso, jamaica.



Fig. 67, 68 y 69 Extracción de lámina de té



Fig. 70 Cara superior de la lámina de té

Fig. 71 Cara inferior de la lámina de té



Fig. 72 Cara superior de la lámina de cerveza
Fig. 73 Cara inferior de la lámina de cerveza

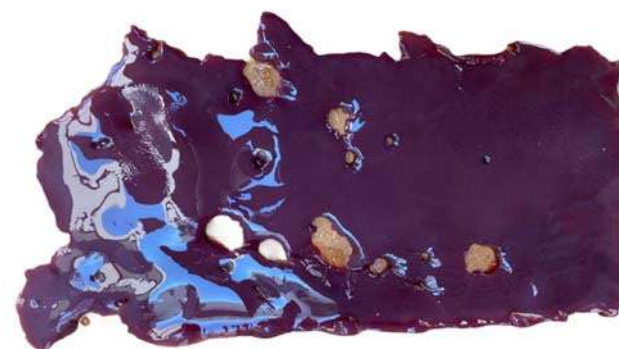


Fig. 74 Cara superior de la lámina de vino tinto
Fig. 75 Cara inferior de la lámina de vino tinto



Fig. 76 Cara superior de la lámina de cerveza
Fig. 77 Cara inferior de la lámina de cerveza

Observaciones sobre el proceso de secado

- Las láminas tardaron aproximadamente 5 días en secar, algunas de las membranas se pegaron de más a la superficie de secado a pesar de que se les había colocado una capa de aceite vegetal para evitar eso.
- Al perder la humedad y secar todos los espesores se uniformaron.
- Las láminas de cerveza quedaron quebradizas. Falta ver como van a responder a la hidratación con aceite de coco para ver si esto ayuda a que recuperen la elasticidad perdida. De cualquier manera se realizará otra experimentación donde el monitoreo del secado sea más estricta, de esta manera se podrá comprobar si estos materiales son quebradizos por su composición o por un error en el secado (Fig. 78, 79 y 80).
- La membrana de vino tinto conserva cierta flexibilidad y suavidad a diferencia de las membranas de cerveza. Mientras que la membrana de té pareciera ser la más flexible de entre los tres materiales (Fig. 81, 82, 83 y 84).
- El cultivo que se estaba pigmentando con jamaica reprodujo el efecto que el cultivo de cerveza, también tuvo la capacidad para producir dos láminas. Ambas adquirieron un tono entre rosa y rojizo intenso, aunque la lámina que quedó abajo presento agujeros que no tenía cuando se añadió el pigmento (Fig. 85, 86, 87, 88, 89, 90 y 91).



Fig. 78 Lámina de cerveza



Fig. 79 Fragmento de lámina de cerveza

Fig. 80 Fragmento de lámina de cerveza con aceite de coco

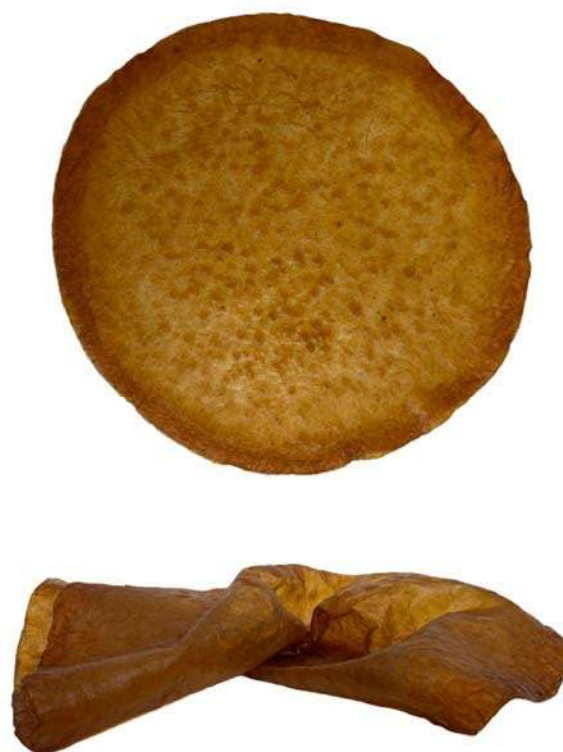


Fig. 81 Lámina de té

Fig. 82 Lámina de té doblada



Fig. 83 Lámina de vino tinto

Fig. 84 Lámina de vino tinto doblada



Fig. 85, 86 y 87 Extracción de lámina de té pigmentada con jamaica



Fig. 88 Lámina fresca de té pigmentada
Fig. 89 Segunda producción de lámina fresca de té pigmentada



Fig. 90 Lámina seca de té pigmentada
Fig. 91 Segunda producción de lámina seca de té pigmentada

Siguen los resultados de lo que se logró en esta segunda fase de experimentación (Fig. 92).

Correcciones basadas en el aprendizaje

Nuevamente con las experimentaciones realizadas y el conocimiento que generan es posible detectar las iteraciones que se requieren llevar a cabo en la próxima fase experimental, las cuales son:

- Replicar de manera consciente el fenómeno que sucedió en el cultivo de cerveza, esto es producción de doble lámina en el mismo cultivo.
- Mejorar el proceso de secado, el cual requiere mayor cuidado y observación para evitar que las láminas se deshidraten por completo.

Segunda fase de experimentación

TIPO DE CULTIVO DE ACUERDO AL INSUMO	# DE CULTIVOS PREPARADOS	MICROORGANISMOS NOCIVOS	FORMACIÓN DE LÁMINA
Cultivo de té	2	No	Si
Cultivo de cerveza	1	No	Si
Cultivo de vino tinto	1	No	Si

Fig. 92 Resultados de la segunda fase de experimentación

Tercera fase de experimentación

El objetivo de esta fase es lograr una mayor eficiencia en la producción de láminas biológicas.

Los medios para lograr el objetivo son:

- Aumentar la proporción de inóculo.
- Cambiar la escala del material, para ello se prepara un cultivo un recipiente de mayor tamaño. Y como la forma y tamaño del material son proporcionales a las características del recipiente, se espera obtener una lámina más grande.
- Explorar la pigmentación, con pigmentos tanto naturales como artificiales.
- Hacer pruebas para determinar si la producción de una lámina es reversible, se quiere saber si es posible generar otra lámina a partir de una que ya este seca.

Y la expectativa de esta fase es lograr producir dos láminas por cada cultivo. Sucedió este fenómeno en la fase de experimentación anterior, sin embargo fue una consecuencia no prevista, ahora se quiere hacer las exploraciones con esa intención y verificar si el resultado se puede replicar.

Los cultivos que se prepararon fueron: dos cultivos de sidra, dos cultivos de cerveza, dos cultivos de vino tinto y tres cultivos de té.

Siguiendo la estructura de documentación con la que se ha mostrado el proceso experimental, viene el momento de presentar los cambios estratégicos que se van a llevar a cabo.

- Como la intención de esta fase es hacer más eficiente la producción de los cultivos, se cambian las proporciones de los insumos, quedando de la siguiente manera:

1 litro de líquido; 250 ml de inóculo; 250 ml de líquido remanente de los cultivos

pasados; 200 g de azúcar.

Este cambio en las proporciones se llevará a cabo únicamente en uno de los dos cultivos que se hacen de cada insumo, esto para poder analizar la diferencia entre ambos. La hipótesis de este cambio es que a mayor cantidad de bacterias y hongos, el tiempo de producción de láminas sea menor.

- Se uso el líquido remanente de los cultivos ya que cuenta con la población microbiana que dió origen a los materiales que se obtuvieron en la fase anterior. Este líquido se usa como un doble inóculo, y se aplica por tipo, esto es, en el cultivo de vino tinto se añade remanente del cultivo vino tinto anterior; en el cultivo de cerveza se añade remanente del cultivo de cerveza anterior y lo mismo sucede con el cultivo de té.

- En esta experimentación se comenzó a medir el pH de los cultivos, ya que este es fundamental para determinar que tipo de microorganismos crecen en cada cultivo.

- Y de manera paralela se hicieron pruebas para ver si era posible dejar de usar azúcar en el cultivo de té, ya que el té por si mismo no funge únicamente como la materia orgánica del cultivo sino también como fuente de carbono por los compuestos que tiene.

En líneas subsecuentes se muestra el procedimiento que se llevó a cabo para preparar los nuevos cultivos.

Cultivo de cerveza, vino tinto y sidra

Ingredientes

- 1 litro de vino tinto ó 1 litro de cerveza ó 1 litro de sidra
- 250 ml de inóculo, vinagre vivo
- 250 ml del líquido remanente de los cultivos anteriores de vino o cerveza

Procedimiento

1. Vaciar el litro ya sea de cerveza, de vino tinto o de sidra al recipiente en el que se hará el cultivo.
2. Añadir los 250 ml de vinagre vivo y también los 250 ml del líquido de cultivos pasados, no hay necesidad de revolver esta mezcla. En el caso de la sidra como es la primera vez que se experimenta con ese insumo solo se añade el vinagre vivo.
3. Cubrir el recipiente con doble paño transpirable y asegurar con un elástico.
4. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba nada de luz.
5. Dejarlo en reposo absoluto hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
6. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Cultivo de té

Ingredientes

- 1 litro de agua purificada
- 10 bolsas de té negro
- 250 ml de inóculo, kombucha
- 250 ml del líquido remanente del cultivo anterior de té
- 200 g de azúcar

Procedimiento

1. Calentar el litro de agua, sin llegar a hervirla.
2. Vaciar el agua caliente al al recipiente en el que se hará el cultivo y añadir las 10 bolsas de té negro. Dejar las bolsas en el agua durante 10 minutos.
3. Pasados los 10 minutos retirar las bolsas de té, añadir el azúcar y mover hasta que se disuelva, dejar enfriar.

4. Una vez que el té está a temperatura ambiente se añaden los 250 ml de inóculo y también los 250 ml del líquido del cultivo anterior de té. Ninguno de estos líquidos se debe añadir cuando el líquido está caliente ya que esto mataría a los microorganismos.
5. Cubrir el recipiente con doble paño transpirable y asegurar con un elástico.
6. Colocar la preparación en un lugar en el que no reciba nada de luz.
7. Dejarlo en reposo absoluto hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie.
8. Monitorear constantemente la actividad para asegurar que no se formen organismos no deseados.

Las observaciones realizadas en los cultivos de esta fase son las siguientes.

Observaciones del primer monitoreo

Para comprobar si el proceso es reversible se hizo un experimento paralelo en el cual se colocó un fragmento de lámina de cerveza en:

- Placa de Petri con agua purificada
 - Reciente de vidrio con agua purificada
 - Recipiente de vidrio con el remanente del cultivo de vino tinto de la segunda fase de experimentación
- A los cuatro días de preparar estos cultivos se aprecia que en los recipientes que contienen agua se generaron microorganismos no deseados, esto se debe en gran medida a que el pH del agua es 7, y en un pH neutro crecen casi todo tipo de microorganismos. Estas muestras con agua se tuvieron que desechar (Fig. 93 y 94).
- El cultivo con vino tinto permaneció libre de microorganismos no deseados, sin embargo tampoco generó ninguna lámina, lo que llama la atención es que el fragmento de cerveza que antes tenía un tono café ahora adquirió un tono rojizo, por lo que al igual que la membrana de té esta también tiene la capacidad para ser pigmentada. Además de la pigmentación otra característica es que pasó de ser un

material completamente seco con una apariencia similar al cuero a retomar la forma de gel que tenía cuando se desarrolló en el cultivo (Fig. 95).

- Para el cambio de escala se usó un recipiente redondo con un diámetro de 70 cm. Para la preparación de este cultivo se emplearon 10 litros de agua, siempre siguiendo la estandarización de proporciones (Fig. 96).



Fig. 93 Microorganismos no deseados en placa petri con fragmento de cerveza



Fig. 94 Microorganismos no deseados en recipiente de vidrio con fragmento de cerveza
Fig. 95 Fragmento de cerveza pigmentado en el cultivo de vino tinto
En la página opuesta, Fig. 96 Cambio de escala



Observaciones del segundo monitoreo

- El tiempo para la generación de láminas fue mayor que el de la segunda fase de experimentación, esto se atribuye a que la preparación de cultivos de la segunda fase de experimentación se llevó a cabo en el mes de abril, cuando la temperatura era mayor y los cultivos de esta fase se generaron en junio, mes en que la temperatura disminuyó a la par que la humedad aumentó, ambos cambios debido a la temporada de lluvias. Por lo anterior se puede decir que la producción de láminas es más rápida en temporada de calor.
- El pH de los cultivos fue el siguiente:

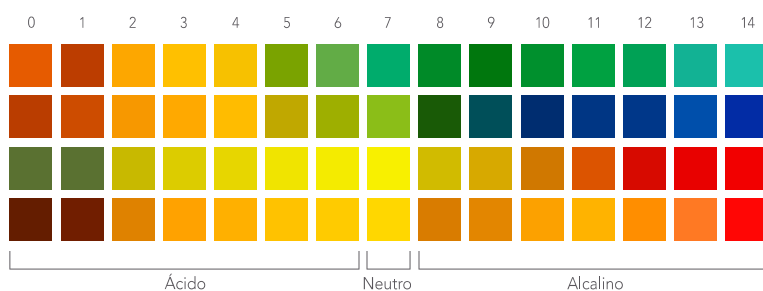
Cultivo de cerveza: pH 3

Cultivo de vino tinto: pH 0

Cultivo de sidra: pH 2

Cultivo de té: pH 4

El pH es el potencial de hidrógeno, es una medida que sirve para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una sustancia y este se mide en una escala de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia no es ácida ni alcalina. Un valor pH de menos de 7 significa que es más ácida, y un valor pH de más de 7 significa que es más alcalina.



Se puede concluir que todos los cultivos tienen un Ph ácido tanto al momento de preparar el medio de cultivo.

- Los cultivos que tienen tanto el inóculo como el líquido remanente de cultivos anteriores generaron más rápido una lámina, con una diferencia que oscila de los cinco días hasta una semana. Con excepción del cultivo de vino tinto inoculado pero sin remanente, ese cultivo no mostró evidencia de estar produciendo una lámina.

-A pesar de la demora en la producción de láminas todos los cultivos generan una. Una vez que surge el velo blanquecino en la superficie del cultivo es momento para explorar con la doble producción de lámina por cultivo. Para ello se replica el

Fig. 97 Escala de pH

procedimiento hecho con el cultivo de cerveza en la fase anterior, esto es destapar una pequeña ranura en el paño que cubre los cultivos y colocar más líquido sobre la lámina, de manera que la misma quede en medio, es decir, que tenga líquido debajo y sobre ella (Fig. 98).

- Al hacer pruebas para la doble producción se descubrió que la generación de una segunda lámina sucede en un periodo de tiempo menor que la primera. La membrana es una colonia microbiana por lo que al estar viva y en las condiciones adecuadas produce con mucha eficiencia otra.

- Tal vez sea perceptible una disminución en la cantidad de monitores conforme se avanza en las fases de experimentación, esto se debe a que cada vez se tienen menos problemas con los cultivos, a pesar de ello estos permanecieron en observación diaria.



Fig. 98 Adición de cerveza para propiciar una segunda lámina

Observaciones sobre la obtención de láminas

- Casi todos los cultivos produjeron doble lámina, con excepción de dos de los cultivos de té, esto sucedió porque las láminas de té siguieron flotando incluso cuando se les añadió líquido encima, y una condición para la doble producción es que la lámina que se encuentra en la superficie baje para permitir el crecimiento de una nueva. Empero esto no es motivo de alarma, ya que con la pigmentación de la lámina de té con jamaica ya se había comprobado su capacidad para generar más de una por cultivo. Y esto no aplico para la lámina de té de 70 cm de diámetro, la cual si hizo la doble producción (Fig. 99 y 100).

