



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA**
Unidad Xochimilco

**División de Ciencias y Artes para el Diseño
Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño
Área de Sustentabilidad Ambiental**

Estrategia de ecodesarrollo de *biocomposites* con lirio acuático.

Una propuesta de diseño integral sustentable para San Gregorio Atlapulco, CDMX

Idónea Comunicación de Resultados que
para obtener el grado de Maestría, presenta:

D. I. Ricardo González Islas

Tutor: Dr. José Luis Lee Nájera



Ciudad de México, diciembre de 2021



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO División de Ciencias y Artes para el Diseño

Ciudad de México 24 de noviembre de 2021

DRA. JUANA MARTÍNEZ RESÉNDIZ
COORDINADORA DEL PROGRAMA DE MAESTRIA
EN CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Presente.

Me permito comunicar a usted que a solicitud del alumno (a): **Ricardo González Islas**, del Programa de Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño, he revisado y confirmo que la Idónea Comunicación de Resultados (ICR)/Tesis: *“Estrategia de ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático. Una propuesta de diseño integral sustentable para San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México”* es la versión final, contiene el resumen, las palabras clave y cumple con los requisitos para formar parte del repositorio institucional de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Atentamente

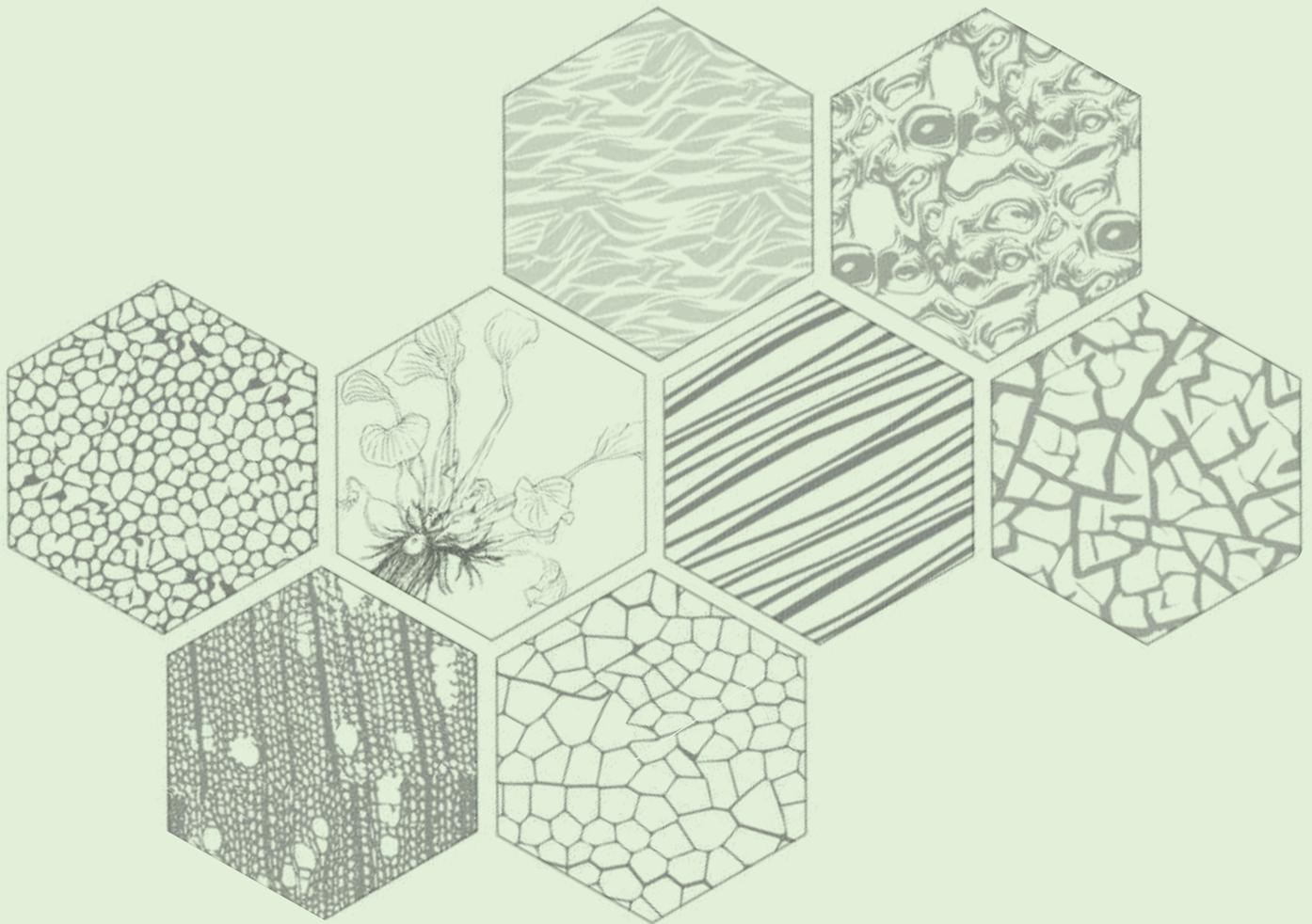
Dr. José Luis Lee Nájera

Nombre y firma del Director (a) de ICR/Tesis.

Estrategia de **ecodesarrollo** de **biocomposites** con lirio acuático.

Una propuesta de diseño integral sustentable para San Gregorio Atlapulco, CDMX

Ricardo González Islas



Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA**
Unidad Xochimilco

División de Ciencias y Artes para el Diseño
Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño
Área de Sustentabilidad Ambiental

Estrategia de ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático.
Una propuesta de diseño integral sustentable para San Gregorio Atlapulco, CDMX

Idónea Comunicación de Resultados que para
obtener el grado de Maestría, presenta:

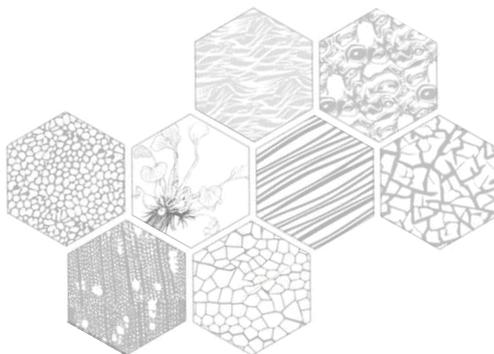
D. I. Ricardo González Islas

Tutor: Dr. José Luis Lee Nájera

Lector: Dr. Pablo Alberto Torres Lima

Coordinador de Área: Dr. Alberto

Cedeño Valdiviezo



Ciudad de México, diciembre de 2021

El contexto de crisis ambiental enmarca una tendencia creciente de búsqueda de alternativas de carácter sustentable como una propuesta-solución desde el enfoque transdisciplinario del diseño. El objetivo del presente trabajo consiste en la planeación de una estrategia de ecodesarrollo de *biocomposites*, utilizando lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como materia prima. El planteamiento estará inscrito dentro de un programa de investigación colectiva cuyo objetivo ulterior es el desarrollo comunitario integral sustentable de San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México. Teóricamente se realiza un abordaje desde el pensamiento complejo y el paradigma de la sustentabilidad, que deriva en una visión del diseño como actividad integral-sustentable, desde la perspectiva del desarrollo de nuevos materiales, apelando a movimientos como el activismo material y el ecodiseño. Se llevó a cabo una experimentación de tipo exploratorio sobre biobases y tratamientos sustentables para la fibra de lirio acuático con el fin de establecer las formulaciones óptimas para la elaboración de *biocomposites*. A partir de ello se obtuvieron siete *biocomposites* con diferentes propiedades, los cuales se pueden emplear con diversos procesos para la producción de objetos de diseño sustentables. Con ello se realizó el planteamiento de un escenario prospectivo para trabajar estos procesos en comunidad de manera sustentable.

Palabras clave: biocomposites, ecomateriales, sustentabilidad, lirio acuático, estrategia, ecodesarrollo.

Abstract

The context of environmental crisis frames a growing trend of search for alternatives of a sustainable nature as a proposal-solution from the transdisciplinary approach of design. The objective of this work consists in planning an eco-development strategy for biocomposite materials using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as raw material. The approach will be part of a collective research program whose further objective is the integral sustainable community development of San Gregorio Atlapulco. Theoretically, an approach is made from complex thinking and the sustainability paradigm, resulting in a vision of design as an integral-sustainable activity, from the perspective of the formulation of new materials, appealing to movements like material activism and the ecodesign. An exploratory experimentation for biobases and sustainable treatments for the water hyacinth fiber was carried out to establish the optimal formulations for the elaboration of biocomposites. From this, seven biocomposites with different properties were obtained, which can be used with various processes for manufacturing sustainable design objects. With this, a prospective scenario was proposed to work these processes in the community in a sustainable way.

Keywords: biocomposites, ecomaterials, sustainability, water hyacinth, strategy, eco-development.

Agradecimientos

A quienes se encontraron más al pendiente de mi proyecto, así como formándome, corrigiéndome, motivándome y orientándome en cada sesión y charla, mi tutor José Luis Lee Nájera y mi asesor Pablo Alberto Torres Lima.