- De las láminas extraídas ninguna presentó los abultamientos que se describieron con anterioridad, ahora tienen una textura lisa tanto de arriba como de abajo (Fig. 101, 102 y 103).

- Se implementó un proceso de lavado con jabón neutro para eliminar el peculiar aroma de las láminas, este proceso se llevó a cabo después de la extracción de la lámina del cultivo. Se lava con mucha precaución para evitar dañar el material y posteriormente se enjuaga con agua purificada para retirar el exceso de jabón. Una vez que la lámina queda limpia se extendió sobre la superficie de triplay.

- Otro cambio es que ya no se empleó aceite para evitar que las láminas se peguen a la superficie de secado, lo que se hace en lugar de ello es girar las láminas cada día para crear un secado más uniforme por ambos lados y evitar que se queden pegadas (Fig. 104).

- No todas las láminas se extrajeron, se dejaron algunas en cultivo para pigmentarlas, tal es el caso de una lámina de cerveza que se pigmentó en verde con colorante de grado alimenticio; una lámina de té se trató con pigmento textil color azul y una de las láminas de 70 cm de diámetro se pigmentó con betabel (Fig. 105).



Fig. 99 Doble producción de lámina de té

Fig. 100 Condición para la doble producción, líquido debajo y encima de la lámina



Fig. 101 Extracción de lámina de té
Fig. 102 Extracción de lámina de vino tinto
Fig. 103 Extracción de lámina de cerveza



Observaciones sobre el proceso de secado

Lo quebradizo de los materiales de la segunda fase se corrigió con los cambios en el proceso de secado, el estar despegando constantemente las láminas permite que se ventilen por ambos lados sin llegar a deshidratarse totalmente (Fig. 106).

Falta que estas láminas pasen por la hidratación o tratamiento final del material, el cual consiste en frotarlas con aceite de coco para que recuperen y mantengan la flexibilidad.

Fig. 104 Superficie de secado
Fig. 105 Pigmentación de lámina de té



Fig. 106 Flexibilidad de las láminas

Observaciones sobre la obtención de láminas pigmentadas

Los cultivos pigmentados permanecieron en reposo durante 1 semana para que el color fuera absorbido por la colonia microbiana. Pasado ese tiempo se extrajeron y se observó lo siguiente.

- La lámina de té, de 70 cm de diámetro, no adquirió mucho color, esto pudo suceder si la cantidad de pigmento fue muy poca en relación con los litros del cultivo. También se observó que conforme se iba secando iba perdiendo cada vez más el tono ligeramente rosado que tenía al momento de ser extraída (Fig. 107, 108, 109 y 110).
- Al momento de extraer la lámina de té con pigmento textil azul se detectaron muchos abultamientos en la parte inferior, estos abultamientos hacían que la lámina fuera demasiado gruesa. Otra característica que presentó esta lámina es que comenzó a romperse el centro, esta rotura no estaba al momento de pigmentarla. Aún se está esperando a comprobar si los abultamientos desaparecen con el secado (Fig. 111 y 112).
- La lámina de té con pigmento grado alimenticio, color verde, conservó las mismas características que una lámina de cerveza sin pigmentar. De todas las láminas pigmentadas en esta fase esta fue la primera en secar (Fig. 113 y 114).



Fig. 107 Extracción de lámina de té de 70 cm de diámetro, pigmentada con betabel



Fig. 108 Lámina de té pigmentada con betabel

Fig. 109 Lámina de té de 70 cm de diametro, sin pigmento



Fig. 110. Resultado de la doble producción, cambio de escala y pérdida de pigmentación



Fig. 111 Crecimiento de la lámina de té y preparación de pigmento azul
Fig. 112 Láminas pigmentadas y recién extraídas del medio de cultivo, anverso y revés
Fig. 113 Extracción de lámina de cerveza pigmentada de verde
Fig. 114 Lámina pigmentada y recién extraída del medio de cultivo

Siguiendo con la misma estructura se muestran los resultados de la tercera fase de experimentación.

Tercera fase de experimentación

TIPO DE CULTIVO DE ACUERDO AL INSUMO	# DE CULTIVOS PREPARADOS	MICROORGANISMOS NOCIVOS	FORMACIÓN DE LÁMINA
Cultivo de sidra	2	No	No
Cultivo de cerveza	2	No	Si
Cultivo de vino tinto	2	No	Si
Cultivo de té	3	No	Si

GALERÍA FOTOGRÁFICA DE MATERIALES

En el apartado anterior se pudo notar que ya no se presentan las láminas de la tercera fase en su estado final, esto es debido a que se opta por mostrar los resultados materiales obtenidos a manera de galería. No obstante, esta galería fotográfica incluye también láminas obtenidas durante la primera y segunda fase de experimentación.

Fig. 115 Resultados de la tercera fase de experimentación



Fig. 116 Láminas



Fig. 117 Lámina de vino tinto



Fig. 118 Lámina de vino tinto



Fig. 119 Lámina de vino tinto



Fig. 120 Lámina de cerveza



Fig. 121 Lámina de cerveza

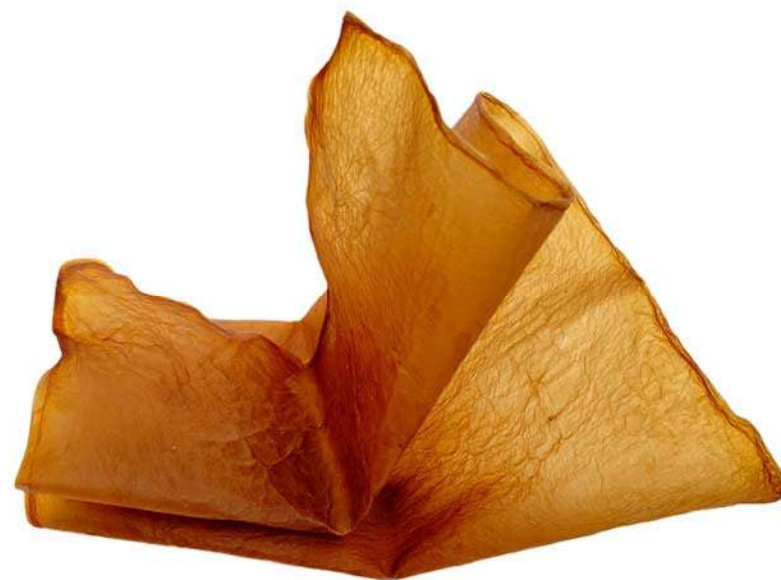


Fig. 122 Lámina de cerveza



Fig. 123 Lámina de cerveza pigmentada con colorante grado alimenticio



Fig. 124 Lámina de cerveza pigmentada con colorante grado alimenticio



Fig. 125 Lámina de cerveza pigmentada con colorante grado alimenticio

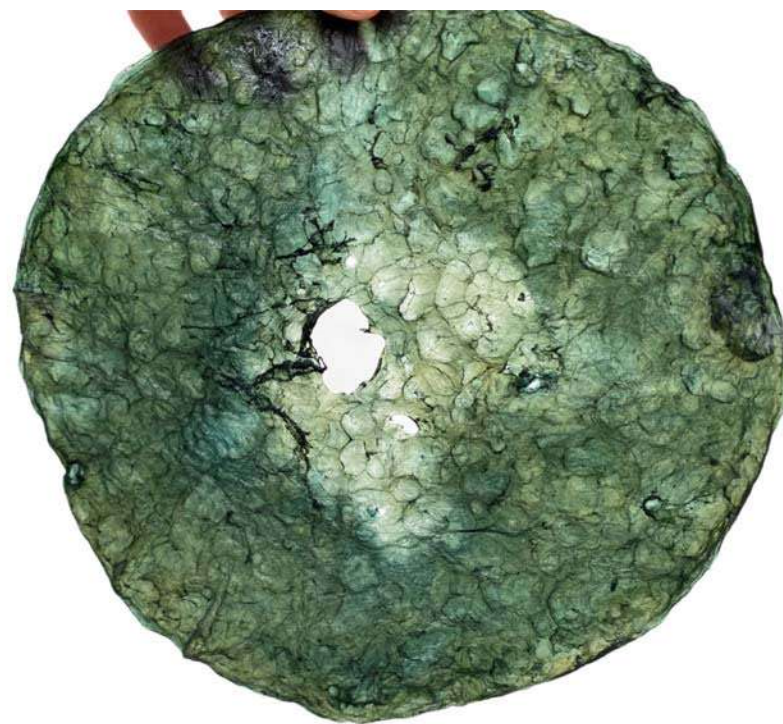


Fig. 126 Lámina de té pigmentada con colorante textil azul

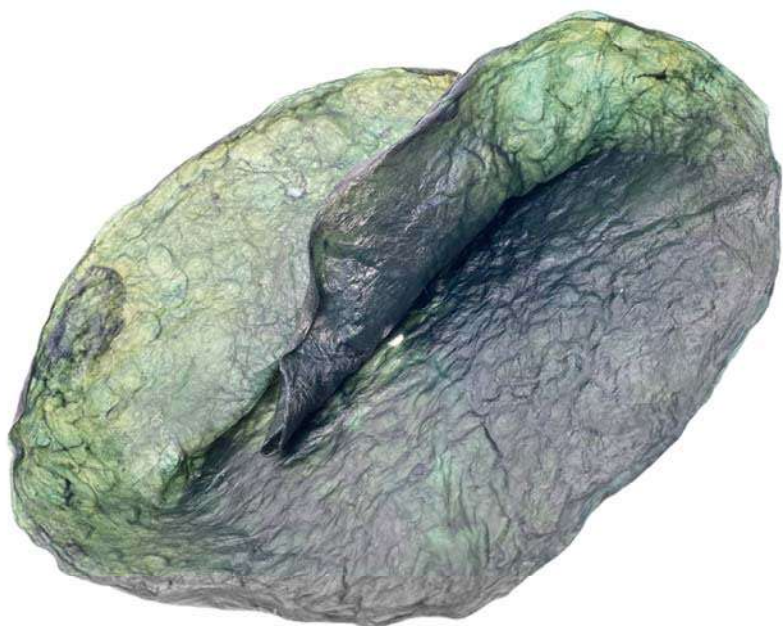


Fig. 127 Lámina de té pigmentada con colorante textil azul



Fig. 128 Lámina de té pigmentada con colorante textil azul



Fig. 129 Lámina de té pigmentada con jamaica



Fig. 130 Lámina de té pigmentada con jamaica



Fig. 131 Lámina de cerveza



Fig. 132 Lámina de té



Fig. 133 Lámina de té



Fig. 134 Lámina de té

Epítome del proceso de diseño experimental

Con la intención de recapitular el proceso de diseño experimental realizado se recuperan algunas de las acciones sustanciales llevadas a cabo durante dicha experimentación (Fig. 135)

La observación, la experimentación y los resultados de la misma, determinaron cada una de las etapas del proceso experimental. El ejercicio práctico realizado dio pie a una especie de prueba y error donde se buscaba ir corrigiendo cada uno de los errores hasta lograr producir láminas de origen biológico. A pesar de que el sustento teórico que se realizó antes de dar comienzo a la experimentación fue un punto fundamental para el desarrollo de esta tesis, se puede decir que el enfrentamiento con la realidad fue lo que permitió llegar a los resultados que se mostraron, a la par que esa misma práctica generó un conocimiento más profundo y genuino del que se hubiera logrado adquirir sin haber puesto a prueba la hipótesis de si era o no posible generar una lámina a partir de una técnica de fermentación.

Por otro lado, los resultados de la experimentación no pretenden ser un final, por el contrario se asientan como una muestra, primeramente de que si hay otra manera de producir materiales y por el otro como el comienzo de lo que podría llegar a ser una práctica con múltiples desenlaces.

Durante el proceso experimental se obtuvieron varias láminas, todas ellas provenientes de tres insumos base: cerveza, vino y té. Por ello es importante resaltar la diversidad que una misma técnica puede proporcionar, a pesar de que la base nunca se sale de esos tres componentes, se pudo apreciar que los resultados llegan a ser distintos entre si modificando las cualidades de cada uno de ellos. Por lo tanto no hay tres láminas, hay una variedad de resultados usando tres insumos clave.

No se debe olvidar que el resultado no termina en mostrar las láminas que se obtuvieron, más bien en saber administrar el conocimiento que se obtuvo a partir

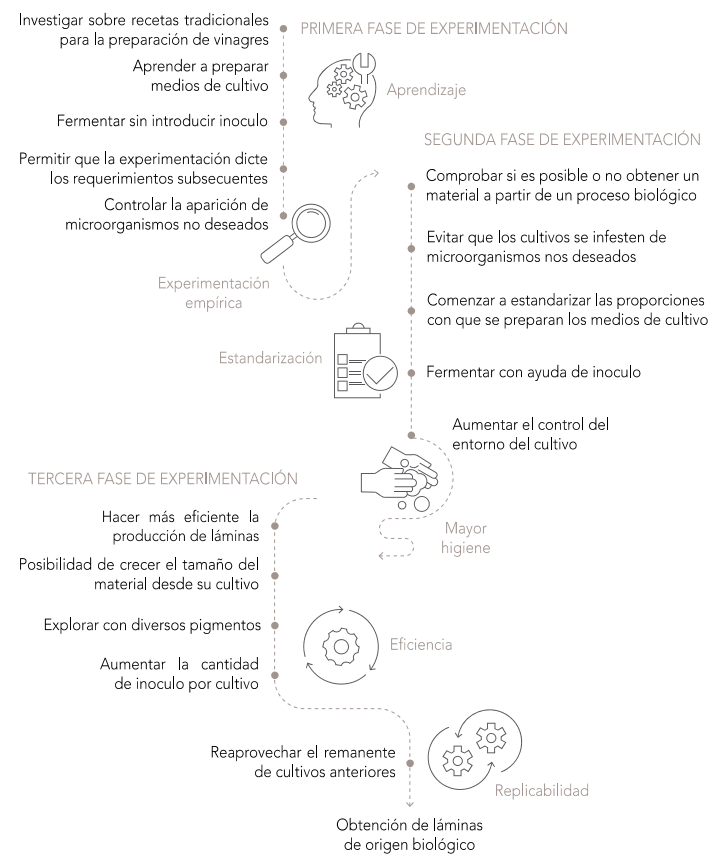


Fig. 135 Recapitulación del proceso experimental realizado

Nueva cultura material: Experimentación doméstica con con láminas de origen biológico

de la creación material, es por ello que en capítulos subsecuentes se seguirá desglosando, afinando y ampliando este conocimiento material.

Manual para la elaboración
de láminas de origen biológico

MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE ORIGEN BIOLÓGICO

Antes de continuar con el resto de la investigación surge este manual como incentivo a la nueva cultura material que esta investigación propone. Como se mencionó en capítulos anteriores una característica de esta nueva cultura es la posibilidad de generar materiales de origen biológico en un entorno no necesariamente especializado, es decir que se puedan producir desde casa, esta cualidad surge con la intención de propiciar la replicabilidad del proceso de diseño. Es por ello que como primer gesto se desarrolló un breve manual para la producción de láminas, siendo esta información parte de la estrategia para propiciar la democratización y apertura en los procesos. Es preciso mencionar que dicho manual es el producto de las diversas experimentaciones llevadas a cabo y sirve también como técnica para concluir y presentar de manera sistemática lo aprendido y realizado durante la experimentación.

La inserción de este manual a la investigación, permite a su vez que aquellas personas que están interesadas en replicar el proceso puedan saltar directamente a este apartado sin tener que detenerse en el resto del documento.

Para que la producción de láminas sea sencilla de entender, se va a desglosar el procedimiento necesario para su producción en cinco pasos, que son:

1. Preparación del cultivo
2. Pigmentación
3. Doble producción de lámina por cultivo
4. Secado
5. Hidratación

De estos cinco pasos el único que se va a explicar de manera individual es la preparación del cultivo, esto quiere decir que el procedimiento se va a mostrar tres veces, una por cada insumo con el que se produjo una lámina, esto es: cerveza, vino tinto y té. Y los otros cuatro pasos se van a mostrar de manera general, ya que se tiene

que hacer exactamente lo mismo sin importar el tipo de lámina.

Se sugiere leer la totalidad de este manual antes de comenzar con la preparación.

Antes de comenzar a desarrollar los pasos que se deben llevar a cabo, se mostrarán las recomendaciones generales seguidas de las herramientas e insumos necesarios.

Recomendaciones generales

Del cultivo iniciador

- No añadir nunca cultivo iniciador en líquidos calientes ni fríos, ya que el calor produce la muerte no deseada de los microorganismos necesarios para producir el material. Y el frío los adormece inhibiendo su proliferación.

Del recipiente que contendrá el cultivo

- Evitar el uso de recipientes o herramientas metálicos para la preparación y contención del cultivo, el material del recipiente debe ser vidrio o plástico. No se usan metales, ya que la fermentación aeróbica produce ácido acético y este tiene la capacidad de corroer metales contaminando a su vez las muestras.

Del crecimiento de las láminas

- La formación de láminas depende de la temperatura, lo que significa que crecerá más rápido en temperaturas cálidas. Sin embargo los cultivos deben permanecer en un espacio oscuro, donde no les dé luz ni solar ni eléctrica, ya que esta es una condición de habitabilidad que prefieren los microorganismos encargados del proceso deseado.

- Se pueden producir láminas más delgadas o gruesas según se requiera, entre más tiempo se deje una lámina en su cultivo más irá engrosando, por el contrario si se retira recién se detecte es probable que el resultado sea una lámina delgada.

HERRAMIENTAS

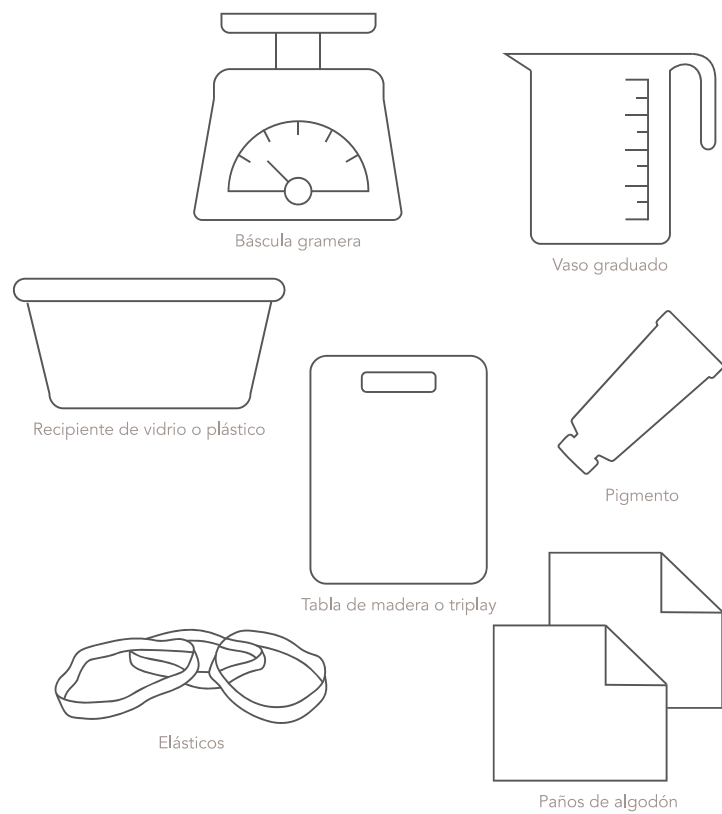


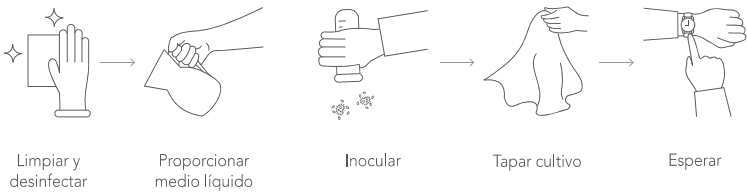
Fig. 136 Herramientas

INSUMOS



Fig. 137 Insumos

Preparación del cultivo



El procedimiento siempre debe iniciar con el lavado y desinfección de las áreas de trabajo y herramientas a utilizar. Para ello se deben limpiar y desinfectar con una solución comercial bactericida las superficies donde se preparara el cultivo así como la superficie donde permanecerán estáticos. Los recipientes que van a contener los cultivos se deben dejar en remojo con jabón por 1 hora y después enjuagar con agua hirviendo.

Lo siguiente es comenzar con la preparación de cada uno de los cultivos, acto seguido se presenta el mismo, recordando que hay un procedimiento por cada uno de los insumos: té, cerveza y vino tinto.

Fig. 138 Preparación del cultivo

LÁMINA BIOLÓGICA DE TÉ

INSUMOS

- 1 litro de agua purificada
- 10 bolsas de té negro
- 250 ml de inocular
- 200 g de azúcar



Tiempo de preparación:
30 minutos



Tiempo de crecimiento:
2-5 semanas



Nivel de dificultad:
Medio



Asequibilidad:
Muy asequible

Los parámetros superiores son relativos y pueden llegar a variar.

El tipo de inocular que este tipo de cultivo requiere es: Kombucha sin pasteurizar con SCOBY. La cantidad de esta preparación es idónea para un cultivo, esto quiere decir que es la cantidad que se recomienda por recipiente, si se desea preparar más de un cultivo a la vez a continuación se muestra la proporción entre insumos que siempre se recomienda mantener:

1 litro de té; 250 ml de inocular; 200 g de azúcar.

PROCEDIMIENTO

A) Preparación del medio líquido

1. Calentar el litro de agua, sin llegar a hervirla.
2. Vaciar el agua caliente al recipiente en el que se hará el cultivo y añadir las 10 bolsas de té negro. Dejar las bolsas en el agua durante 10 minutos.
3. Pasados los 10 minutos retirar las bolsas de té, añadir el azúcar y mover hasta que se disuelva, dejar enfriar.

B) Inoculación

1. Una vez que el té está a temperatura ambiente se añaden los 250 ml de inocular, para inocular un cultivo de té se usa una kombucha al tiempo, no filtrada ni pasteurizada y que preferentemente contenga un SCOBY. Nunca se debe añadir el inocular cuando el líquido está caliente.

C) Cubrimiento y tiempo de espera para el crecimiento

1. Una vez que se ha preparado el cultivo se debe cubrir el recipiente con un paño transpirable, preferiblemente de un material natural como el algodón y asegurar con un elástico.
2. Esta preparación se coloca en un lugar en el que no reciba luz y se deja en reposo absoluto, esto quiere decir que el recipiente no puede ser movido ni destapado, es recomendable colocarlo en una posición que permita su observación.
3. Monitorear diariamente al cultivo, si se detecta contaminación se debe desechar inmediatamente y repetir nuevamente el procedimiento. Si por el contrario permanece libre de microorganismos no deseados, se debe dejar en reposo hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie. Más adelante, en este mismo manual, se presentará información más detallada sobre la extracción y posterior tratamiento.

LÁMINA BIOLÓGICA DE CERVEZA

INSUMOS

- 1 litro de cerveza
- 250 ml de inóculo



Tiempo de
preparación:
30 minutos



Tiempo de
crecimiento:
2-5 semanas



Nivel de
dificultad:
Medio



Asequibilidad:
Muy asequible

Los parámetros superiores son relativos y pueden llegar a variar.

El tipo de inóculo que este tipo de cultivo requiere es: Vinagre vivo sin pasteurizar con la madre.

La cantidad de esta preparación es idónea para un cultivo, esto quiere decir que es la cantidad que se recomienda por recipiente, si se desea preparar más de un cultivo a la vez a continuación se muestra la proporción entre insumos que siempre se recomienda mantener:

1 litro de cerveza; 250 ml de inóculo

PROCEDIMIENTO

A) Preparación del medio líquido

1. Vaciar el litro de cerveza al recipiente en el que se hará el cultivo. El alcohol usado deberá estar a temperatura ambiente, no refrigerado.

B) Inoculación

1. Añadir los 250 ml de inóculo, en este caso se usará vinagre vino sin pasteurizar y que contenga cultivo madre o la madre del vinagre, no hay necesidad de revolver esta mezcla.

C) Cubrimiento y tiempo de espera para el crecimiento

1. Una vez que se ha preparado el cultivo se debe cubrir el recipiente con un paño transpirable, preferiblemente de un material natural como el algodón y asegurar con un elástico.

2. Esta preparación se coloca en un lugar en el que no reciba luz y se deja en reposo absoluto, esto quiere decir que el recipiente no puede ser

movido ni destapado, es recomendable colocarlo en una posición que permita su observación.

3. Monitorear diariamente al cultivo, si se detecta contaminación se debe desechar inmediatamente y repetir nuevamente el procedimiento. Si por el contrario permanece libre de microorganismos no deseados, se debe dejar en reposo hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie. Más adelante, en este mismo manual, se presentará información más detallada sobre la extracción y posterior tratamiento.

LÁMINA BIOLÓGICA DE VINO

INSUMOS

- 1 litro de vino tinto
- 250 ml de inóculo



Tiempo de
preparación:
30 minutos



Tiempo de
crecimiento:
2-5 semanas



Nivel de
dificultad:
Medio



Asequibilidad:
Media

Los parámetros superiores son relativos y pueden llegar a variar.

El tipo de inóculo que este tipo de cultivo requiere es: Vinagre vivo sin pasteurizar con la madre.

La cantidad de esta preparación es idónea para un cultivo, esto quiere decir que es la cantidad que se recomienda por recipiente, si se desea preparar más de un cultivo a la vez a continuación se muestra la proporción entre insumos que siempre se recomienda mantener:

1 litro de vino tinto; 250 ml de inóculo

PROCEDIMIENTO

A) Preparación del medio líquido

1. Vaciar el litro de vino tinto al recipiente en el que se hará el cultivo. El alcohol usado deberá estar a temperatura ambiente, no refrigerado.

B) Inoculación

1. Añadir los 250 ml de inóculo, en este caso se usará vinagre vino sin pasteurizar y que contenga cultivo madre o la madre del vinagre, no hay necesidad de revolver esta mezcla.

C) Cubrimiento y tiempo de espera para el crecimiento

1. Una vez que se ha preparado el cultivo se debe cubrir el recipiente con un paño transpirable, preferiblemente de un material natural como el algodón y asegurar con un elástico.

2. Esta preparación se coloca en un lugar en el que no reciba luz y se deja en reposo absoluto, esto quiere decir que el recipiente no puede ser

movido ni destapado, es recomendable colocarlo en una posición que permita su observación.

3. Monitorear diariamente al cultivo, si se detecta contaminación se debe desechar inmediatamente y repetir nuevamente el procedimiento. Si por el contrario permanece libre de microorganismos no deseados, se debe dejar en reposo hasta que se pueda observar la formación de una lámina flotando en la superficie. Más adelante, en este mismo manual, se presentará información más detallada sobre la extracción y posterior tratamiento.

Pigmentación



Las láminas tienen la capacidad para ser pigmentadas, si bien es importante mencionar que este es un paso opcional. Si se desea cambiar el color de lámina, el momento para hacerlo es una vez que una lámina completa, que cubra toda la superficie del recipiente que contiene el cultivo, haya surgido en la superficie. Para ello hay que seguir los pasos que se muestran seguidamente.

1. Destapar el cultivo, cuidando que el área donde se trabaja este previamente desinfectada.
2. Usar guantes y con las manos comenzar a despegar la lámina de los bordes del recipiente, haciendo que esta en lugar de flotar caiga en el líquido del mismo cultivo.
3. Una vez que lámina ha sido despegada se añade el pigmento deseado directamente al cultivo. El pigmento a utilizar debe estar en formato líquido para poder integrarse a la mezcla con facilidad y no dañar la lámina. Este puede ser un pigmento natural, por ejemplo jamaica, betabel o zanahoria hervida en agua (usando únicamente el agua

Fig. 139 Pigmentación

pigmentada, nunca añadir residuos orgánicos al cultivo) o también se pueden usar pigmentos de grado alimenticio, pigmento textil, etc. Recordando no añadir el pigmento, sobre todo artificial, directamente al cultivo más bien diluirlo antes en agua purificada y una vez que se obtiene el tono deseado se añade al cultivo. Es también fundamental mencionar que el pigmento debe estar bien saturado para lograr modificar el color de la lámina.

4. Volver a cubrir el cultivo con el paño que se había retirado y dejar reposar alrededor de una semana o cuando se perciba que la lámina ha cambiado de color.

Doble producción de lámina por cultivo



Otro paso opcional que se puede llevar a cabo es la doble producción de lámina por cultivo, esto sirve para aumentar la producción. Para lograr obtener la doble lámina es necesario volver a alimentar a los microorganismos y contar previamente con una lámina ya formada en la superficie del cultivo. Los siguientes pasos muestran como obtener más de una lámina por cultivo.

Fig. 140 Doble producción de lámina por cultivo

1. Primero se retiran los elásticos que mantienen protegido al cultivo y se levanta una pequeña ranura en el paño, sin llegar a descubrir por completo. No hay necesidad de hacer contacto con la lámina ni el líquido del cultivo.
2. En esa pequeña apertura se vierte más alimento para los microorganismos o lo que es lo mismo, más del insumo principal. En el caso del cultivo de vino tinto se añade vino tinto, en el cultivo de cerveza se añade cerveza y en el cultivo de té se añade té negro con el azúcar ya disuelta. Lo que se debe lograr es que la lámina quede en medio, es decir, con líquido debajo y sobre ella.
3. Se espera a que una nueva lámina se forme en la superficie de cultivo, normalmente esta segunda lámina se genera de manera más inmediata ya que la primera lámina hace de tejido microbiano madre y produce un tejido microbiano hijo relativamente rápido.

Secado



El siguiente paso a dar es secar las láminas, para lo cual estas se extraen del cultivo.

Fig. 141 Secado

Tanto para extraer las láminas como para manipularlas una vez afuera es necesario usar guantes para evitar contaminar el líquido del cultivo, el cual se puede aprovechar como inóculo para futuros cultivos, y a las láminas mismas. El proceso es el siguiente.