Al coordinador de área 3 -Sustentabilidad ambiental- el Dr. Alberto Cedeño y todo el personal académico, que a pesar de la situación de distanciamiento inédito, dedicó su tiempo y esfuerzo a su adaptación para la formación de nuevos investigadores en Ciencias y Artes para el Diseño.

Al personal administrativo que de igual manera y con gran atención, apoyó en cada uno de trámites correspondientes.

A las instituciones: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que aceptaron y apoyaron el proceso.

A quien pese a las circunstancias, hizo que todo lo pudiera en él, quien me fortalece.

Dedicatoria

A los seres que amo y quiero por sobre todas las cosas, presentes en este plano o ya ausentes: familia, novia, amigos, compañeros y mis perros, que además de sentir su apoyo, son fuente de inspiración y alentamiento para aprender, cuidar, cambiar, mejorar...

1. PRELIMINARES	
Introducción	7
Problema de investigación	9
Justificación	10
Delimitación	11
Relevancia, pertinencia y aportaciones	11
Hipótesis	12
Objetivos	12
Trayectoria de indagación	13
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	
Marco referencial	
Contextualización. San Gregorio Atlapulco, Xochimilco	15
Objeto de estudio: Lirio Acuático (<i> Eichhornia crassipes</i>)	18
Marco teórico: Complejidad, deterioro y propuestas ante la problemática ambiental	23
Desarrollo sustentable, integral sustentable y diseño integral sustentable	32
La forma de lo verde: estética y sustentabilidad	36
Consumo de productos sustentables	38
Marco conceptual	
Materiales, diseño y sustentabilidad	40
Circularidad	43
Upcycling	44
Activismo Material	45
Diseñadores de Materiales	45
Naturaleza del material	47
Estado del arte de <i>biocomposites</i>	48
3. RESULTADOS	
Estrategias para el ecodesarrollo de biocomposites	52
Estrategia de Planeación y Diseño	54
Estrategia de Morfogénesis de Diseño	63
Estrategia de planeación Prospectiva	81
4. CONSIDERACIONES FINALES	
Alcances y limitaciones	90
Conclusiones	93
Líneas de investigación futuras	94
Siguiendo Nivel	95
REFERENCIAS	96
ANEXOS	
I. Complementos de Marco Teórico	104
II. Complementos de Marco Conceptual	113
III. Metodología de simulación prospectiva	124
IV. Herramientas de medición de impacto de producto	127
V. Propuestas de diseño integral sustentable desde el campo de la arquitectura	129



Fuente: elaboración propia

1

PRELIMINARES



“El proyecto puede y debe convertirse en un medio por el cual los jóvenes puedan participar en la transformación de la sociedad”

Victor Papanek

Introducción

El contexto actual de crisis en los aspectos ambiental, social, cultural, económico e incluso sanitario -marcado por el último año, 2020- han sido consecuencia del desbalance que el desarrollo industrial ha traído consigo, al plantear el desarrollo en términos de capital y no de ecología. Un aumento de población ha sido clave en el agravamiento de las problemáticas dados los impactos promedio de cada habitante del planeta.

Con el acelerado incremento demográfico el consumo de recursos ha correspondido de igual manera. De acuerdo con fuentes como *The global footprint network (2020)*, el planeta tiene una biocapacidad promedio de 1.63 hectáreas globales (gha) y lo ideal sería tener una huella ecológica que no supere esa cantidad. Sin embargo, el promedio por persona es de 2.75 gha, lo cual representa un déficit de 1.1 gha. Hoy día la humanidad usa el equivalente a 1.6 planetas Tierra en cuanto a la explotación de recursos y absorción de desechos; entre ellos destacan la deforestación y sobrepesca, y las emisiones de dióxido de carbono respectivamente.

En México, en particular se estimó en 2017 una biocapacidad de 1.1 gha, mientras que la huella ecológica se eleva a 2.6 gha, resultando un déficit de -1.5 gha¹. Esto resulta más alarmante al contemplar la tendencia de aumento en el déficit, cuando se compara con el año 1961 -primer año de registro- donde existía una biocapacidad positiva de 1.7 gha. Cabe aclarar que durante este periodo la población ha crecido poco más del triple. Entonces surge una pregunta relevante: ¿qué respuestas se pueden otorgar ante la creciente problemática multidimensional desde el punto de vista profesional del diseño?

Al tener el planeta una proyección de crecimiento demográfico de 2,000 millones de habitantes para 2050 (Naciones Unidas, 2020) -cabe destacar la urgencia de un replanteamiento en torno a las políticas de desarrollo social que puedan frenar tal crecimiento- es necesaria la promoción de soluciones globales para el consumo y la producción sustentables, si se tiene pensado proveer de cierta calidad de vida a los habitantes presentes y futuros.

El diseño de productos se muestra como un sistema con un gran reto para alcanzar objetivos de índole sustentable. Diseñar con materiales requiere una reducción radical en su uso. Adicionalmente, las innovaciones con materiales locales propiamente diseñados para mejorar la calidad de vida deberían encontrarse disponibles para guiar a una sustentabilidad social de

¹ National Footprint and Biocapacity Accounts 2021 edition (Data Year 2017); GDP, World Development Indicators, The World Bank 2020; Population, U.N. Food and Agriculture Organization.

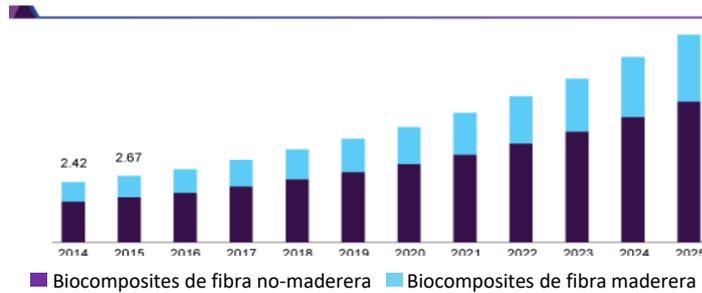
millones de personas vulnerables en el mundo (Kandachar, en Karana et al, 2013:94). Esto adquiere un doble sentido en torno a la sustentabilidad, donde se plantea la producción de nuevos materiales locales como un medio de desarrollo comunitario y asimismo en el ciclo de vida de los productos manufacturados con estas alternativas materiales, que sean accesibles en su adquisición y de bajo impacto ambiental, haciendo ver de este modo, una trama que asocia los aspectos de diseño y planeación, social, ambiental, científico tecnológico, jurídico-político y cultural.

Al pensar en las problemáticas de deterioro social y ambiental principalmente, y en la presencia del lirio acuático y sus impactos *glocales*², surge el presente proyecto a través del cual se plantea que a partir de una estrategia para el ecodesarrollo de *biocomposites* con lirio acuático, se puede derivar hacia una propuesta de diseño integral sustentable. Por su parte estos materiales contarán con propiedades que los hagan susceptibles de emplearse en diversos proyectos de diseño. A su vez, se busca integrar una propuesta prospectiva dentro de planes de desarrollo integral comunitario que se pueda adaptar y adoptar en zonas con situaciones vulnerables similares.

Los *biocomposites* son materiales que presentan refuerzos naturales (como fibras vegetales) en su composición, y pueden ser parcialmente biodegradables, al tener una base no degradable como resinas epóxica y poliéster, por ejemplo, o completamente biodegradable, con un matriz polimérica; como ejemplos, el bioplástico de soya, almidón, celulósico, etc. Estos últimos resultan ser los más ambientalmente amigables, ya que al terminar su ciclo de vida pueden ser compostados (Dos Santos & Lenz, 2013).

En las últimas dos décadas, se ha manifestado un gran interés por el desarrollo de materiales alternativos en torno al *diseño sustentable* dadas las problemáticas de deterioro ambiental que han obligado a repensar la manera en que se extraen y explotan los recursos, se producen los objetos y se dispone de ellos al terminar su vida útil, esto es, se ha prestado una mayor atención al ciclo de vida tanto de los productos como de los materiales utilizados. Un reporte sobre el uso de *biocomposites* en Estados Unidos muestra una tendencia creciente, tanto en derivados de recursos forestales como no-forestales, teniendo estos últimos un notorio desarrollo respecto a los primeros (ver figura 1)

² Glocal: que hace referencia a factores tanto globales como locales (Oxford English Dictionary); “Piensa globalmente, actúa localmente” aludiendo al discurso de sustentabilidad (Alfie 2005:185)

Figura 1. Tamaño de mercado de *biocomposites* por tipo de fibra en E. U. 2014-2025.

Fuente: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biocomposites-market>

En congruencia con lo anterior, el presente trabajo plantea un aporte dentro de la tendencia creciente de la producción de *biocomposites*; que se continúe prestando atención a la utilización de recursos alternativos para la producción de materiales y objetos de diseño sustentables. Un acercamiento al potencial que un país en vías de desarrollo puede tener visualizando oportunidades en donde aparentemente no se encuentran, aprovechando recursos locales para contribuir a la transición hacia una ecología más profunda, mientras que por su parte, los ámbitos político, educativo, tecnológico, contribuyen con otras propuestas desde su enfoque hacia esta urgente transformación.