1. Con los guantes se extrae la lámina, para ello se destapa completamente el recipiente del cultivo y con mucha suavidad se despegan la lámina del recipiente, los bordes suelen pegarse a este.
2. Antes de ponerla a secar, la lámina se debe lavar en un recipiente con jabón neutro y enjuagar con agua purificada para retirar el jabón, este paso se hace para minimizar el aroma que tienen las láminas.
3. Una vez lavada se coloca en una superficie de triplay o madera sin pintura ni recubrimientos. Se recomienda estar rotando las láminas a diario para secar de manera uniforme ambos lados y evitar que el material se deshidrate más de la cuenta, ya que el secado consiste precisamente en la pérdida de humedad del material. Las láminas secan con facilidad, se sabe que están listas cuando pierdan la textura pegajosa que las acompaña cuando están todavía húmedas. También es posible colgar las láminas al sol si se desea acelerar el proceso, pero esto únicamente cuando ya no escurren agua y bajo supervisión constante.

Hidratación

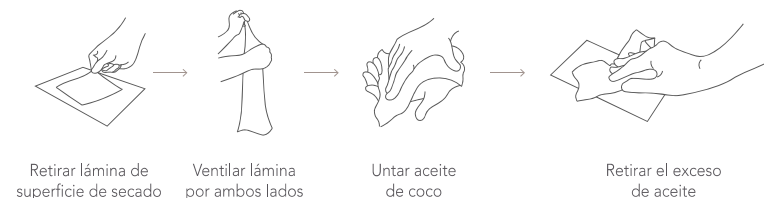


Fig. 142 Hidratación

El último paso del proceso es retirar las láminas de la superficie de secado, dejarlas ventilar por ambos lados un día y después hidratarlas, para ello se unta, con las manos, aceite de coco por toda la superficie de la lámina, se puede dejar este aceite unas horas para hidratar al material de manera uniforme pero siempre se debe retirar el exceso de aceite con un paño, ya que el material no lo absorbe y de otro modo quedaría grasoso.

Conclusiones del manual

Esta guía sirve para establecer el procedimiento que se debe llevar a cabo para generar láminas de origen biológico, es también una forma de soporte al proceso de diseño experimental porque permite compilar la experimentación realizada en una serie de pasos que posibilita a otras personas repetir el procedimiento y obtener un material. Es necesario decir que el procedimiento que este manual exhibe no es una verdad absoluta, por el contrario pretende dar pie a modificaciones y mejoras, es decir, busca despertar la curiosidad en los usuarios. Precisamente para el diseño experimental lo más relevante no es llegar a un resultado tangible al primer intento, sino aprender del error y entender la lógica de lo que se hace.

Capítulo cuarto

CONOCIMIENTO MATERIAL

Como se mencionó en líneas anteriores, la experimentación llevada a cabo ha traído consigo aprendizaje a partir del cual es posible comprender la lógica material de las láminas de origen biológico. Como se mencionó con antelación, estas láminas no están formadas por un único componente son más bien la suma de diversas sustancias. No obstante el conocer los elementos que conforman al material no es suficiente para entender al mismo, por ello es relevante hacer un análisis más detallado.

Al hablar de lógica material se hará referencia al contenido y proceso productivo del material, el cual se va a explicar de manera gráfica (Fig. 143). Para comprender mejor como surge una lámina y de que esta hecha se hace un ejercicio de contraste con los biomateriales cuya lógica se basa en aglutinar, dentro de esta categoría se encuentran aquellos compuestos por grenetina, féculas, alginatos, colágeno y agar. Se decidió hacer la comparativa con estos biomateriales ya que son los más predominantes hasta el momento. Su lógica material se puede descomponer en ingredientes con funciones específicas como dar elasticidad, unir y disgregar. Entonces una manera de entender su lógica material es:

Plastificante: El plastificante tiene la capacidad para hacer al material más flexible, resistente y elástico, es este elemento el que le da una cualidad similar a los plásticos convencionales.

Aglutinante: Es el elemento principal de estos biomateriales, y su función es unir el resto de los ingredientes, suele presentarse como una sustancia viscosa o en gel. En muchas ocasiones requiere de un proceso de cocción para hacer reacción química.

Disolvente: Generalmente es agua y ayuda disolver e integrar el resto de los ingredientes, creando una pasta homogénea. Con excepción de los agregados, elementos como fibras, hojas, arenas y residuos alimenticios, los cuales no siempre se disuelven. Una característica de los agregados es que pueden tener la capacidad para

modificar las cualidades del material o fungir únicamente como una herramienta para cambiar la apariencia física.

Por otro lado las láminas de origen biológico no son un material creado por la mano del hombre, se trata de un material hecho por microorganismos, por lo que no siempre es posible controlar los factores que son fácilmente controlados en otro tipo de biomateriales.

Para que los microorganismos puedan generar láminas es necesario contar con un medio líquido en el cual proliferen y mediante el proceso bioquímico de la fermentación aeróbica comiencen a generar el material. Para dar pie a este proceso además del medio líquido es necesario inocular el cultivo con el tipo de bacterias necesarias para dar pie a la fermentación, que son *Acetobacter aceti*, *Gluconobacter oxydans* y *Saccharomyces cerevisiae*.

Cuando esta población microbiana se encuentra en un entorno fértil, crece exponencialmente, comienza a alimentarse metabolizando a su paso algunas de las sustancias presentes en el medio líquido y dando pie a un proceso de biopolimerización, que a su vez permite el surgimiento de una estructura tridimensional en forma de gel. Esta estructura tridimensional se presenta como un velo superficial y es lo que posteriormente es extraído como una lámina de origen biológico.

Se dice que se está trabajando con un material vivo, por que mientras la lámina se encuentra en el cultivo se trata del hábitculo de una comunidad microbiana, estos organismos no piensan en producir una lámina, por el contrario la necesitan como medio para oxigenarse y crecer su población. Lo que se hace es darle un uso material a este portento biológico.

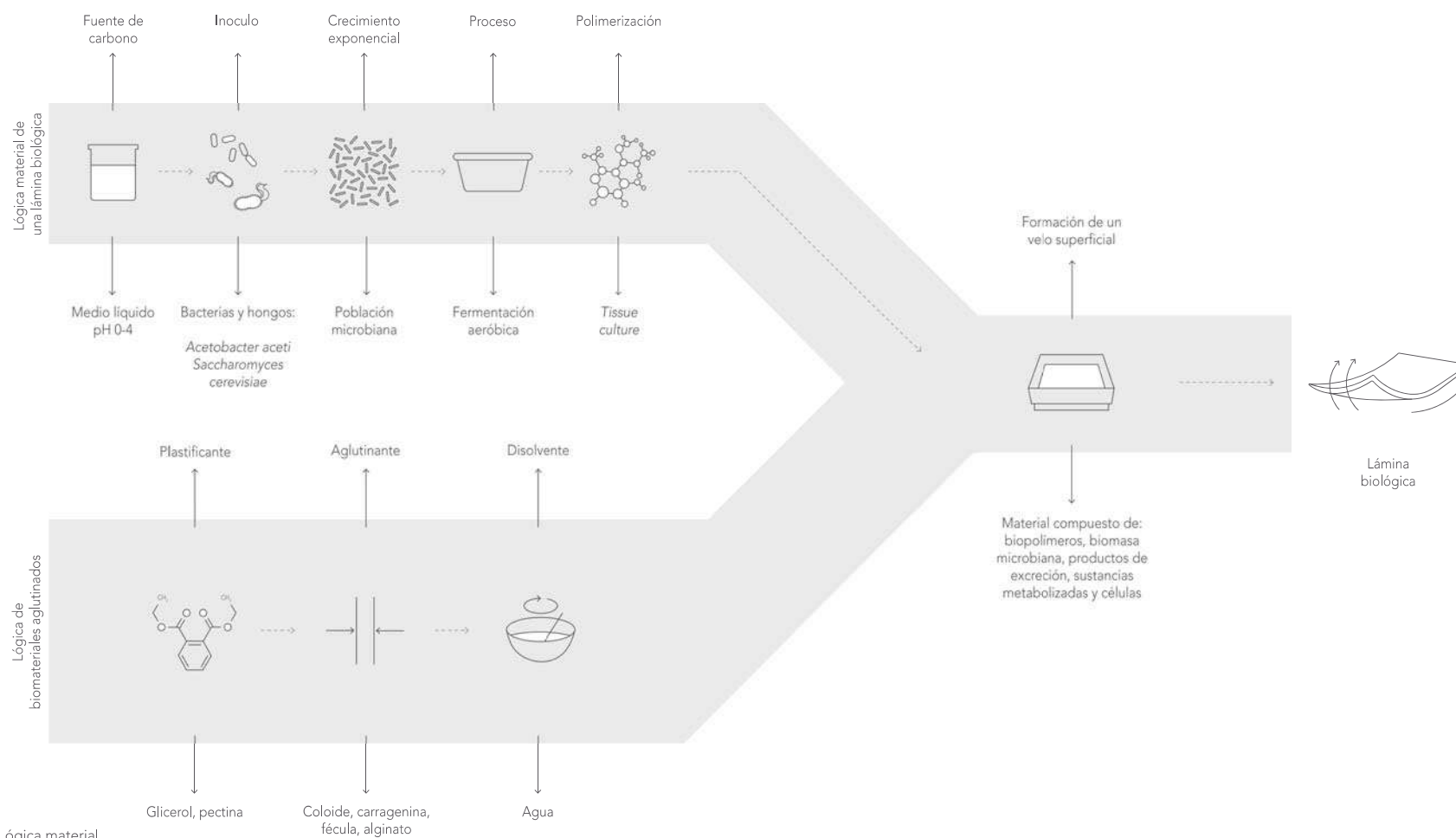


Fig. 143 Lógica material

Para enriquecer el conocimiento material se van a describir las características sensoriales de las láminas, se sabe que estas características pueden llegar a ser subjetivas, sin embargo más adelante se desarrollan una serie de pruebas que permitan conocer el rendimiento del material de manera fehaciente pero esa no es la intención de esta descripción, aquí solo se exponen algunos de sus atributos con la intención de conocerlo mejor. Las características a describir son:

- Color
- Espesor
- Textura: rugosa o suave, húmeda o seca, quebradiza o blanda
- Opacidad: transparente, translucido, opaco
- Aroma: fragante, resinoso, frutal, cítrico, mentolado, químico, dulce, ahumado, podrido, acre

Descripción de las características sensoriales de la lámina biológica de té

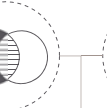
Color	Espesor	Textura	Opacidad	Aroma
				
Tonos marrones	Oscila de 1-3 mm	Suave, húmeda y blanda	Traslucido	Cítrico y acre

Fig. 144 Características sensoriales de la lámina de té

Descripción de las características sensoriales de la lámina biológica de cerveza

Color	Espesor	Textura	Opacidad	Aroma
				
Tonos marrones, más oscuros que la lámina de té	Oscila de 1-3 mm	Suave, seca, quebradiza	Traslucido	Resinoso y acre

Descripción de las características sensoriales de la lámina biológica de vino tinto

Color	Espesor	Textura	Opacidad	Aroma
				
Vino	Oscila de 1-2 mm	Suave, seca, blanda	Poco traslúcido sin llegar a opaco	Frutal y acre

Fig. 145 Características sensoriales de la lámina de cerveza
Fig. 146 Características sensoriales de la lámina de vino tinto

PROTOCOLO DE ANÁLISIS

Como protocolo de análisis para evaluar las propiedades del material se hace una caracterización de las láminas de origen biológico (Fig. 147). La caracterización de este tipo de materiales puede ser física, química o biológica. Por tratarse de una experimentación doméstica se decidió realizar una caracterización física, la cual consiste en evaluar diversas variables que permitan conocer las prestaciones, rendimiento, cualidades, vida útil y uso posible del material.

Las variables a evaluar son:

- Resistencia a la temperatura: solar, foco incandescente, horno
- Reblandecimiento: al agua y al aceite
- Resistencia a la presión
- Capacidad para adquirir color: pigmentos naturales y artificiales
- Capacidad para adquirir textura

Las variables se aplicaran a modo de prueba a cada uno de los tres tipos de láminas, y los criterios para evaluar dichas variables son:

Resistencia a la temperatura

Solar

Dejar el material a la intemperie durante ocho horas, de 9:00-5:00, esto con el propósito de analizar la reacción que las láminas tienen a la exposición solar.

Foco incandescente

Acercar el material a un foco incandescente durante 1 hr. Para esta prueba se fabricó una caja que permite que la distancia entre el foco y el material sea de 1cm, propiciando una cercanía máxima que ayuda a determinar si el material tolera o no ese tipo de calor.

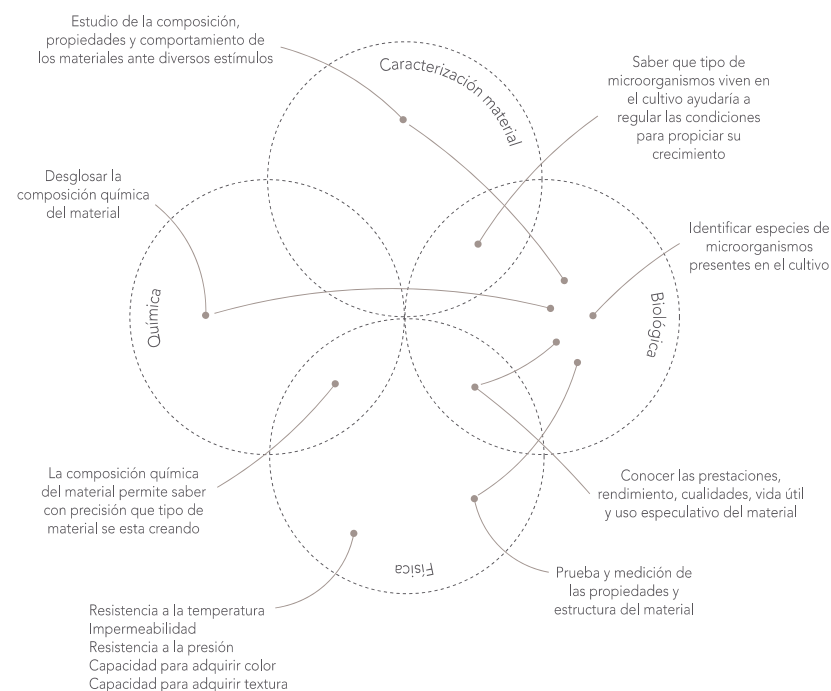


Fig. 147 Caracterización material

Horno

Hornear las láminas en moldes de aluminio a 180°C por 5 minutos. Esta prueba además de mostrar que les sucede a las láminas a una temperatura bastante alta, permiten poner a prueba su capacidad para termoformarse.

Reblandecimiento

Al agua

Para esta prueba se colocan las láminas sobre un vaso y se vierte agua encima, se deja así durante 20 minutos, de esta manera se puede observar si el agua modifica a las láminas además de si es o no un material impermeable.

Al aceite

Se untan las láminas con aceite de coco para ver si su reacción es similar al agua o distinta. Como parte del proceso necesario para lograr un material final las láminas se rehidratan con aceite de coco una vez secas.

Resistencia a la presión

Esta prueba hace referencia a la capacidad del material para recibir fuerzas aplicadas sin romperse. Lo que se hace es tensar cada una de las membranas a los bordes de una caja y a una distancia de 5 cm se dejan caer pesas sobre ellas para ver cuanto peso toleran antes de romperse.

Capacidad para adquirir color

Esta prueba ya había tenido éxito durante el proceso experimental, por lo que se sabe con certeza que las láminas se pueden pigmentar usando colorantes naturales o sintéticos. La lámina de vino tinto es la única que no admite pigmentación ya que su color natural es muy intenso.

Capacidad para adquirir textura

Se realiza poniendo a secar una lámina fresca de cerveza sobre una superficie de triplay texturizado, similar al proceso de secado que se llevó a cabo durante la experimentación pero con la diferencia de que ahora la superficie de secado tiene un grabado en bajo relieve. Para ello se diseñó una textura y se grabó en el triplay con la ayuda de un router CNC.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de resultados se segmenta en tres partes. Primero se hacen observaciones generales de las variables evaluadas que son: resistencia a la temperatura, reblandecimiento, resistencia a la presión, capacidad para adquirir color y capacidad para adquirir textura. Estas observaciones abarcan los tres tipos de láminas evaluadas pero sin hacer distinciones precisas entre cada una de ellas ya que ulteriormente se van a presentar los resultados específicos de cada lámina a manera de tabulador de datos, es decir, habrá tres tablas una por cada lámina (té, cerveza y vino). La presentación tabulada de los resultados permite analizar y comparar visualmente las diferencias de comportamiento entre cada material. Y por último, ya con los resultados precisos en mano se hace un análisis de los factores que se pueden llegar a controlar, así como los que no, en la producción de láminas biológicas.

Observaciones generales de las variables evaluadas

El llevar a cabo el protocolo de análisis permitió conocer cualidades del material que a simple vista o sensorialmente eran imperceptibles. Una vez realizadas las pruebas se puede decir que el material tiene buena resistencia a altas temperaturas, la radiación solar no modifica en lo absoluto al material, el calor de un foco incandescente ablanda ligeramente a las láminas pero no llega a quemarlas ni derretirlas (Fig. 148, 149, 150, 151, 152 y 153), aun así sería más conveniente que si las láminas se usan cerca de focos estos fueran fluorescentes o LED. El calor del horno si modifica la apariencia y resistencia del material, por un lado logran termoformarse en congruencia con el molde que las contiene, pero en el proceso el calor ampolla las láminas además de que recién salidas del horno quedan sin nada de flexibilidad y por lo tanto quebradizas (Fig. 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161 y 162).

Llegados a este punto es relevante mencionar que la redacción de estas observaciones ha sufrido modificaciones ya que los resultados han cambiado conforme transcurre el tiempo, en especial en lo que respecta a los materiales horneados. El día en que se

hornearon se tuvo como resultado una serie de láminas crocantes sin embargo al día de hoy, aproximadamente un mes después de haber realizado la prueba, las láminas volvieron a reblandecer y perdieron la forma que habían adquirido. Este fenómeno esta en estrecha relación con otra de las variables evaluadas, el reblandecimiento tanto al agua como al aceite, esta prueba permitió conocer que las láminas no permiten en paso del agua a través de ellas pero esa cualidad no las vuelve impermeables, lo que hace el material es absorber el agua devolviéndoles el aspecto que tienen cuando están en el medio líquido en el que se desarrollan (Fig. 163, 164, 165, 166, 167 y 168). Se puede decir con certeza que se trata de un material hidrofílico que no únicamente absorbe el agua por contacto sino que también absorbe la humedad ambiental. Esta prueba sumada a la observación prolongada permite decir que el material se vuelve blando y manipulable cuando el clima es húmedo al contrario que cuando el clima es seco las láminas se deshidratan y pierden flexibilidad. Por otro lado, la diferencia del reblandecimiento con aceite tiene una respuesta completamente distinta, las láminas no tienen la capacidad para absorber el aceite pero si ayuda a que conserven o ganen flexibilidad y además el aceite no las regresa a la apariencia de gel que tienen al estar en el cultivo.

En cuanto a la resistencia a la presión, los resultados de las tres láminas son variables, por lo tanto no es posible generalizarlo pero si se puede decir que la lámina más resistente es la de té y la diferencia con respecto a la de vino y la de cerveza es cuantiosa (Fig. 169, 170, 171, 172).

Con respecto a la capacidad de las láminas para adquirir color se sabe desde el proceso de diseño experimental que esto es posible, excepto para la lámina de vino tinto y más que no ser posible se dice que no ya que su color natural es muy oscuro e intenso.

Queda hablar de la última prueba realizada, la capacidad del material para adquirir textura, la lámina de cerveza con la que se realizó esta prueba si adquirió textura pero en el proceso sufrió deshidratación excesiva (Fig. 173, 174 y 175) ya que para que

la textura quedará bien grabada el material no se movió de la tabla de secado texturizada durante varios días y ya se había aprendido también durante la experimentación que para evitar que las láminas se deshidraten era necesario rotarlas diariamente durante el secado. Entonces se sabe que las láminas si pueden adquirir una textura pero se sugiere que en futuras investigaciones se analicen técnicas para texturizar que no comprometan la flexibilidad del material.



Fig. 148 Vista frontal prueba de resistencia a la temperatura con foco incandescente, lámina de té



Fig. 149 Vista superior prueba de resistencia a la temperatura con foco incandescente, lámina de té

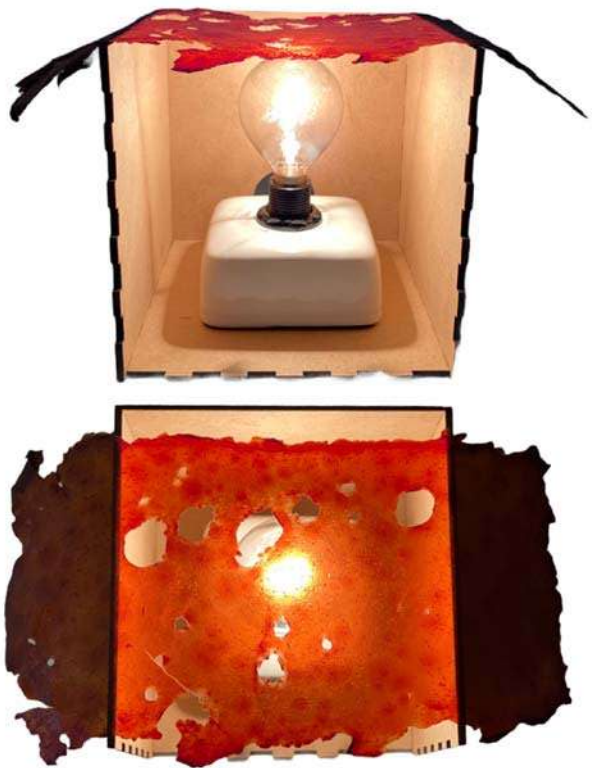


Fig. 150 Vista frontal prueba de resistencia a la temperatura con foco incandescente, lámina de vino tinto
Fig. 151 Vista superior prueba de resistencia a la temperatura con foco incandescente, lámina de vino tinto

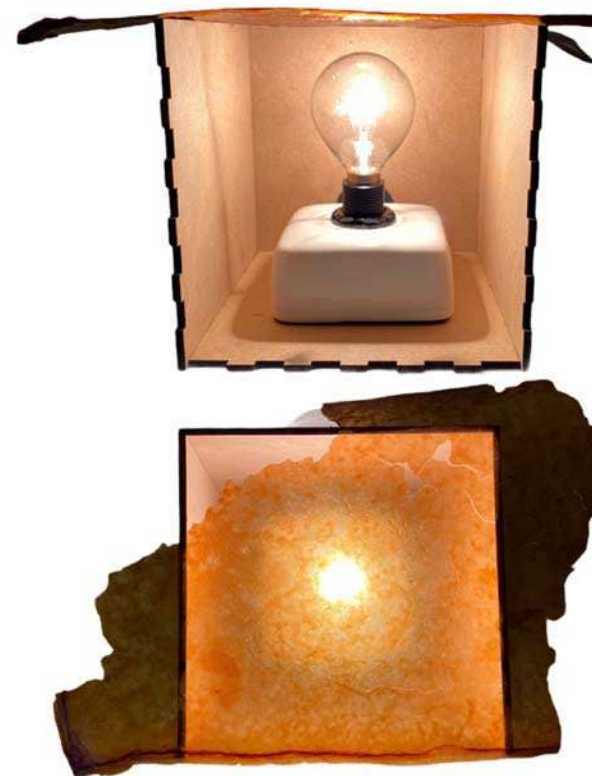


Fig. 152 Vista frontal prueba de resistencia a la temperatura con foco incandescente, lámina de cerveza
Fig. 153 Vista superior prueba de resistencia a la temperatura con foco incandescente, lámina de cerveza



Fig. 154 y 155 Horneado en molde, lámina de té



Fig. 156 Láminas horneadas



Fig. 157 y 158 Lámina horneada de té





Fig. 159 y 160 Lámina horneada de vino tinto





Fig. 161 y 162 Lámina horneada de cerveza

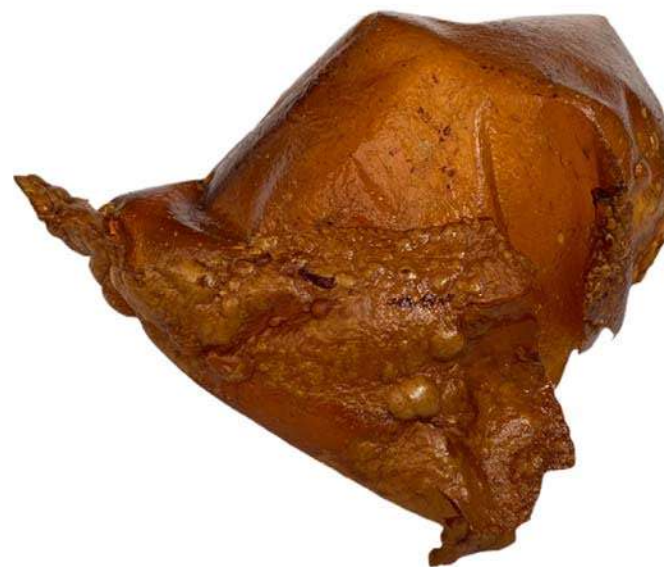




Fig. 163 Prueba de reblandecimiento al agua, lámina de té



Fig. 164 Reblandecimiento al agua, lámina de té



Fig. 165 Prueba de reblandecimiento al agua, lámina de vino tinto



Fig. 166 Reblandecimiento al agua, lámina de vino tinto



Fig. 167 Prueba de reblandecimiento al agua, lámina de cerveza



Fig. 168 Reblandecimiento al agua, lámina de cerveza



Fig. 169 Pesas

Fig. 170 Prueba de resistencia a la presión, lámina de té

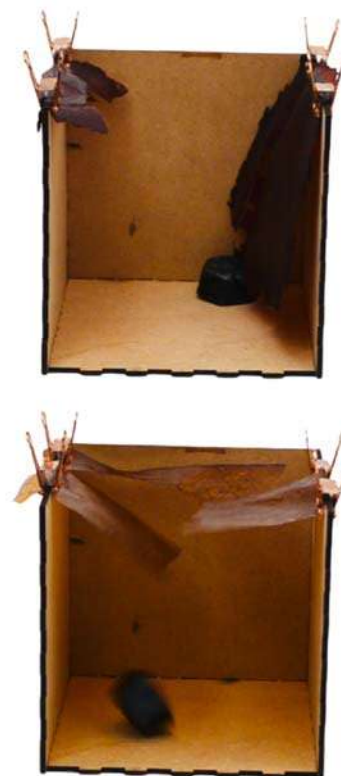


Fig. 171 Prueba de resistencia a la presión, lámina de vino tinto

Fig. 172 Prueba de resistencia a la presión, lámina cerveza



Fig. 173 Superficie texturizada
Fig. 174 Texturizado de lámina de cerveza



Ahora se evalúan de manera específica e individual los resultados obtenidos. Como se dijo anteriormente esta evaluación se presenta en formato de tablas (Fig. 176, 177 y 178), donde los resultados se exhiben en una escala que va de nula a alta y además se complementa esta evaluación con anotaciones que dan detalles concretos sobre la prueba o sobre los resultados de la misma. Estas anotaciones se encuentran dentro de los círculos con los que se marca cada casilla de evaluación.

Fig. 175 Lámina de cerveza texturizada

Fig. 176

LÁMINA BIOLÓGICA DE TÉ

	NULA	BAJA	MEDIA	ALTA
Resistencia a la temperatura:				
Radiación solar				23°C/8hrs.
Luz incandescente			50°C/1hr.	
Horno convencional		180°C/5min.		
Reblandecimiento:				
Agua		Reblandece		
Aceite		Recupera flexibilidad		
Resistencia a la presión				1kg/230cm²
Capacidad para adquirir color:				
Pigmento natural				Jamaica, Betabel
Pigmento sintético				Azul
Capacidad para adquirir textura		Memoria de forma		

Fig. 177

LÁMINA BIOLÓGICA DE CERVEZA

	NULA	BAJA	MEDIA	ALTA
Resistencia a la temperatura:				
Radiación solar				23°C/8hrs.
Luz incandescente			50°C/1hr.	
Horno convencional		180°C/5min.		
Reblandecimiento:				
Agua		Reblandece		
Aceite		Recupera flexibilidad		
Resistencia a la presión		0.45 kg/284 cm²		
Capacidad para adquirir color:				
Pigmento natural				Vino tinto
Pigmento sintético				Verde
Capacidad para adquirir textura			Memoria de forma	

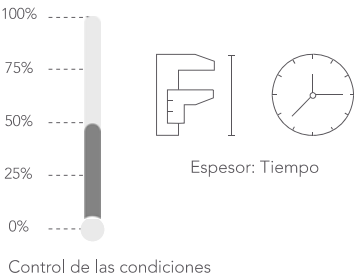
Fig. 178

LÁMINA BIOLÓGICA DE VINO

	NULA	BAJA	MEDIA	ALTA
Resistencia a la temperatura:				
Radiación solar				23°C/8hrs.
Luz incandescente			50°C/1hr.	
Horno convencional		180°C/5min.		
Reblandecimiento:				
Agua			Reblandece	
Aceite		Recupera flexibilidad		
Resistencia a la presión		0.45 kg/284 cm²		
Capacidad para adquirir color:				
Pigmento natural	Su color natural es intenso.			
Pigmento sintético	Su color natural es intenso.			
Capacidad para adquirir textura			Memoria de forma	

Habiendo realizado las pruebas, conocido los resultados y observado el comportamiento de las láminas durante un periodo de tiempo considerable, sigue hablar de los factores que se pueden controlar y de los que no en esta clase de biomateriales. No se debe olvidar que las láminas son producto de un proceso biológico y que no es el diseñador quien las crea, por ello es pertinente conocer hasta donde se puede llegar a intervenir y como.

Espesor

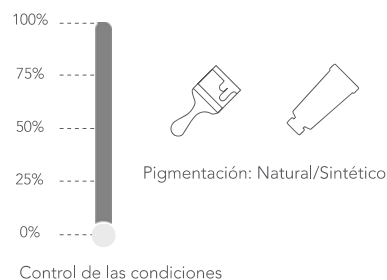


Al hablar de un material cultivado se hace hincapié en que el diseñador participa solo en algunas etapas de la creación material. Es el responsable de regular las condiciones de cultivo y de darle un tratamiento al material una vez que es extraído del medio líquido pero mientras esta en crecimiento, la producción material escapa de sus manos. Es posible control el espesor del material pero solo hasta cierto punto, el espesor es proporcional al tiempo de crecimiento que se le conceda a cada cultivo, a mayor tiempo mayor espesor. Sin embargo gran parte de este grosor se pierde

Fig. 179 Espesor

durante el proceso de secado, la lámina recién extraída del cultivo actúa como un material hidrofílico que absorbió parte del líquido donde creció, pero cuando se pone a secar sobre una superficie absorbente el material se deshidrata y pierde gran parte de su espesor. Además del tiempo se pueden controlar los tiempos de secado y eso ayuda a generar unas láminas más gruesas que otras pero el resultado no es preciso.