Problema de investigación

Con fundamento en:

1. La invasión de lirio acuático en los canales de esta comunidad cuya presencia ocasiona impactos negativos ambientales, sociales, económicos e incluso culturales [(Guzmán, 1992), (Juárez, 2011), (Vargas, 2017)].
2. Problemáticas ambientales y socioeconómicas diagnosticadas por Lee (2019) de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, Ciudad de México, que incluye secuelas del sismo de 2017, asentamientos humanos irregulares, insuficientes oportunidades laborales, falta de consciencia ambiental, entre otras.
3. La problemática de consumo de recursos global como en la industria maderera de 2 028 millones de metros cúbicos en 2018 (FAO, 2019) y la producción de plásticos de 368 millones de toneladas en 2019 (Statista, 2021).
4. La ineficacia de los medios de control del lirio (Malik, 2007) e insuficiencia de extracción para su uso como materia prima.

Se define como problema de investigación el establecer una estrategia que articule el aprovechamiento de la plaga de lirio acuático para su control desde un enfoque del diseño, la búsqueda de alternativas materiales ecológicas y el desarrollo sustentable comunitario. Con lo anterior, se propone una estrategia de ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático para la producción de objetos de diseño sustentables, inscrita en un plan de desarrollo integral sustentable en la comunidad.

Justificación

Ambiental *Glocal*. El lirio acuático que es la materia propuesta para aprovechar de forma sustentable a través del ecodesarrollo de biocompuestos en la presente investigación, representa como plaga un rendimiento promedio de 120 ton/ha anuales (D'Agua, et al. 2014) y un costo de aproximadamente \$70,000 por hectárea para su remoción (Juárez, 2011). Dados los daños ocasionados en diferentes dimensiones, resulta necesario su control, por ello al emplearse como materia prima estaría adquiriendo un valor superior al que representa como especie nociva y desecho. Existen productos derivados como papel artesanías, composta, absorbente de tóxicos, filtro remediador de agua y suelos, materiales constructivos (Vargas, 2017) y de forma más reciente se ha investigado su uso como fibra en composites con resinas epóxica y poliéster para usos industriales y para la elaboración de biocombustibles y semiconductores, lo cual resulta redituable en comparación con la erradicación química o biológica, que lejos de representar una solución, acarrea otras problemáticas de contaminación de acuerdo con Malik (2007).

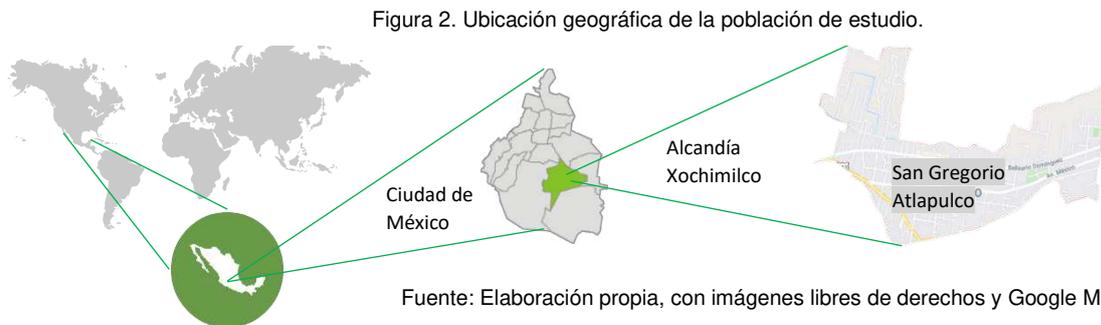
La tendencia en aumento de la producción y consumo de los materiales y productos sustentables motivada por la creciente conciencia ambiental, así como por las regulaciones de instituciones encargadas de este ámbito, se refleja en proyecciones como la realizada por Bloomberg (2020) donde se prevé que en 2027 se tendrá un alcance de 51.32 billones de dólares en el mercado global de biocompuestos, que incluyen a los utilizados en la industria automotiva, de la construcción, eléctrica y electrónica y otros bienes de consumo, por lo que al establecer una propuesta dentro de esta tendencia se busca un beneficio económico para que resulte redituable.

Por otra parte, existe un interés mayormente desarrollado en la última década por el aprovechamiento de fibras naturales o materia de desperdicio a través de tendencias como el *activismo material* o *upcycling*, que a través de la experimentación permiten explorar nuevas

formas de crear materiales sustentables como una alternativa a los que causan graves impactos ambientales durante su ciclo de vida, tales como los plásticos o los recursos forestales, y aplicarlos a proyectos innovadores de diseño y a su vez, promover una conciencia ambiental en los productores y el consumidor.

Delimitación espacial

La presente investigación considera como población de estudio al pueblo originario San Gregorio Atlapulco, ubicado en la alcaldía de Xochimilco, en la Ciudad de México (fig. 2), que se encuentra afectado por la presencia de lirio acuático en sus canales -importantes vías de transporte-; presenta secuelas a raíz del sismo de 2017 principalmente en el patrimonio edificado, y recientemente (2020) por el alto índice de contagios COVID-19 detectados en la zona, por lo que resulta pertinente explorar posibles soluciones integrales para el mejoramiento de la comunidad.



Relevancia, pertinencia, aportaciones

Esta investigación cobra relevancia en el ámbito del diseño al brindar alternativas materiales sustentables para la realización de proyectos de diferentes tipos, propios de sus diferentes campos -gráfico, industrial, arquitectónico-. También al seguirse una ruta de exploración de las posibilidades del lirio acuático como material para promover de este modo su aprovechamiento. De forma multidisciplinaria existe cierta relevancia en la conexión del diseño con la química y la biología, ya que se da una intersección en cuanto al uso de matrices, al evaluar recursos que funcionen como base aglutinante para la formulación de biocompuestos, así como también al evaluar las propiedades de la especie como material. Se considera al aspecto ambiental donde el presente trabajo cobra mayor pertinencia, como una propuesta ante la problemática del lirio y a la reflexión en el consumo de productos de mayor impacto

ambiental, siendo un objetivo subyacente la búsqueda del menor impacto ambiental en la ejecución de procesos y vida útil de los productos.

Desde el punto de vista económico, emerge como una alternativa factible de implementarse en zonas estratégicas con disponibilidad de lirio acuático, siendo una propuesta que prioriza la adoptabilidad y adaptabilidad en comunidades. Ligado a este aspecto, en lo social, se plantea en términos de integración a planes de desarrollo integral comunitario. Culturalmente trasciende al buscar el control de la plaga para una revalorización del paisaje invadido y a su vez, fomentando una visión ecológica y de responsabilidad ambiental.

Hipótesis

A partir de una estrategia para el ecodesarrollo de *biocomposites* con lirio acuático, se puede plantear un escenario prospectivo de aprovechamiento de la plaga para la fabricación de objetos de diseño sustentables.

Objetivos

- General

Proponer una estrategia de ecodesarrollo de *biocomposites* con lirio acuático para el planteamiento de un escenario prospectivo de aprovechamiento de la plaga en la fabricación de objetos de diseño sustentable.

- Particulares

1. Integrar la fundamentación teórica e investigaciones colectivas al objeto de transformación en torno al planteamiento de una estrategia de ecodesarrollo de *biocomposites*.
2. Plantear una estrategia de ecodesarrollo de los procesos científico-tecnológicos para la obtención de *biocomposites*.
3. Desarrollar la exploración de siete *biocomposites* con lirio acuático cuyas propiedades materiales ofrezcan soluciones en los diferentes campos del diseño -gráfico, de producto, arquitectónico- para la fabricación de objetos de diseño sustentables.
4. Elaborar una propuesta de escenario prospectivo de fabricación de objetos de diseño con *biocomposites* de lirio acuático que contribuya al desarrollo integral sustentable comunitario.

Trayectoria de indagación

Figura 3



Fuente: Elaboración propia

2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

“El hombre atraviesa el presente con los ojos vendados. Sólo puede intuir y adivinar lo que de verdad está viviendo. Y después, cuando le quitan la venda de los ojos, puede mirar al pasado y comprobar qué es lo que ha vivido y cuál era su sentido”

Milan Kundera

Marco Referencial

Contextualización: *San Gregorio Atlapulco, Xochimilco: Punto de partida*

A 500 años de la conquista de Tenochtitlán cabe resaltar el grave impacto que se ocasionó al llevar a cabo la conversión del Valle de México -una zona lacustre- a un territorio de tierra firme que sigue pagando el precio de estas decisiones con hundimientos; inundaciones, por una parte, desecación por otra, y contaminación de mantos acuíferos. Ante el asombro de los conquistadores, la metrópolis se *ecodesarrollaba* en un marcado equilibrio *eco-bio-antropo-social*. Hoy día solo se hallan vestigios del paisaje que llegó a ser. Quizá el principal remanente sea Xochimilco, “una zona conformada por varios pueblos, canales, lagos y chinampas, cuya importancia fue reconocida en 1987 por la UNESCO al ser declarada patrimonio histórico y cultural de la humanidad.” (Soria, 2004:261). Xochimilco a pesar de su atractivo natural turístico contemporáneo, cuenta con diversas problemáticas en cada uno de sus barrios. Con una población de 442 178 personas (INEGI, 2020), manifiesta una crisis en parte ambiental promovida por la contaminación del agua, deforestación, asentamientos irregulares en zona protegida, y en parte socioeconómica por abandono de actividades locales como la agricultura, falta de oportunidades, desempleo, migración, que en conjunto vuelven a la alcaldía una zona muy vulnerable.

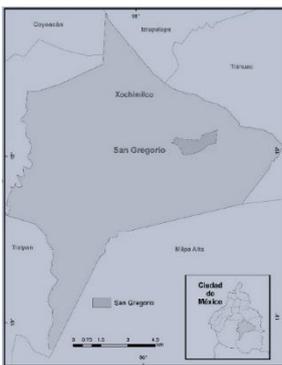
Se tiene como referencia a la *acupuntura urbana* de Lerner (2014) que menciona: “...con el pinchazo de una aguja, las dolencias pueden ser curadas... revitalizando no solo ese lugar en específico, sino también el área que lo rodea” es aplicable en la medicina oriental y puede/debería ser trasladado a la ciudad, donde promoviendo respuestas saludables en ciertos puntos, se logren desencadenar mejoras y reacciones de realimentación positiva. De esta forma, la intervención es una cuestión de revitalización, en palabras de Lerner “una forma indispensable de hacer que un organismo funcione y cambie”. Y la ciudad es organismo vivo, vista desde el paradigma organicista, reivindicada con objetivo de ser ciudad sustentable, donde cada pinchazo consista en proyectos urbanos estratégicos apropiados y apropiables por los habitantes de la ciudad y sus barrios (Lee, 2018:33). Precisos y rápidos, como en la acupuntura, ese es el secreto -señala Lerner-. Sin embargo, con la adición del paradigma ecológico que se precisa en un pueblo multi-ecosistémico como lo es San Gregorio, de manera más concreta se estaría hablando de una *Ecopuntura* urbana (Casagrande, 2011) quien retoma el principio de acupuntura, pero interviniendo en y con propuestas que son más

orientadas al aspecto ambiental, tratando de reintegrar el medio natural que fue ofuscado por la mancha de concreto en constante expansión.

De tal manera, San Gregorio Atlapulco es elegido como sitio *ecupuntural* dentro de la demarcación de Xochimilco. Una zona que debido a "...una manifestación de la religiosidad popular junto con las prácticas agrícolas que conservan sus pobladores en las chinampas, el cerro y el ejido y sus lazos comunitarios que se asientan en sus raíces prehispánicas, le confieren el carácter de pueblo originario" (Rodríguez y Landázuri, 2015:554).

San Gregorio es uno de los pueblos ubicados a lo largo de la carretera Xochimilco - Tulyehualco, al oriente de la demarcación. Limita al norte con el cauce del ex-canal de Chalco, al sur con el volcán Teutli, las tierras cerriles de Mexcalco y Milpa Alta, al este con San Pedro Actopan, con terrenos de Tulyehualco y al oeste con terrenos de Santa Cruz Acalpixca (fig. 4) (Matus y Romero, 2010: 54).

Figura 4: Ubicación de San Gregorio, Xochimilco, Ciudad de México



Fuente: Diseño de Luz Angélica Méndez Estrada con base a la cartografía INEGI, 2016

San Gregorio se compone de diferentes zonas, la rural-chinampera, humedales -remanente del lago de Xochimilco-, urbana y cerril. Las características generales de la zona de Xochimilco consisten en una altitud promedio de 2240 msnm con una media de 669mm de lluvia anual y temperatura de 16.4° C (Torres-Lima et al. 2018). El sistema lacustre se compone de 277.8 km², donde un volumen estimado de 2622 m³ de agua se encuentran contenidos en 160 ha. Se cuenta con una red de 203 km de longitud total en canales. El área de producción agroecológica se ha disminuido de 9000 ha registradas a inicio de siglo XX, a 1200 ha.

Los autores también mencionan un alto nivel de marginación, conteniendo 17 asentamientos irregulares en 2005, con una población de 11,783, que representa el 61% de la población total de la región. De igual manera, se señala que la fuerte presión urbana en la delimitación de los humedales y la conversión del uso de suelo (de cultivo a vivienda) se han convertido en puntos de conflicto político-social, lo cual también ha generado problemas de salud y degradación ambiental. En la siguiente tabla, propuesta por Torres-Lima & Conway (2018) se muestran los indicadores e impactos que se toman en cuenta al analizar los impactos negativos en la zona de San Gregorio:

Tabla 1: Indicadores y variables de impactos socioambientales que afectan la sustentabilidad de humedales en San Gregorio Atlapulco

<i>Indicadores</i>	<i>Impactos socioambientales</i>
<i>Socioeconómico</i>	Uso de semillas modificadas o transgénicas
	Uso de fertilizantes y pesticidas químicos
	Reemplazo de chinampas por invernaderos
	Construcción de establos
	Construcción de puentes entre canales
	Introducción de red hidráulica sanitaria en chinampas
	Vertederos improvisados
<i>Ambiental</i>	Pérdida de comercio con mercados locales
	Construcción de presas y esclusas
	Cierre de canales y zanjas
	Destrucción de diques
	Drenaje de aguas residuales en canales
	Deforestación de ahuejotes (especie endémica)
	Invasión de lirio acuático
<i>Regional</i>	Eliminación de flora y fauna
	Uso de vehículos acuáticos motorizados
	Abandono de muelles
	Conversión de chinampas a vivienda
	Conversión de canales a calles
	No intervención de autoridades

Fuente: Torres-Lima, et al. (2018), traducción propia

Tomando en cuenta otras variables de la actualidad, el contexto de san Gregorio Atlapulco es marcado por problemáticas señaladas por Lee (2020:4-6): afectaciones del sismo de 2017 en edificaciones y vías, falta de equipamiento urbano, crecimiento poblacional desmedido, continuación de la invasión de zonas de conservación por asentamientos urbanos y otros cambios en el uso de suelo -al recreativo, por ejemplo- crecimiento de comercio informal, falta de oportunidades laborales locales, lo que obliga a una movilización diaria de sus habitantes a otras regiones, falta de consciencia social y ambiental, desagüe de aguas negras en los canales, entre otras, como actualmente el impacto de la pandemia COVID-19, que hizo de este pueblo una zona de alto riesgo por la elevada cifra de contagios reportada. Cabe destacar en lo ambiental, que los canales además de presentar una mala calidad de agua, tienen la presencia de la plaga de lirio acuático. Un componente de la problemática que pareciera no representar una situación de cuidado respecto a las anteriormente mencionadas, pero que sin duda ocasiona repercusiones en diferentes ámbitos como se describe a continuación.

Objeto de transformación

Pensar en las problemáticas tanto locales como globales ocasionadas por la invasión de lirio acuático en afluentes naturales y artificiales, conlleva a buscar soluciones desde diferentes campos o disciplinas. Actualmente, lejos de buscar su erradicación a través de químicos o agentes biológicos, se trata de aprovechar la gran disponibilidad de biomasa tomando como ventaja su propagación tan eficaz. Su extracción es necesaria para volver a tener un equilibrio ecológico en los cuerpos de agua invadidos, en este caso los humedales de Xochimilco, y que como materia prima, a su vez, represente una alternativa ante el uso de recursos como los forestales, ya explotados de forma insostenible o los plásticos y el grave impacto que tiene su sobreproducción.

Los problemas acarreados por la plaga de lirio acuático son comunes, tanto locales como globales. Vargas (2017) en su estudio sobre el lirio acuático menciona el fenómeno de evapotranspiración, que propicia la pérdida de agua en los afluentes al ser de gran magnitud la cantidad de biomasa. De igual manera también habla sobre la propagación de mosquitos, que deriva en un problema de salud, debido a que son vectores de enfermedades; adicionalmente existe una deficiencia en la oxigenación de los cuerpos de agua, ocasionados por la falta de penetración de la luz solar.

Otras problemáticas originadas por el lirio, frecuentemente señaladas por los mismos pobladores, son la obstrucción para la navegación, la pesca, y en la agricultura, esto es debido a que las grandes cantidades de lirio dificultan el paso para los transportes; siendo la única vía de conexión entre algunos puntos, se convierte en un gran problema para quienes desarrollan sus actividades económicas en la zona (Guzmán, 1992). Lo anterior sucede tanto en los afluentes de Xochimilco, como en muchos de los cuerpos de agua del país, sumando alrededor de 70,000 hectáreas plagadas, de acuerdo con Juárez, (2011).