Pigmentación

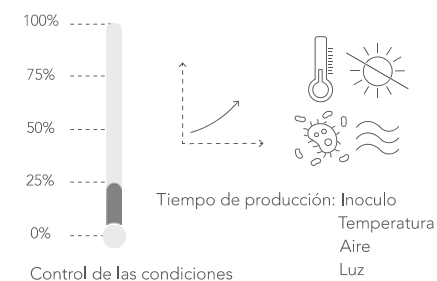


La pigmentación es una de las características que si se pueden modificar añadiendo colorante directamente al cultivo una vez que la lámina ya ha sido creada. Este pigmento puede ser natural o sintético.

Tiempo de producción

El tiempo que tarda en generarse una membrana se puede controlar parcialmente, esto quiere decir que se pueden mejorar las condiciones del cultivo y el entorno para

Fig. 180 Pigmentación

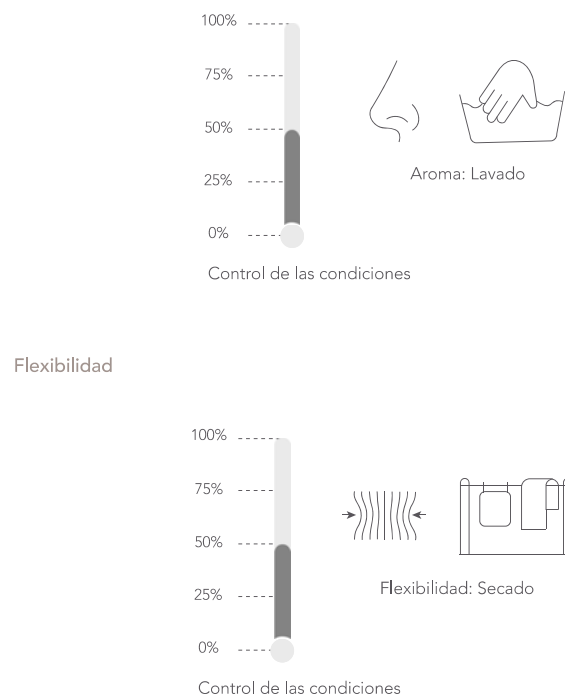


hacerlo fértil. El tiempo de producción depende en gran medida de la temperatura ambiental, la presencia de aire, la cantidad de luz que incide sobre el cultivo y el tipo y cantidad de inóculo. Pero estos cuatro factores no siempre se pueden controlar en un entorno doméstico. Por ejemplo la temperatura no se puede manipular añadiendo una fuente de calor cerca del cultivo ya que esto propicia el crecimiento de otro tipo de microorganismos nocivos para el objetivo deseado. Tampoco es posible acercar al cultivo un foco que emita calor ya que este debe permanecer sin luz directa, ni solar ni eléctrica, la oscuridad es una de las características de habitabilidad que los microorganismos requieren.

Aroma

Cuando las membranas son extraídas de su medio líquido poseen un aroma peculiar, entre alcohol y vinagre. Es posible minimizar este aroma si se lavan con jabón neutro y se enjuagan antes de poner a secar, aunque el aroma nunca llega a desaparecer completamente.

Fig. 181 Tiempo de producción

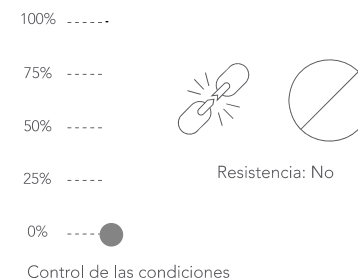


Gracias a la experimentación llevada a cabo es posible afirmar que la flexibilidad esta relacionada en gran medida al tiempo de secado del material. Si se deshidrata más de

Fig. 182 Aroma
Fig. 183 Flexibilidad

la cuenta, el material se vuelve poco flexible y quebradizo. Si por el contrario se deja secar bien pero sin llegar al extremo el material permanece flexible y manipulable. Aun así cada una de las láminas posee diversas características y esto se debe a la composición de la cerveza, el té o el vino, si los insumos no son iguales tampoco pueden arrojar láminas idénticas.

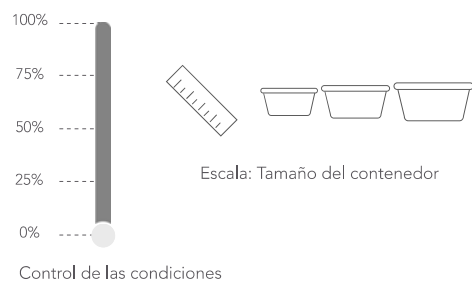
Resistencia



Hasta el momento no es posible mejorar la resistencia de las membranas. Se podría mejorar de dos modos, uno modificando genéticamente a los microorganismos para que arrojen el resultado deseado y otro sería mezclar la membrana con aglutinantes y plastificantes. Pero en el primer caso se requiere de un conocimiento y entorno muy especializado que se aparta de este tema de investigación y en el segundo supuesto el mezclar con ingredientes externos haría que el proceso biológico fuera innecesario y tampoco es lo que se busca.

Fig. 184 Resistencia

Escala



La escala si es controlable, las membranas adoptan el tamaño y la forma del recipiente que contiene al cultivo.

Textura

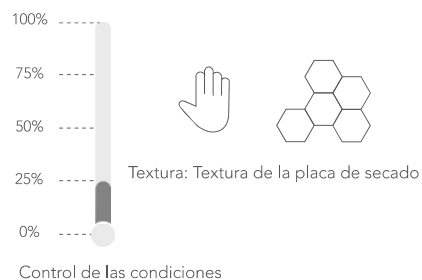
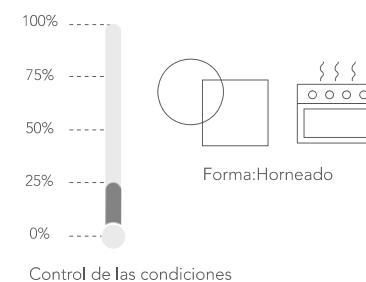


Fig. 185 Escala
Fig. 186 Textura

Es posible dar textura a una lámina biológica si esta se coloca en una superficie texturizada durante su proceso de secado y se pueden fabricar placas de secado con la textura deseada. Sin embargo dar textura al material podría reducir la flexibilidad del material, ya que este no se debe mover de la placa de secado hasta que este completamente seco y el no mover el material constantemente durante el secado ocasiona puede ocasionar deshidratación excesiva.

Forma



Esta forma hace referencia a crear una forma fija una vez que el material esta seco. Hasta el momento se ha experimentado con la cocción en un horno doméstico y efectivamente el material toma la forma del molde donde se hornea pero a su paso pareciera quemarse y se vuelve muy frágil. Sin el horneado el material pareciera tener memoria de forma, se puede doblar o aplastar pero al momento en que se estira no quedan rastros de esta manipulación.

Fig. 187 Forma

Capítulo cuarto

PERSPECTIVAS MATERIALES

En esta sección se exploran posibles usos para las láminas. Hay que resaltar que los usos propuestos no son en modo alguno la conclusión material de esta investigación, tampoco son usos absolutos y mucho menos definitivos. Este ejercicio más que reducir el desarrollo de un material a una lista de objetos, busca retroalimentar y permitir seguir conociendo al material desde un ángulo distinto de los hasta ahora explorados. Los objetos que se presentaran son solo una pequeña muestra de las infinitas posibilidades objetuales a las que se puede llegar, recordando que el diseño de objetos tampoco es el objetivo de esta tesis, la cual se centra en el desarrollo de láminas de origen biológico, no en su aplicación.

Se decidió llamar a esta sección perspectivas materiales, ya que la palabra perspectiva se puede definir como un punto de vista desde el cual se analiza un asunto, o como un proyecto con posibilidades para un futuro (Real Academia Española, s.f., definición 1 y 5). Estas definiciones ayudan a reforzar lo antes mencionado. Los objetos desarrollados tienen la intención de proponer escenarios futuros que inciten a la reflexión, la crítica, la curiosidad y el debate.

En otro orden de ideas se tomó la decisión de que los objetos fueran reales, no ficciones digitales, ya que la interacción con el material es el único camino que va a decir si las propuestas son viables o no. A pesar de ello hay que recordar que diseñar y construir estos objetos no es la finalidad de haber creado las láminas biológicas, este es solo un paso más en el panorama total de la investigación, un paso que sobre todo invita a reconsiderar la cultura material.

Primeramente se hace una breve descripción de los objetos y después se anexan isométricos y fotografías para mostrar cada una de las perspectivas materiales creadas.

Perspectiva 1

Realizada con una lámina completa de té, esta luminaria se enfoca en aprovechar el conocimiento obtenido mediante el protocolo de análisis y la posterior evaluación de resultados; apartados donde se aprendió que el material tolera la cercanía a un foco. Además de asentarse como diseño previamente informado, no aleatorio, otro objetivo que busca esta exploración es crear con modificaciones mínimas al material.

Perspectiva 2

El objeto esta compuesto por dos piezas centrales, un tejido de láminas biológicas y la estructura de la luminaria. En esta segunda perspectiva material se estudia la posibilidad de unir fragmentos de distintos tipos de lámina. Para ello se recurre a un tejido formado por la intersección modular y se compone de:

- Lámina de té
- Lámina de té pigmentada. Pigmento textil, color azul
- Lámina de cerveza pigmentada. Pigmento grado alimenticio, color verde

Perspectiva 3

El tercer objeto, hecho con lámina de vino tinto, se concibe con la intención de poner a prueba la capacidad del material para ser cortado con láser. Con ello en mente se diseña una cartera plegable que no requiera de costuras sino que el pliegue sea precisamente lo que la estructure.

Perspectiva 4

Se trata de una prenda de vestir realizada por la Mtra. Áurea Martha Bucio Ramos. Esta pieza sirve para entender el posible uso que otros diseñadores le dan al material. Más adelante se añadirá una breve semblanza para entender mejor su postura.

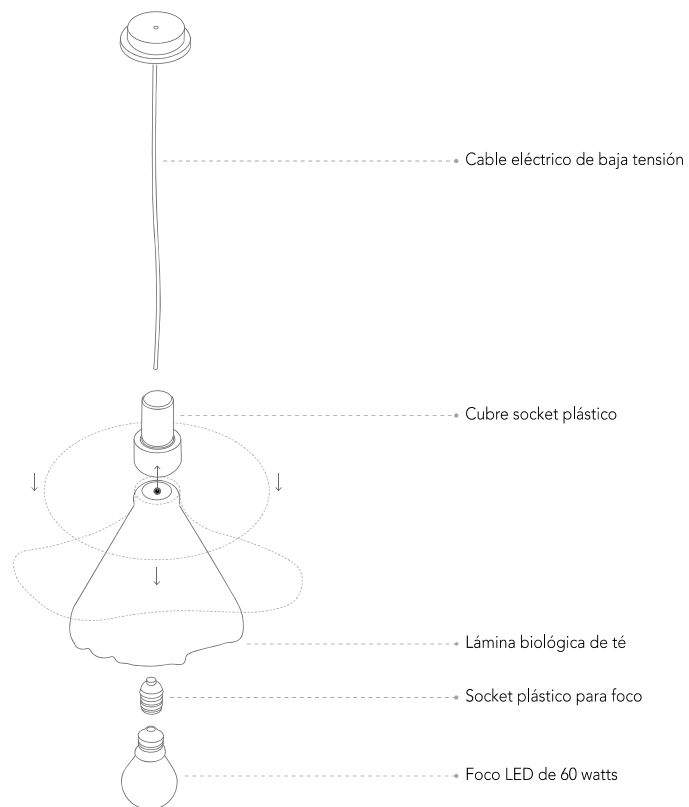


Fig. 188 Isométrico perspectiva 1



Fig. 189 Perspectiva 1, luminaria



Fig. 190 Perspectiva 1, luminaria
En página opuesta Fig. 191 Isométrico perspectiva 2