Objeto de estudio: el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*)

Se trata de una planta flotadora, perenne, de hojas verdes que presenta una floración espigada en colores violeta y amarillo y que tiene una raíz fibrosa que se llega a extender hasta 3 metros. Pertenece a la familia Pontederiaceae, nativa de América del Sur. Única especie del género *Eichhornia* totalmente flotante, los peciolos cuentan con espacios intercelulares llenos de aire (aerénquima, ver fig. 5) y las láminas elevadas sobre el nivel del agua y actuando como velas,

lo cual le permite flotar libremente y extender rápidamente su distribución hasta convertirse en plaga (Inecol, s.f.). (Anatomía completa, ver fig. 6)

Yace en cuerpos de agua en México desde hace más de un siglo, propagándose hasta causar grandes problemáticas en sus primeros años y a la fecha de hoy. Se plantea que fue traído durante el porfiriato dadas las políticas que se implementaron en el sector económico para incrementar el

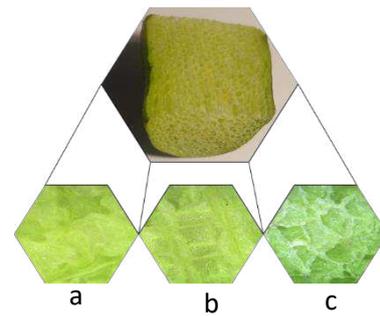
desarrollo de las actividades agrícolas y pesqueras, debido a ello se piensa que pudo llegar como abono verde en la agricultura chinampera, como un elemento de la tecnología piscícola o como una planta de ornato, de acuerdo con lo escrito por Cervantes y Rojas (2000).

Los autores describen que el lirio fue liberado al río Lerma, donde comenzaría a expandirse por todo el país. Encontraron en Armillas (1948) que Lerma fue el punto de conexión con Xochimilco, debido a las actividades chinamperas llevadas a cabo y donde se aprovecharía como abono. A partir de su llegada y expansión en la cuenca de Xochimilco, se le asocian problemáticas graves desde entonces y hasta la actualidad.

Alrededor del mundo se han experimentado diversas formas para erradicar la plaga con resultados cuestionables. Malik (2007) establece los controles que han sido llevados a cabo y sus implicaciones o limitaciones. Para la remoción mecanizada se menciona su alto costo, el uso intensivo de energía y la necesidad de vehículos de agua y tierra para el transporte de la materia extraída.

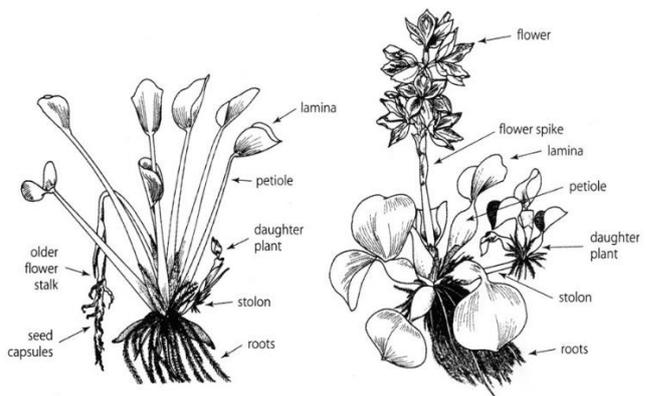
El control químico de igual manera resulta costoso, no puede combatir grandes infestaciones y presenta efectos adversos a largo plazo para el ambiente y comunidades. El método biológico a través de neoquetinos presenta una reducción insuficiente y el lirio resurge. Con otros agentes

Figura 5: Aerénquima. Cortes del tallo de lirio acuático. a. Corte transversal; b. corte longitudinal; c. corte diagonal.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Anatomía del lirio acuático, *Eichhornia Crassipes*.



Fuente: <https://wiki.nus.edu.sg/display/TAX/Eichhornia+crassipes+-+Water+hyacinth>

se encuentra bajo revisión y podría ser ineficaz, teniendo que complementarse con los métodos mecánicos y químicos.

A pesar de que desde su llegada se convirtió en materia prima para agroindustrias, se sigue investigando e implementando su uso en la agricultura y ganadería. Dentro de las chinampas es de gran importancia debido a que se emplea a manera de semillero para germinar los cultivos antes de ser plantados como tal en la chinampa. En cultivos tradicionales de igual manera se implementa como abono. En el ramo ganadero es utilizado como pastura para alimentar. En cuerpos de agua de México presenta un peso en húmedo de 11 a 51 kg por metro cuadrado, correspondientes a 0.62 y 2.87 kg por metro cuadrado en peso seco. La biomasa tiene una tasa de duplicación variable entre 7.4 y 46.5 días (Juarez, 2011).

Existe un énfasis en el estudio de esta planta para su aprovechamiento y para su erradicación. En la actualidad, se continúan invirtiendo grandes cantidades de recursos para su control tanto en México, como alrededor del mundo (*ver fig. 7*), en propuestas químicas, biológicas y de transformación en bienes de consumo como artesanías, biocombustibles, fitorremediadores, suplementos, abonos, conforman la gama de soluciones actuales.

Figura 7. Distribución global del lirio acuático:



Fuente: Kriticos, D. (2016)

Figura 8. Mapa de las calidades (puntos rojos) y distribución potencial (en verde) del lirio acuático en México.



Fuente: CONABIO, 2013

El enfoque más reciente, en 2020, aborda la implementación del lirio acuático como fibra de refuerzo en biocompuestos basados en resina epóxica. Esto por parte de estudios realizados en India, donde existe una tendencia característica por promover el aprovechamiento casi cualquier recurso renovable para su transformación en bienes de consumo, como los residuos de palma, plátano, pinos, coco, bambú, entre otras especies.

Si bien el empleo de lirio acuático para la fabricación de bienes industriales representa un avance para el control de la plaga ahora en otro sector industrial, esto solo resuelve una parte del problema ambiental ya que se siguen empleando otros recursos como la resina epóxica cuyo origen es fósil y genera residuos plásticos que acarrearán otra problemática consigo.

Al contar con bases sobre el objeto de transformación, sobre el objeto de estudio y la posible solución a plantear, analizando su complejidad, se procedió a realizar una consulta con la M. en C. Guadalupe Torres Figueroa³, especialista de la zona -quien ha realizado trabajos de investigación sobre microorganismos endémicos- para obtener un primer visto bueno sobre el proyecto dentro de la complejidad biológica a la que está sometida el lirio acuático. El resultado fue positivo, ya que la urgencia de extraerlo y llegar a un equilibrio en el ecosistema representa un mayor beneficio que el impacto negativo que se podría dar al emplear esta especie invasora como materia prima. El límite para la extracción del lirio se estima en un 80%. Esto es, para llegar a un equilibrio ecológico ya que el lirio se encuentra cumpliendo funciones como biorremediación del agua y se emplea en las chinampas para la elaboración de *chapines*, cuyo fin es el de ser un semillero para las plántulas antes de ser colocadas en la zona de cultivo.

En el artículo de Ajithram, et al. (2020), se menciona que el rápido crecimiento del lirio, lo convierte en una potencial fuente renovable de fibras. Con un relativo contenido de celulosa alto, así como de holocelulosa, muestra gran capacidad como fibra de reforzamiento en materiales compuestos. En su forma de tejido ha sido utilizado con fines domésticos en utensilios de uso cotidiano como bolsas o cestería.

A continuación, se muestran 4 tablas de datos cuantitativos del material, obtenidos de estudios en los cuales se han fabricado *composites* con la fibra de lirio acuático. Este análisis cobra relevancia al ayudar a identificar diferentes tipos de propiedades, para idear de forma preliminar con que clase de fibra se está tratando y en el caso de la densidad, cual sería su rendimiento al ser empleado en el desarrollo de materiales.

Tabla 2: Propiedades del material antes de la densificación de la fibra de lirio acuático.

Forma	Humedad inicial (%)	Densidad volumétrica (Kg/m ³)
"In natura"	92,79	143,28
Triturada	92,79	450,86
Deshidratada	8,16	42,87

³ Guadalupe Torres Figueroa, Uso del lirio. Comunicación personal. UAM-X, CDMX. 21/02/2021

Tabla 3: Propiedades del material después de la densificación de la fibra de lirio acuático.

Fuerza de compactación (Kgf)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Grado de esbeltez (medio)	Volumen (medio) (cm ³)	Peso (medio) (g)	Densidad aparente (medio) (g/cm ³)
1 x 10 ³	42	300,00	7,14	415,42	41,70	0,10
2 x 10 ³	42	80,85	1,92	112,87	40,13	0,37
4 x 10 ³	42	48,97	1,17	61,24	40,05	0,56
7 x 10 ³	42	34,77	0,83	48,15	40,11	0,84
10 x 10 ³	42	31,11	0,74	43,07	39,40	0,94
15 x 10 ³	42	26,85	0,66	37,18	39,70	1,04

Fuente: D'Agua, et al. (2015)

Tabla 4: Propiedades físicas de la fibra de lirio acuático.

Property	Value
Moisture content (%)	24.63
Ash content (%)	2.17
Volatile acidity (%)	37.22
Particle density	1.12
Porosity (%)	61.45
Pore volume (cm ² g ⁻¹)	0.89
Surface area (m ² g ⁻¹)	102.6
Surface acidity (mmol g ⁻¹)	0.13

Fuente: A. Ajithram, et al. (2020)

Tabla 5: Propiedades físicas de la fibra de lirio acuático.

Fiber	Cellulose (wt. %)	Lignin (wt. %)	Hemi cellulose (wt. %)	Pectin (wt. %)	Wax (wt. %)	Moisture (wt. %)
Jute	61–71.5	12–13	13.6–20.4	0.4	0.5	12.6
Hemp	70–74.4	3.7–5.7	17.4–22.7	0.9	0.8	10
Kenaf	31–39	15–19	21.5	–	–	–
Flax	71	2.2	18.6–20.6	2.3	1.7	10
Sisal	67–78	8–11	10–14.2	10	2	11
Coir	36–43	41–45	10–20	3–4	–	–
Banana	63–67	5	19	–	–	8.7
Water hyacinth	61.63	3.78	16.26	–	–	11.8

Fuente: A. Ajithram, et al. (2020)

El Marco Teórico de este trabajo (*siguiente apartado*), consiste en el planteamiento de un cambio de paradigma del reduccionismo a la complejidad, del antropocentrismo y el desarrollo económico sin límites, al biocentrismo y la ecología profunda, modelo del cual se deriva el desarrollo sustentable, pero percibido como un paradigma de sustentabilidad integral que contempla aspectos ambientales, sociales, económicos, culturales, científico-tecnológicos y jurídico- políticos. Al contemplar el deterioro en el tejido global, el discurso de la sustentabilidad a través de la estrategia “piensa global, actúa local” y herramientas como la bioeconomía y la ecoeficiencia, inscribe propuestas que desde una pequeña escala pueden contribuir a una transición sustentable hacia el nuevo paradigma ecológico. Bajo esta premisa, se respalda la estrategia de esta investigación, que desde el enfoque profesional del diseño - un diseño que se plantea en términos de sustentabilidad integral- propone el ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático para la producción de objetos sustentables y que pueda contribuir como actividad proyectual al desarrollo comunitario de manera sustentable e integral. Para tomar en cuenta algunos otros elementos del Marco Teórico, ver Anexo I

Marco Teórico: Contexto de complejidad, deterioro y propuestas ante la problemática ambiental

Paradigma reduccionista y necesidad de cambio

Al tratar de entender a la naturaleza que nos rodea recurrimos a la ciencia, a sus teorías y métodos. Para poder enfrentar las problemáticas de la actualidad, resulta ineficiente la aproximación a su conocimiento y el planteamiento de soluciones con enfoques que han conocido ya sus limitaciones al buscar respuestas a través de ellos. Kuhn (1962:34) plantea que estos enfoques a los que denomina *paradigmas*, son constructos de la ciencia que proporcionan modelos de los que surgen tradiciones particularmente coherentes de investigación. Así como en su momento son útiles para entender algún fenómeno o aproximarse a la lucidez ante una serie de interrogantes, llegan a una etapa de crisis, dejando de funcionar adecuadamente en la exploración de un aspecto de la naturaleza hacia el cual, el mismo paradigma había previamente mostrado el camino. Con un nuevo constructo cultural y epistemológico provisto de los instrumentos para la solución de problemas, la ciencia puede avanzar de forma rápida y profunda. Hasta que vuelve a llegar el momento de crisis y es necesario rediseñar las herramientas (op cit.:127). Se lleva a cabo entonces una reconstrucción del campo que una vez completa, se tiene como resultado una modificación en la visión, métodos y metas.

Para Checkland (1993), este desarrollo ha mostrado un comportamiento *reduccionista* en tanto que “se puede reducir la complejidad de la variedad del mundo real con experimentos cuyos resultados se validan mediante su repetibilidad, y podríamos erigir conocimiento a través de la refutación de las hipótesis” (Checkland, 1993:67).

El aprehender el mundo de la forma en que se ha hecho desde Descartes, ha construido el aparato epistemológico con una dualidad, que por un lado ha traído avances tecnológicos y desarrollo de las ramas de la ciencia, pero que por otro lado, con una visión mecanicista, fragmentada, que desconecta los sucesos y objetos, que es mercantilista y además llevada a un nivel social con división entre razas, creencias, nacionalidades, se ha postulado como el origen a la serie de crisis que se enfrentan hoy en día, al “separarnos de la naturaleza y de nuestros congéneres humanos” (Capra, 1983:8).

Mientras que desde la perspectiva de algunas filosofías orientales se ha mantenido un paradigma unificador, complejo, holístico del mundo, la visión occidental a través de sus hitos,

por ejemplo, la malinterpretación de la tradición judeo-cristiana como un manifiesto centralizador, de dominio sobre el mundo, dio origen a una época de oscurantismo que ha prevalecido en gran parte hasta nuestros días. Charles Darwin en *El origen de las especies* ofreció la primera alternativa seria con una teoría descentralizada, donde no es necesario un diseñador que cree y de orden al mundo viviente, ya que el orden y la complejidad surgen de procesos descentralizados y autoorganizados de variación y selección (Resnick, 2001:31). Un siglo después, comienza a surgir propuestas transdisciplinarias como la *cibernética* y la *teoría de sistemas*.

Complejidad

Para Morin (1990), la cibernética marca un ingreso de la complejidad en la ciencia. Sin embargo, se queda en una primera etapa. Por definición, *cibernética* proviene de la voz griega *kybernetes* que significa timonel o gobierno. Dado que su estudio teórico se concentra en los procesos de comunicación, se estaría planteando en torno al control, regulación o dominio de estos. Por otro lado, señala a la *teoría de sistemas* “con un campo mucho más amplio, casi universal, porque en un sentido toda realidad conocida, desde el átomo hasta la galaxia, pasando por la molécula, la célula, el organismo y la sociedad, puede ser concebida como sistema, es decir, como asociación combinatoria de elementos diferentes” (Morín, 1990:22). La distinción hecha entre el desarrollo del pensamiento de sistemas y a aplicación de éste dentro de otras áreas o disciplinas, se puede extender para que genere un mapa razonable de toda la actividad del movimiento (Checkland,1993). Para construir dicho mapa, el autor plantea una imagen del movimiento de sistemas que se ajusta a la actividad de sistemas del mundo real en curso, a sus esfuerzos intelectuales y su literatura, y que también permite que cualquier ejemplo particular de trabajo o de literatura se coloque en el contexto de movimiento como un todo.

La intencionalidad de establecer un mapa de sistemas, es proporcionar los conceptos por medio de los cuales se podría iniciar un análisis holístico. Brindar una base para el trabajo de investigación que requiere enfrentar un tipo de problema del mundo real no estructurado que derrotan al reduccionismo del método científico. El desarrollo gradual en un mapa de modelos conceptuales verificados se basa en todo lo que un observador vea como una figura contra el plano de fondo del resto de la realidad y se podría describir como uno de los siguientes cuatro

tipos fundamentales de sistema, o bien como una combinación de ellos: sistemas naturales, de actividad humana, diseñados y sociales (fig. 9).

Más allá se encuentra el entramado de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares que construyen nuestro mundo fenoménico y es denominado *complejidad*, abordándose y tratando de comprenderse a partir del *pensamiento complejo* (Morin, 1990:16-17). Su dificultad radica en afrontar esta trama, y para ello, el mismo autor establece tres principios con este fin: 1. Principio dialógico. Dualidad en el seno de la unidad, asociación

de dos términos a la vez complementarios y antagonistas. 2. Recursividad organizacional, donde los productos y los efectos son al mismo tiempo causas y productores de aquello que los produce, productos y productores a la vez, ruptura de una idea lineal de causa efecto. 3. Principio hologramático, donde no solo la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte, aquello que se conoce sobre las partes reentra sobre el todo, aquello que se aprende de las cualidades emergentes del todo, todo lo que no existe sin organización reentra sobre las partes. Se enriquece el conocimiento de las partes por el todo y del todo por las partes.

Estrategia y Planeación

La realidad cambiante da lugar a lo nuevo y la complejidad puede dar origen a acciones más ricas y menos mutilantes, no solo a nivel intelectual sino también en un escenario de la vida como tal, donde ha aquejado el sufrimiento como resultado de un pensamiento parcial y unidimensional, hasta llegar a un estado de crisis multidimensional. De este modo, las acciones que se deriven del pensamiento complejo, están formando parte de una Estrategia. Se destaca este término, dado que se trata de una postura medular para el presente proyecto. La estrategia (Morin, 1990:74-81) se refiere a una acción y su posterior secuencia de imaginar escenarios posibles, que, en un contexto de azar e incertidumbre, prepara para lo que pueda surgir, y de este modo, se integra lo inesperado que surge sobre la marcha y se modifica o enriquece la acción. A comparación de un *programa*, existe una reflexión y no solo

Figura 9. Mapa de movimiento de sistemas



Fuente: basado en Checkland (1993). Elaboración propia

automatismos; se vuelve un modelo flexible, con adaptabilidad para imponerse a lo que sobrevenga. Como complemento, se consideran al método de escenarios y la planeación prospectiva, así como sus respectivas herramientas para articular las estrategias.

Dadas las limitaciones cognitivas de las personas, solo se puede concebir una parte -de entre la creciente exponencialidad- del rango de posibilidades en que puede desarrollarse el futuro. Por lo que para Postmaa (2005), los escenarios surgen como una forma de vislumbrar el porvenir, usando y combinando diversas imágenes. Se trata de maneras convenientes de "ensayar el futuro".