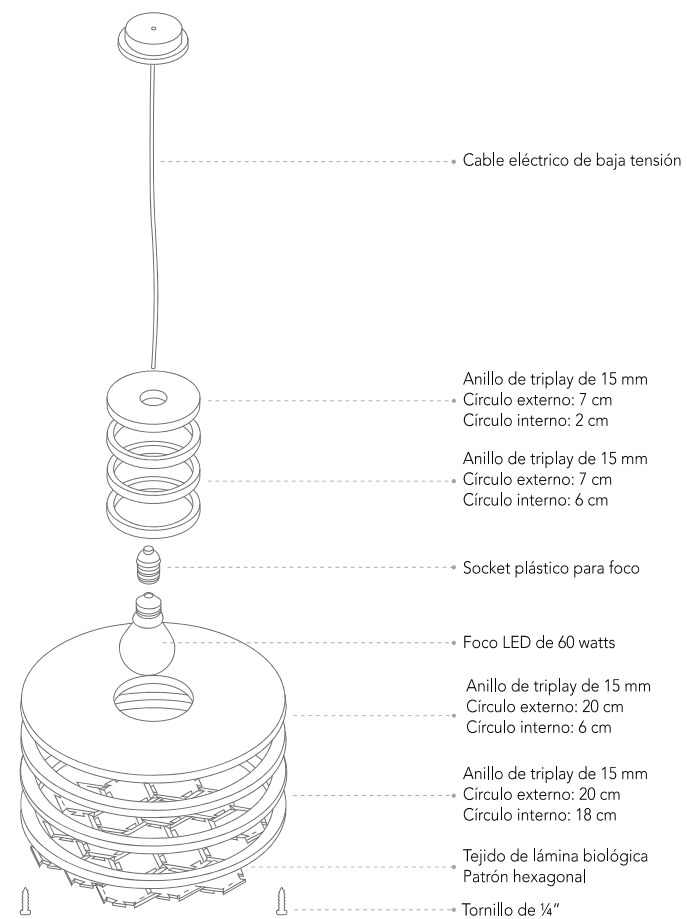




Fig. 192 Perspectiva 2, luminaria



Fig. 193 Perspectiva 2, tejido de láminas biológicas

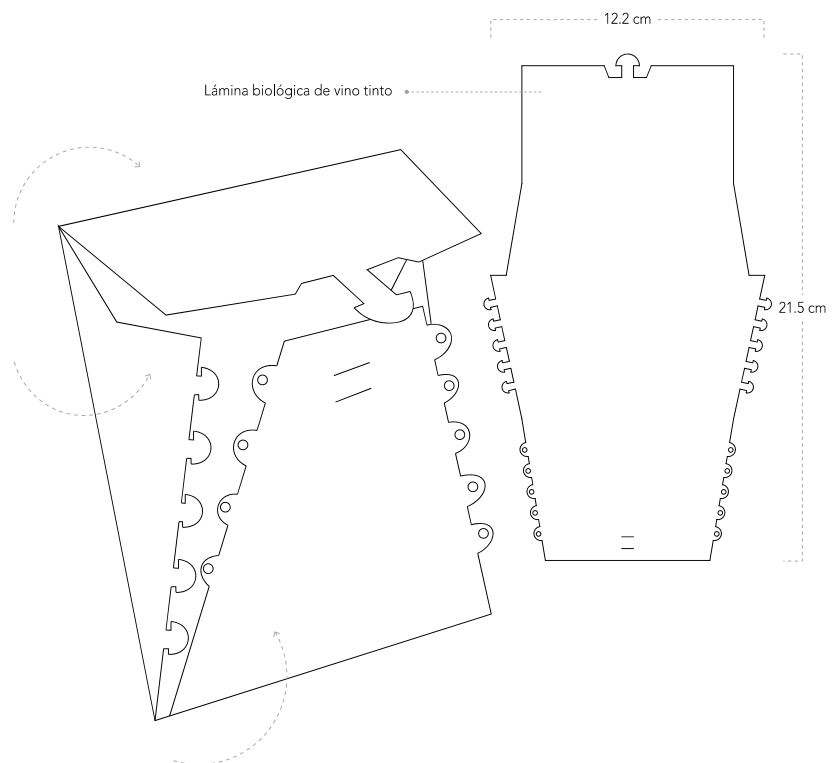


Fig. 194 Isométrico perspectiva 3



Fig. 195 Perspectiva 3, corte láser

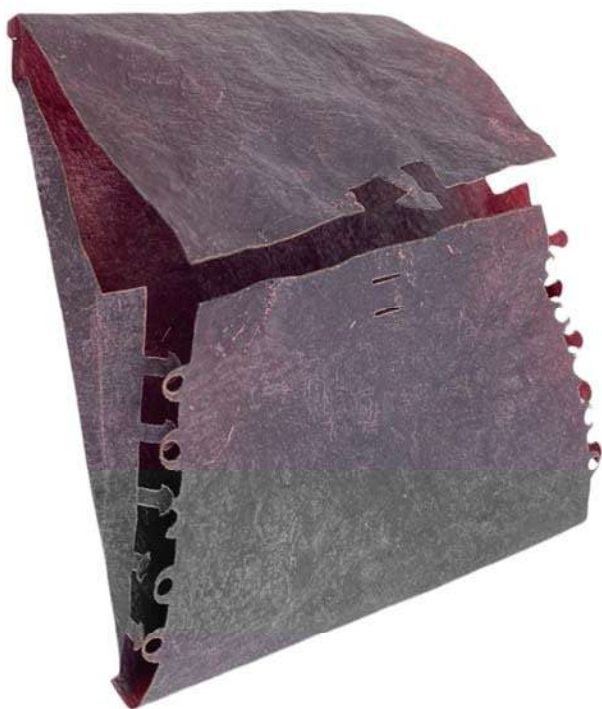


Fig. 196 Perspectiva 3, cartera plegable

Perspectiva 4 - Semblanza a la Mtra. Áurea Martha Bucio Ramos

Áurea Bucio es arquitecta de profesión y tiene una maestría en Arte y Arquitectura por la Universidad Politécnica de Cataluña, en Barcelona, España, donde también realizó de estudios Análisis Territorial en el IAAC. Ha sido beneficiaria de diferentes estímulos, como "Apoyo para estudios en el Extranjero", en 2008, por el Fondo Nacional para la Cultura y las Artes, "Educación por las Artes", en 2006, por el Instituto Nacional de Bellas Artes, y "Jóvenes Creadores", en 2005, por la Secretaría de Cultura del Estado de Michoacán. En el año 2016, uno de sus diseños, "Suéter de lana con telar de cintura", obtuvo el 2do lugar en el 4o Concurso Nacional de Textiles FONART. En el 2008, fue comisionada a abrir el programa de Arquitectura del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Morelia, siendo Directora Fundadora. Hasta el 2014, fue catedrática en dicha institución. Actualmente sigue su labor docente en la licenciatura de Arte y Diseño de la UNAM. Su obra y proyectos de investigación han sido expuestos en diferentes exhibiciones como el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona (Barcelona, España), Centro Cultural Clavijero (Morelia, México), Museo del Objeto del Objeto (CDMX), The Mexican Cultural Institute, Washington D.C., USA, etc. "Áurea Bucio" es además de una marca de ropa, un estudio y taller que desarrolla además de proyectos textiles; diseño y arquitectura. Una constante exploración territorial de Michoacán y sus los materiales locales, experimentando con ellos y como aplicarlos a una estética actual, siempre con un lenguaje cercano al croquis arquitectónico que resuelve a la vez, "lógicas" constructivas y de diseño. A la fecha, el estudio del mismo nombre ha formado parte de múltiples selecciones de diseño y obtenido varios reconocimientos a su quehacer.



Fig. 197 Perspectiva 4, prenda de vestir por Mtra. Áurea



Fig. 198 Perspectiva 4, prenda de vestir por Mtra. Áurea



Fig. 199 Perspectiva 4, prenda de vestir por Mtra. Áurea

Debido a la proximidad de este capítulo con las conclusiones de la tesis se va a reservar la reflexión que estas perspectivas materiales suscitan, evitando así fútiles repeticiones.

Capítulo cuarto

CONCLUSIONES

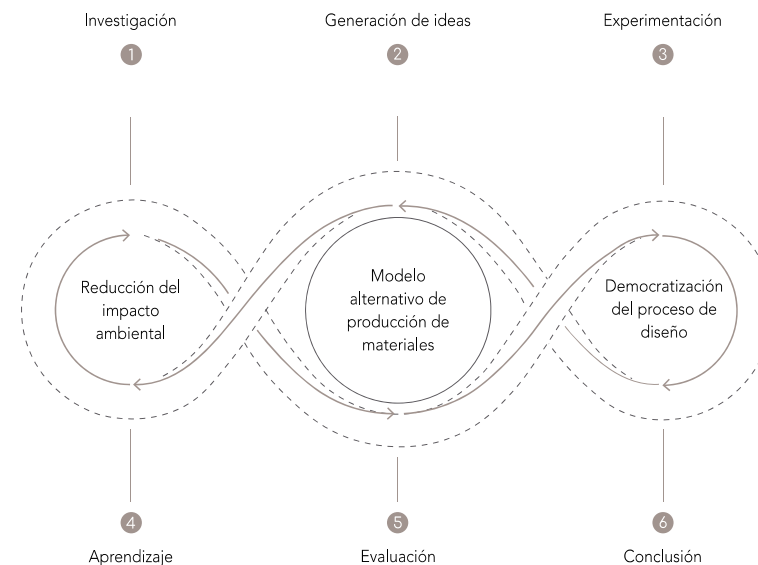
La verdadera respuesta a la crisis ecológica solo podrá hacerse a escala planetaria y a condición de que se realice una auténtica revolución política, social y cultural que reoriente los objetivos de la producción de los bienes materiales e inmateriales (Guattari, 1996).

Para finalizar esta investigación se presentan a modo de conclusión y de manera conjunta: reflexiones, conclusiones técnicas y escenarios utópicos, así como una breve recapitulación del trabajo desarrollado, entre otras cosas. Se decidió presentar esta diversidad de ideas simultáneamente con la intención de homogeneizar el cierre en lugar de segmentarlo, de cualquier modo todas las ideas que se van a desarrollar están en estrecha relación y todas tienen la misma finalidad, presentarse como parte del desenlace.

Antes de pasar a ello se muestra un resumen de las principales acciones llevadas a cabo durante la elaboración de esta tesis, este resumen gráfico (Fig. 201) también contempla algunos de los conceptos rectores que guiaron la investigación.

Desde el fondo del océano hasta los picos del Himalaya, la masiva acumulación de plásticos y su casi ubicua presencia en cualquier entorno constituye uno de los mayores problemas medioambientales que amenazan al planeta (Barral, 2021). En la actualidad la humanidad afronta una crisis ambiental ocasionada en gran medida debido a procesos productivos basados en el consumo. Esta crisis es una llamada de atención y una oportunidad para devenir hacia una lógica ambiental coherente.

Bajo esta premisa la investigación se enfocó en explorar procesos disruptivos para crear una alternativa material cuyo impacto ambiental fuera menor en comparación con los materiales de origen petroquímico. Para lograrlo se elaboró un proceso de diseño experimental que sirvió como la herramienta que permitió obtener un material, el cual fue nombrado: lámina de origen biológico. Este tipo de material propone que



los microorganismos, hongos y bacterias, sean quienes fabrican el material. Esta noción es posible mediante un proceso biológico que explora la idea de diseñar empleando la biología.

Es momento de retomar el objetivo de esta investigación: Mostrar que es posible generar una nueva cultura material a partir del desarrollo de láminas de origen biológico.

Fig. 200 Acciones y conceptos rectores

El objetivo se logró primeramente al probarse la viabilidad de un modo alternativo para crear un material y segundamente al desarrollar un proceso coherente con una nueva cultura material.

La nueva cultura material que se expone constantemente esta tesis se centra en la idea de alejarse de los métodos convencionales de producción, centrarse en procesos biológicos y sobre todo permitir que cualquier persona pueda replicar los procesos, es por ello que se también se menciona a menudo el entorno doméstico. El entorno doméstico como símbolo de replicabilidad de procesos donde no es necesario ser un experto ni en diseño ni en biología, y donde tampoco se requiere de insumos ni instrumentación altamente especializada. La idea de desarrollar un material en el espacio doméstico acerca a las personas a ser parte de la solución para minimizar el impacto ambiental y también es una manera de trabajar en un entorno con el que cualquiera esta familiarizado.

Las lógicas de producción doméstica se asientan como un sistema alternativo que ayuda a consolidar una nueva cultura material ya que demuestran no únicamente que se pueden producir materiales de otra manera pero también hacen replantearse los modos de hacer contemporáneos, lo que se toma, se consume y se desecha. Esta lógica de producción doméstica y alternativa es una condición de resistencia que pone en evidencia lo insostenible que es el modelo de economía lineal preponderante y la necesidad que hay por cambiar la manera en que se hacen las cosas. Las láminas elaboradas son la prueba que desde lo doméstico es posible disociar la producción de materiales del consumo de recursos finitos.

A su vez la producción de láminas de origen biológico representa un cambio de paradigma al plantear un material centrado en cultivar y hacer crecer en lugar de manufacturar industrialmente a partir de recursos fósiles. La idea de cultivo y crecimiento habla a su vez de la desaceleración de los procesos a la par que cuestiona los procesos centrados en la eficiencia. Sin embargo la desaceleración que proponen las láminas biológicas no hacen referencia exclusivamente al tiempo, se trata también

de un concepto que busca ralentizar el uso de recursos para generar bienestar medioambiental, es una manera de diseño que sirve como contrapeso al paradigma actual de producción el cual se centra en la industrialización y el consumo. Esto se puede asentar de manera más precisa mencionando algunas de las ventajas de diseñar con biología:

- Obtención de un material cultivado que es vegano, biodegradable, compostable y cuyo impacto ambiental es menor a los materiales convencionales.
- Retornar a la idea del espacio doméstico como espacio creativo y productivo, no únicamente como un centro de consumo.
- Proyectar futuros materiales cercanos.
- Explorar el diseño desde su cualidad experimental y no únicamente funcional
- Crear en armonía con el ecosistema.

Lo anterior ayuda a consolidar la noción de que las lógicas de producción tanto biológica como doméstica se asientan como un sistema alternativo que propicia la transformación cultural.

Sin embargo no se debe malinterpretar el uso de la escala doméstica como un elemento que cierra las posibilidades de crecimiento. Para la finalidad de esta investigación y debido al alcance planteado se determinó concluir así la experimentación pero esto no significa que se este en contra de llevar el mismo sistema de producción a otras escalas, es por ello que en un ejercicio especulativo se va a analizar la migración de la escala doméstica a la industrial. Para que el cambio de escala no sea una mera invención se considera apropiado empezar a entender el impacto ambiental que generan las láminas, de esta manera es más sencillo identificar áreas de oportunidad y también ayuda a hacerse una idea más acertada de las consecuencias y virtudes de la escalabilidad. Para conocer el impacto se evalúan los siguientes factores: insumos, proceso productivo y fin de vida.

Insumos: Hacen referencia a los elementos con los cuales se prepararon los cultivos.

Se van a evaluar la cerveza, el vino tinto y el vinagre de manzana por ser los que se usaron en mayor cantidad y los que mayores impactos podrían arrojar. Este apartado de insumos se desglosa a su vez en:

Haciendo alusión al vinagre de manzana, la cerveza y el vino tinto:

- Tipo de producto
- Marca del producto
- Lugar de origen
- Lugar de adquisición
- Tipo de envase

Haciendo alusión a la principal materia prima con que se fabrica el vinagre de manzana, la cerveza y el vino tinto (manzana, cebada y uva). Se decidió analizar la materia prima de los insumos ya que los datos estadísticos son mayores y más precisos; la información proviene de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el año de estudio corresponde al 2018.

- Producción en toneladas: Cuantas toneladas de manzana, cebada y uva se produjeron en el 2018.
- Uso de suelo: Cuantos metros cuadrados de suelo agrícola requiere el cultivo de 1 kilogramo de manzana, cebada y uva.
- Litros de agua dulce que se requieren: Cuantos litros de agua requiere el cultivo de 1 kilogramo de manzana, cebada y uva.
- Emisiones de gases de efecto invernadero: Cuanto dióxido de carbono emite el cultivo de 1 kilogramo de manzana, cebada y uva.

Proceso productivo: El proceso productivo llevado para todas las láminas creadas es biológico. De manera muy simple esto se refiere a la aplicación de la biología para cultivar y hacer crecer, en este caso, un material.

Fin de vida: Se trata de un material biodegradable y compostable, aunque el tiempo exacto de su descomposición aún no es preciso. El término biodegradable se refiere a la capacidad del material para descomponerse a través de organismos vivos mientras que el término compostable tiene un beneficio más, que se descompone en nutrientes para el suelo.

En la página siguiente se muestran los datos duros que sustentan el análisis de impacto ambiental, sobre todo en lo referente al apartado de insumos (Fig. 202, 203 y 204).

Páginas subsecuentes:

Fig. 201. Análisis de impacto ambiental de la cerveza

Fig. 202 Análisis de impacto ambiental del vino

Fig. 203 Análisis de impacto ambiental del vinagre de manzana



Producto: Cerveza artesanal / Marca: Cervecería Allende / Envase: Vidrio



Producto: Vino tinto / Marca: Don Simon / Envase: Cartón natural con certificación FSC



Producto: Vinagre de manzana / Marca: Bragg / Envase: Vidrio

Como se observa a partir del análisis de impacto ambiental mostrado es imposible decir que las láminas tienen un impacto ambiental nulo o que no emiten gases efecto invernadero durante su producción, ya que esto no es enteramente cierto. Algunos de los insumos usados para generar láminas provienen del extranjero y en cuanto a los nacionales a pesar de ser productos mexicanos se adquieren en grandes cadenas de supermercados, lo que implica grandes costos ambientales de transportación e infraestructura.

Sin embargo antes de llegar a la conclusión de que las láminas no son un material sustentable es importante mencionar que la gran mayoría de los insumos necesarios se pueden producir en casa, se puede hacer vino y vinagre casero sin necesidad de recurrir a marcas comerciales. Otra manera de minimizar el impacto es utilizar únicamente productos nacionales o incluso adquirirlos con pequeños productores, por ejemplo el vinagre de manzana es fácil de conseguir en mercados locales hecho por marchanatas, la cerveza artesanal de San Miguel de Allende se puede cambiar por una cerveza artesanal moreliana y así sucesivamente hasta lograr reducir los costos ambientales.

Con el estudio de impacto ambiental en mano llega el momento de especular sobre el cambio de escala de lo doméstico a lo industrial, para ello no se presentarán cifras estadísticas ya que hasta el momento no se cuenta con esa información y la idea es bastante innovadora como para encontrar información al respecto, de hecho lo que se va a plantear se acerca más a la utopía que a la realidad, se trata de una especulación gráfica de una fábrica de materiales biológicos que representa la ruptura con lo doméstico y la migración a lo industrial (Fig. 205). Se dice que esta fábrica es utópica no por que sea inviable más bien por que se estima que la operatividad de la misma sea sustentable en cada una de sus operaciones.