Se considera a los escenarios una parte fundamental del ejercicio prospectivo, sirviendo para decidir lo que ha de hacerse en el presente. Conforman "un conjunto de relatos sobre el futuro, consistentes, plausibles y que abarcan un amplio abanico de acontecimientos posibles" (Miklos y Arroyo, 2008).

Además, los autores establecen -a grandes rasgos- un procedimiento para la elaboración de escenarios:

1. Describir posibles estados futuros del actor/institución/problema de que se trata.
2. Desarrollo de estrategias posibles.
3. Análisis mediante simulación del impacto de los contextos previstos sobre las estrategias consideradas y viceversa.

Como ejemplo, en el caso del diseño, Colomer y Martínez (2011) tienen una propuesta para la aplicación de este método, el cual, argumentan, busca la secuencia de acciones para formular estrategias innovadoras, donde el diseño, es la principal actividad de desempeño, al ser el factor que materializa las ideas que de ellas se desprenden, tratándose entonces, de "construir visiones estratégicas inteligentes que anticipen posibilidades de ocurrencia de eventos".

Adaptar una organización al ritmo de una realidad compleja, de incertidumbre, caos, cambios continuos, tanto en lo social, como en lo político, económico, tecnológico y al gran reto que supone para cualquier empresa -o al menos debería- el deterioro ambiental, requiere de modelos que permitan la constante innovación y de esta forma responder a las necesidades de la actualidad.

La *prospectiva*, por su parte, de acuerdo con Miklos y Tello (2008), propone una opción metodológica para la construcción de futuro, concentrando la atención sobre el porvenir, y que a diferencia de otras propuestas, en ella el futuro se imagina a partir del futuro y no desde el presente. Las acciones del presente se guiarán por el futuro deseado probable y posible, aprovechando el conocimiento suficiente y relativo del pasado, pero sin basarse totalmente en ello. Es de suma pertinencia en la actualidad, dado que, dentro de su visión holística, se trata de un planteamiento que contempla la evolución, dinámica y cambio de sistemas sociales, además de considerar al todo por encima de las partes. Es teleológica al apelar a un largo plazo sobre el mediano y el corto; y trascendental al generar y gestar cambios estratégicos. Los mismos autores nos dicen que la prospectiva trata de responder a la pregunta “¿cómo pudiéramos lograr que determinado futuro fuera?”. En ella se encuentra implícita la generación de imágenes de futuros alternativos deseados, y a través de estrategias basadas en decisiones, las cuales lograrán que el futuro seleccionado se alcance.

Cabe reiterar que mencionar a la estrategia y la prospectiva, se fundamenta en la necesidad de un cambio apegado a los principios y características del pensamiento complejo, integrando de este modo la propuesta del estudio, la complejidad, el contexto de deterioro y crisis, dado que:

“Un mundo donde persiste la pobreza, la riqueza se concentra, aumentan la corrupción, el crimen organizado, la deuda y la inseguridad económica; donde los problemas de contaminación y mal manejo de los recursos naturales se agravan; donde la viabilidad ambiental para nuestro soporte de vida está disminuyendo y el cambio climático continúa; no puede estar satisfecho con su presente”. (Gándara, 2015)

Deterioro ambiental

Con el trabajo de Rachel Carson: *Primavera Silenciosa* (1964) centrado en el impacto del uso de agentes químicos como pesticidas y su acumulación en el suelo y la cadena trófica, se inició un movimiento masivo de conciencia ecológica. Destaca el pensamiento complejo de la autora a partir del conocimiento biológico. Si bien establece que los plaguicidas y otras sustancias son causantes de catástrofes ambientales, la raíz de este problema yace en el pensamiento reduccionista de los ingenieros que proponían estos métodos de erradicación: “por su misma naturaleza, los controles químicos se autoderrotan, porque fueron pensados y aplicados sin tener en cuenta los complejos sistemas biológicos contra los que se lanzaron a ciegas... -el equilibrio de la naturaleza- se trata de un sistema de relaciones entre los seres vivos complejo, preciso y muy integrado, que no puede ser ignorado sin peligro... no es un

statu quo; es fluido, siempre cambiante y en un estado permanente de reajuste” (Carson, 1964:302). La simplificación se dio al estudiar únicamente al organismo problematizado y probar las sustancias químicas solo en él para su erradicación. Sin contemplar daños colaterales en la aspersión ni el potencial de acumulación en cadenas tróficas o en el suelo, aire y agua.

Si los ambientes donde se desarrolla la vida desde un principio hubiesen sido entendidos en palabras de la autora como una *red de vida*, y no como partes separadas de un todo, se habrían evitado atrocidades ecológicas en primera instancia por intervenciones inconscientes del hombre en entornos naturalmente evolucionados o se habrían implementado otro tipo de estrategias de control como los que ella propone desde el enfoque biológico

La desacreditación, mitos y ataques no se hicieron esperar hacia la investigadora, ya que vulneró una industria que se encontraba en pleno auge. A pesar de ello, su trabajo trascendió fronteras disciplinarias y geográficas, brindando inspiración a grupos como *El Club de Roma*, el cual, años más tarde, cobraría gran relevancia en los temas de ecología debido al hito que significó en torno a la consciencia ambiental desde el plano científico su informe: *Los límites del crecimiento* (1972). Un documento en el que Donella Meadows y otros investigadores exponen el concepto *Capacidad de soporte*. En él se describen los riesgos a los que la población mundial se encuentra expuesta debido al crecimiento exponencial demográfico si supera el máximo que puede ser atendido por un ecosistema. A través de modelos matemáticos realizados por medio de las computadoras de aquella época, que tienen como variables la viabilidad de recursos, productividad agrícola y capacidad de la ecosfera para asimilar contaminantes, se mostró el colapso ambiental al que llevaría la superación de la capacidad de soporte.

Veinte años más tarde, con la actualización de la obra -ahora llamada *Más allá de los límites del crecimiento*- se expone el nuevo panorama dado que la capacidad de soporte anteriormente planteada ya había sido rebasada. “La humanidad se encuentra ya en territorio insostenible, aunque la conciencia general de esta difícil situación es desesperadamente limitada” (Meadows et al, 2006: 26). La velocidad con que se extraen recursos y a su vez se vierten residuos contaminantes al ambiente ha rebasado al poder regenerativo de la naturaleza, por lo que cada década en que el informe se ha actualizado, los autores confirman con un mayor pesimismo el contexto deteriorado global. Tras sobrepasar los límites, Meadows

et al, concluyen que habrá tres maneras de reaccionar: la primera con una negación o minimización de las señales del rebase de los límites; la segunda tratando de remediar las presiones a través de implementaciones tecnológicas o económicas sin modificar las causas de raíz; o por último, reconociendo la insostenibilidad del sistema socioeconómico para hacer una reestructuración profunda y de esta forma minimizar o evitar el colapso global.

Pandemia por COVID-19

El último año (2020) ha sido testigo de un problema que se expandió por el mundo causando una crisis de inicio sanitaria, aunque las implicaciones van más allá, repercutiendo de forma inestimable en lo económico y lo social, a causa de la propagación de un virus (COVID-19) que se convirtió rápidamente en una pandemia. Cabe mencionarse este hecho porque se trata de un acontecimiento histórico que ha cambiado la forma en que la humanidad se relaciona y en la que los sectores industriales, científicos y tecnológicos se encuentran operando, y que de acuerdo con los informes oficiales de la Organización de las Naciones Unidas, está íntimamente ligado a la explotación irracional de la naturaleza, ya que la agricultura, el comercio y consumo de vida silvestre y productos derivados han provocado tanto la pérdida de biodiversidad como la aparición de nuevas enfermedades de carácter zoonótico (por ejemplo SARS y COVID-19).

La explotación insostenible interrumpe las interacciones naturales entre la vida silvestre y sus microbios, aumenta el contacto de los mismos con el ganado y las personas y de esta forma se aumenta el riesgo de transmisión de virus zoonóticos. Los cálculos de expertos que fueron informados a Naciones Unidas (2020) indican que hasta 850,000 virus podrían tener la capacidad de infectar a los humanos. Este riesgo (coinciden los expertos) se podría reducir significativamente disminuyendo las actividades humanas que impulsan la pérdida de biodiversidad, como la erradicación de la explotación insostenible y brindar una mayor protección de áreas de conservación. El fin es disminuir el contacto entre animales y animales y humanos para prevenir la propagación de nuevas enfermedades.

Byung-Chul Han respecto a la situación mencionada, responde acerca de la postura de la humanidad en la época posterior a la pandemia con una semblanza de Simbad el Marino, donde el hombre, ciego, sin reconocer siquiera donde se encuentra parado, llega a provocar su propia caída. Hay una delgada frontera siempre tambaleante entre los organismos más

elementales del mundo y el hombre, la cual se ha vulnerado en esta actualidad, mostrando un poco la violencia que la naturaleza puede devolver respecto a la que se ha cometido.