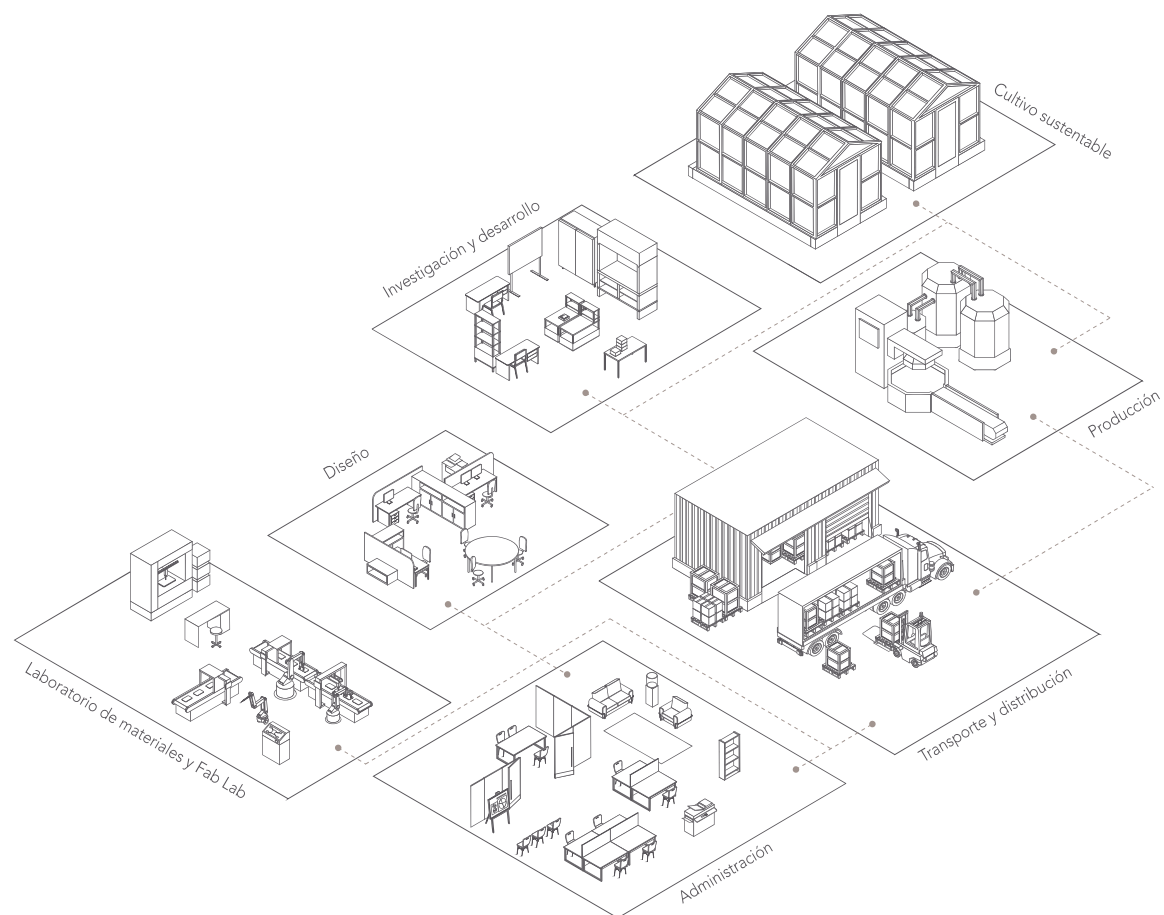


Fig. 204 Fábrica de láminas biológicas

Con o sin cambio de escala es necesario plantear la idea de que las láminas biológicas no son la solución definitiva a los problemas medioambientales que se enfrentan en la actualidad, aunque sí son un mecanismo necesario de desaceleración y reducción del deterioro ambiental.

Las láminas biológicas producidas en la escala doméstica parecen ser inofensivas, ambientalmente hablando, pero hay que considerar que la producción a gran escala suele desencadenar otra serie de problemas.

Uno de los principales problemas de la masificación es la presión que se generaría en el suelo agrícola. Por ejemplo, si se pensará producir láminas en tal cantidad que pudieran ser el reemplazo a muchos plásticos se estaría reduciendo considerablemente la presión sobre los recursos fósiles pero se comenzaría a ejercer más presión sobre la tierra cultivable. Esta presión iría acompañada de erosión, uso de pesticidas y por lo tanto emisiones de eutrofización y también podría plantear una competencia alimenticia ya que todos los insumos usados para producir láminas son comestibles. El reemplazo de los recursos fósiles por productos agrícolas parece ser un intercambio sustentable pero cuando la producción crece lo único que sucede es que la presión se traslada de un recurso a otro.

El escenario comienza a ser devastador y más con la investigación llegando a un final inminente pero tampoco es motivo de alarma ya que el material desarrollado sigue teniendo un impacto mucho menor en comparación con los materiales de origen petroquímico, los cuales son nocivos en cada etapa de su ciclo de vida (para evitar la repetición se van a obviar los datos duros que respaldan lo mencionado ya que esta información se presentó en la sección correspondiente a la justificación a través del problema de diseño). Otro factor a favor de las láminas es la posibilidad de producirlas de manera aún más sustentable si los insumos son locales.

También es importante resaltar que las láminas biológicas no son la única manera alternativa de hacer las cosas, probablemente son la punta del iceberg en cuanto a

biomateriales se refiere y es posible encontrar múltiples soluciones para generar materiales cuyo impacto ambiental sea menor.

En otro derrotero para robustecer las conclusiones se va a contextualizar la producción de láminas tomando como referencia el lugar en el que se ha realizado toda la experimentación y producción material: Morelia, Michoacán. Para ello se hace un ejercicio que considera vincular el proceso biológico a la latitud, pero ¿Qué tiene que ver la latitud con las láminas? Durante el proceso experimental se detectó que la fermentación y por ende la producción de láminas funciona mejor cuando la temperatura es cálida y la humedad en el ambiente es menor. Esta observación se refuerza con la investigación, la suma de las dos indica que la temperatura ideal para el proceso de fermentación oscila de los 25°C a los 30°C. La latitud está en estrecha relación con este parámetro ya que el clima es un fenómeno que involucra un conjunto de condiciones entre ellas la latitud, la cual se refiere a la distancia que hay entre un punto, por ejemplo Morelia, y el ecuador. La latitud también es la encargada de determinar la cantidad de energía solar que recibe un lugar determinado, es por ello que las zonas distantes del ecuador se caracterizan por tener un clima frío y las zonas cercanas al ecuador tienen altas temperaturas.

De manera general la latitud se divide en tres zonas térmicas que son:

- Zona cálida: Se localiza entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio. Esta zona tiene un clima tropical y sus ecosistemas son la selva, la sabana y el desierto.
- Zona templada: Se localiza entre los Trópicos y los Círculos. Esta zona tiene un clima templado, subtropical y subpolar y sus ecosistemas son los bosques, las praderas y los desiertos.
- Zona polar: Se localiza en el Círculo Polar Ártico y en el Círculo Polar Antártico. Esta zona tiene un clima frío y su ecosistema son las tundra.

Yendo de lo general a lo particular, México se encuentra atravesada por el Trópico de Cáncer, esto quiere decir que el país cuenta con dos zonas térmicas, la zona templada

en el norte y la zona tropical. Mientras que Morelia se ubica debajo del Trópico de Cáncer por lo que su zona térmica es cálida.

Por lo tanto se reflexiona sobre la posibilidad de plantear un proceso biológico congruente a la latitud donde las zonas que compartan la misma zona térmica (Fig. 206) que Morelia pudieran ser lugares idóneos para cultivar materiales de manera eficiente.

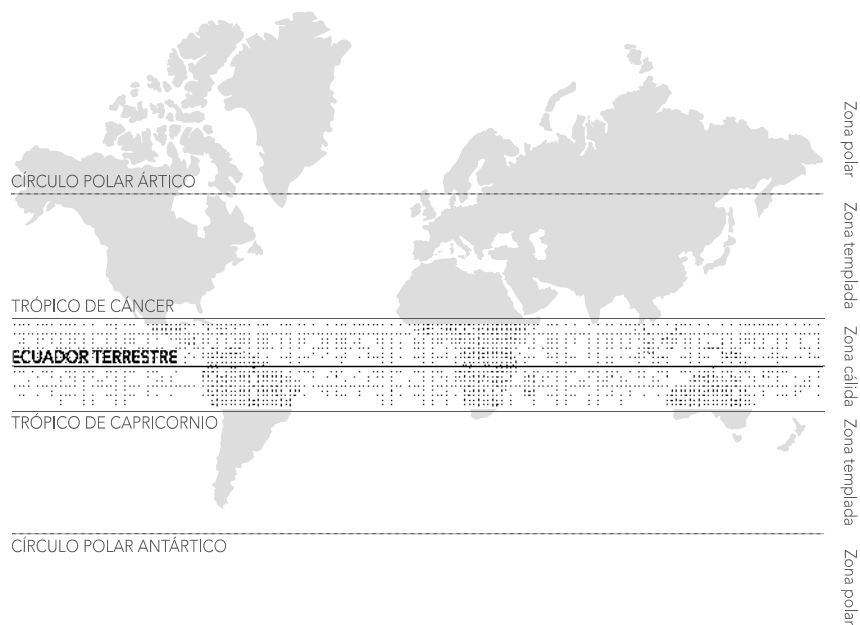


Fig. 205 Mapa de zonas térmicas

A pesar de que ese planteamiento solo involucra la latitud también se van a mencionar las peculiaridades del clima de Morelia, el cual se clasifica como cálido templado y de acuerdo a la clasificación Köppen-Geiger es Cwb, donde la "C" corresponde a templado, la "w" hace referencia a inviernos secos y fríos y la "b" habla de un verano suave sin temperaturas extremas. Y la latitud exacta de la ciudad es de 19° 42' 2" Norte. Esta minuciosa descripción podría ayudar a buscar ciudades ubicadas en la zona térmica cálida que además compartan más similitudes climatológicas con Morelia, por que es evidente que dentro de la misma zona térmica hay variedad de climas y ecosistemas.

Como se puede observar de los elementos concluyentes aún queda mucho por hacer, la temática desarrollada en esta tesis invita a continuar experimentando y se asienta como un punto de partida o continuación para otras personas interesadas en el tema. Por ello es oportuno mencionar lo que es perfectible o tiene posibilidades para una investigación futura:

- Estandarizar más el proceso productivo para lograr que los resultados sean idénticos entre sí, sin variaciones entre un cultivo y otro.
- Estabilizar el material de manera que no sufra cambios relacionados al clima y la humedad, encontrar una manera de congelar su apariencia.
- Fermentación con residuos para no generar competencia alimenticia.
- Aprender controlar tiempos de producción.

Solo queda una cosa por decir, ¡Si hay otra manera de hacer las cosas!

REFERENCIAS

- Antonelli, P. y Burckhardt, A. (2020). *The Neri Oxman Material Ecology Catalogue*. Museum of Modern Art
- Azoulay, D., Villa, P., Arellano, Y., Gordon, M., Moon, D., Miller, K., y Thompson, K. (2019). *Plastic Health*. Center for International Environmental Law
- Barral, M. (2021). Nuevas soluciones al problema de los plásticos. BBVA Open Mind. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/nuevas-soluciones-problema-de-los-plasticos/>
- European Bioplastics. (2018). Global production capacities of bioplastics 2018-2023. https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report_Bioplastics-Market-Data_2018.pdf
- Fundación Heinrich Böll y Break Free From Plastic. (2019). *Atlas del plástico*. Fundación Heinrich Böll San Salvador
- Geyer, R., Jambeck, J. y Lavender, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Giacovelli, C. (2018). Single-use plastics: A Roadmap for Sustainability. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/es/resources/informe/plasticos-de-un-solo-uso-una-hoja-de-ruta-para-la-sostenibilidad>
- Guattari, F. (1996). *Las tres ecologías*. Pre-Textos
- Iñigo, B. et al. (2004). *Microbiología enológica. Fundamentos de vinificación*. Madrid, España: Mundi-Prensa

- Karana, E., Pedgley, O. y Rognoli, V. (2013). *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*. Butterworth-Heinemann
- Katz, S. (2012). *El arte de la fermentación*. Gaia Ediciones
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. y Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. The World Bank Group
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R. y Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, (8)4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Letcher, T. (2020). *Plastic Waste and Recycling*. Academic Press
- Max-Neef, M., Elizalde, A. y Hopenhayn, M. (1986). *Desarrollo a Escala Humana una opción para el futuro*. CEPALUR y Fundación Dag Hammarskjöld
- Muffett, C., Hamilton, L., Feit, S., Kelso, M., Rubright, S., Bernhardt, C., Schaeffer, E., Morris, J. y Labbé-Bellas, R. (2019). *Plastic & Climate*. Center for International Environmental Law
- Myers, W. (2012). *Bio Design: Nature + Science + Creativity*. Museum of Modern Art
- Niinimäki, K., Groth, C. y Pirjo Kääriäinen. (2018). *New Silk: estudio de los puntos de contacto entre la ciencia de materiales, la biología sintética, el diseño y el arte*. *Temas de Disseny*, (34), 34-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6814859>

Olga, P. (2013). Evaluación de la producción de celulosa por *Acetobacter Xylinum* en presencia de melaza de caña bajo condiciones estáticas y/o flujo de aire intermitente [Tesis de maestría, Universidad de la Sabana]. Repositorio de la Maestría en Diseño y Gestión de Procesos

Real Academia Española. (s.f.). Perspectiva. En Diccionario de la lengua española. Recuperado en 5 de octubre de 2021, de <https://dle.rae.es/perspectivo>

Ritchie, H., Roser, M. (Septiembre de 2018). Plastic Pollution. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

Rognoli, V. y Ayala, C. (2018). Material activism. New hybrid scenarios between design and technology. Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación, 1(70), 105-115. <http://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi70.1143>

Schwas, K. (2017). La Cuarta Revolución Industrial. Debate

Sevilla, G. (2011). Actas de diseño: La Experimentación en el Diseño Industrial. Universidad de Palermo

The World Counts. (2021). Number of plastic bags produced worldwide, this year. <https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/waste/plastic-bags-used-per-year/story>

BIBLIOGRAFÍA

Brownell, B. (2017). Transmaterial Next: A catalog of materials that redefine our future. Princeton Architectural Press

Condell, C., Lipps, A., McQuaid, M. y Bertrand, G. (2019). Nature: Collaborations in Design. Cooper-Hewitt Museum

Franklin, K. y Till, C. (2018). Radical Matter: Rethinking Materials for a Sustainable Future. Thames & Hudson

Hebel, D. y Heisel, F. (2017). Cultivated Building Materials. Birkhäuser

Karana, E. Barati, B., Rognoli, V. y Zeeuw van der Laan, A. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. International Journal of Design, 9(2), 35-54. <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1965/693>

Lee, J. (2014). Material Alchemy. BIS Publishers

Lee, S. (2020). Understanding "Bio" Material Innovations. Biofabricate and Fashion for good

Ribul, M. (2013). Recipes for material activism. <https://www.miriamribul.com/recipes-for-material-activism>

Peters, S. (2012). Material Revolution: Sustainable Multi-Purpose Materials for Design. Birkhäuser

Solange, S. (2018). Why Materials Matter. Prestel