Y a pesar de todo lo anterior, se ha seguido priorizando el crecimiento industrial antes que el cuidado al medio ambiente. Al estar conscientes de los efectos de la modernidad industrial, se evoluciona hacia una *modernidad reflexiva* donde “las sociedades modernas se confrontan con los fundamentos y límites de su propio modelo. Se trata de modificar estructuras, de reflexionar sobre los efectos ocasionados por el desarrollo industrial” (Alfie, 2005:65). Los impactos tan desiguales en países desarrollados y en desarrollo, ocasionados por el riesgo ambiental, devuelven respuestas culturales muy variadas. Habrá controversia, lejos de consensos o controles, desorden e intereses políticos como centro de atención. Estas respuestas toman forma de *discursos* y son dadas y empleadas por gobiernos, industrias, organizaciones no gubernamentales, expertos y la sociedad civil.

Propuestas ante la problemática ambiental

Los discursos entre otras respuestas a los problemas ambientales globales o locales como análisis científicos, hipótesis y teorías han surgido como medio para mover distintos niveles de organización social con el fin de tratar de revertir el daño a los ecosistemas y con ello, a la salud humana desde distintos enfoques, ligándose a lo social, político y económico para plantear soluciones desde una perspectiva en particular.

Miriam Alfie en su obra (2005:172), agrupa discursos ambientales en 4 sectores de acuerdo a la combinación entre posición política y solución ofrecida, basada en la clasificación de Dryzek (1997) como se muestra en la siguiente figura:

Figura 10. Clasificación de discursos ambientales



Fuente: Basado en Alfie (2005:172).

Los *supervivientes* se apegan a los análisis como *la capacidad de soporte* anteriormente mencionada, para establecer que el crecimiento efectuado al ritmo que lo ha hecho en cuestión demográfica y económica, enfrentará a la Tierra contra sus propios límites. El pensamiento radical yace en el objetivo de redistribuir el poder entre científicos, élites y administradores, así como de reorientar el crecimiento económico hacia un *estado estacionario* llegando a un equilibrio entre salidas (muertes y energía) y entradas (nacimientos y recursos).

Capra propone una visión *ecológica* en el sentido que además de considerar el *todo funcional* y la *interdependencia de sus partes*, se añade la percepción del *entorno natural y social* donde se inserta la situación-objeto, cobrando mayor relevancia cuando se trata de un sistema vivo. De manera más amplia se puede entender a la *visión ecológica* desde la *Ecología* como “especialidad científica centrada en el estudio y el vínculo que surge entre los seres vivos y el entorno que los rodea, entendido como los factores abióticos (clima, geología) y los factores bióticos (organismos que comparten el hábitat); en donde se establecen procesos poli-relacionales y eco-sistémicos, procesos múltiples de inter-retro-acción y de eco-inter-co-dependencia entre ellos” (Lee, 2019:19).

El cambio hacia un paradigma de *ecología profunda* precisa de un cambio radical en la percepción, pensamiento y valores, que a su vez desencadenen, a través de la acción, cambios en la estructura de las organizaciones políticas, científicas, económicas y sociales para llevar a cabo el reemplazo hacia la nueva forma de desarrollo humano; sin embargo, la íntima relación (ya bastante transgredida) con la naturaleza es el eje central del cambio en la visión, siendo el medio ambiente una base en la que toda forma de vida se desenvuelve, y al estar quebrantado el equilibrio de la manera en que se encuentra hoy día, difícilmente se puede visualizar con claridad un futuro mejorado en los demás aspectos.

En una posición antagonista se encuentran los *Prometeos* quienes niegan las problemáticas ambientales argumentando la existencia de recursos ilimitados, una capacidad del ecosistema para absorber todos los contaminantes y una sociedad sana producto del crecimiento de la economía capitalista. Desde esta visión se tiene una confianza excesiva en la capacidad humana para el desarrollo de tecnología y soluciones ante los problemas que se presenten. Puede verse representada esta posición por grandes corporaciones que se mimetizan bajo una imagen de ambientalismo falso, y que a diferencia del movimiento de los *supervivientes*,

“ha avanzado, se ha fortalecido y dejado fuera cualquier planteamiento sobre el cuidado del medio ambiente” (Alfie, 2005:178).

Favorecedores de la *resolución de problemas ambientales*, es el grupo que engloba soluciones burocráticas -políticas e instrumentos propuestos por científicos junto con el gobierno para regular impactos- soluciones democráticas -que promueven la participación pública en lo que refiere a la opinión sobre proyectos y su efecto ambiental- y soluciones de mercado -conversión de recursos ambientales en propiedad privada para su administración y promoción de *impuestos verdes* para quienes sobrepasan estándares establecidos-.

Radicalismo verde el cual cuenta con un mosaico de grupos y visiones que incluso difieren entre sí. En general rechaza las estructuras básicas de la sociedad industrial y la forma de conceptualizar el medio ambiente, ya que han llevado al deterioro del medio natural. Se divide en *Romanticismo verde* -el cual alude a subjetividades, imágenes y formas de vida- y *Racionalismo verde* -que recurre a acciones políticas radicales y cambios estructurales como solución a la crisis social y ambiental-.

Desarrollo Sustentable, Integral Sustentable y Diseño Integral Sustentable

El término *sustainable development* -traducido como *desarrollo sustentable* o *sostenible*- se introdujo por primera vez dentro del informe *Our Common Future*, un documento publicado por la World Commission for Environment and Development, una comisión creada por las Naciones Unidas en 1983, coordinada por Gro Harlem Brundtland, primer ministro de Noruega. En él, se tienen como trasfondo las problemáticas contemporáneas de 1987 -año en que se publicó- entrelazadas en una complejidad socio-política-económica-científica-ambiental donde se interrelacionan factores globales como deudas externas, extractivismo, la pobreza, el deterioro ambiental, la ampliación de la brecha en la desigualdad social, crisis agravadas de países en desarrollo, inversión militar como recursos malgastados, impacto de las nuevas tecnologías de producción, etcétera. Algunos de los problemas en materia particularmente ambiental que se anuncian como hitos en la década son la desertificación de grandes extensiones de tierras áridas que eran productivas, destrucción de bosques, calentamiento global, uso de químicos agrícolas, el accidente nuclear de Chernobyl y el accidente de gas líquido en México. Ante este entramado de sucesos, aunado al crecimiento exacerbado de la población, y con ello de los problemas de escasez de recursos, el desarrollo sustentable emerge como una propuesta cargada de optimismo para promover un cambio (WCED, 1987:11-15).

Alfie (2005:182) caracteriza a este discurso como un conjunto de intentos imaginativos por resolver el conflicto entre el crecimiento económico y los valores ambientales. El recurrir a las instancias políticas e institucionales tanto gubernamentales como no gubernamentales, significa el gran reto para este discurso, donde se cuestiona el optimismo con el cual fue propuesto y se tiende a calificar como en exceso ambicioso al tratar de engranar los soportes del sistema de vida y pretender un crecimiento perpetuo de la suma de las necesidades humanas. Deberá existir un enlace entre los sistemas naturales y humanos que actúan de manera combinada. A esto se le suma que no hay un consenso en su significado, por lo que para algunos grupos como los verdes radicales significa el fin del crecimiento económico, mientras que para otros con inclinación hacia lo financiero, implica un crecimiento perpetuo que no reconoce límites impuestos desde fuera.

En los últimos años, en el plano de las palabras, el término sustentable parece haber perdido su fuerza original dado que se utiliza muy a menudo en referencia a acontecimientos y situaciones alejados de su significado real, corriendo el riesgo de convertirse en una expresión vacía cuyas implicaciones profundas nadie considerará al momento de la verificación de los hechos. De manera que se debe llevar a cabo una *descontaminación semántica*: intentar el uso del término sólo del modo correcto y criticar duramente el uso engañoso (Vezzoli y Manzini, 2015:23).

Fritjof Capra (1998) -quien como anteriormente se ha mencionado, propone un paradigma ecológico- menciona que desde la perspectiva sistémica, las únicas soluciones viables son aquellas que resulten *sostenibles*. Argumenta que este concepto se ha convertido en un elemento crucial en el movimiento ecológico. Refiere que el lema de la sustentabilidad es el gran desafío de nuestro tiempo: “crear comunidades sostenibles... entornos sociales y culturales en los que podamos satisfacer nuestras necesidades y aspiraciones sin comprometer el futuro de las generaciones que han de seguirnos”. Sostenibilidad es consecuencia de algunos de los principios básicos de la ecología: interdependencia, reciclaje, asociación, flexibilidad, diversidad. La supervivencia de la especie humana dependerá de la alfabetización ecológica, de la capacidad de comprender los principios mencionados y vivir en consecuencia (Capra, 1998:314).

La sustentabilidad desde su conceptualización y fundamentación, es referida como un paradigma complejo, uniendo los aspectos científicos y tecnológicos, políticos y jurídicos,

sociales y culturales, para mejorar la situación ambiental global a través de planes locales, principalmente en países como el nuestro, en desarrollo. Se trata de fundamentar las acciones proambientales que conducirán a modificar la situación a través de cambios a pequeña o gran escala, muy puntuales o utópicas, acciones que motivan a un cambio de paradigma, implicando “consciencia responsabilidad, aspectos éticos y culturales, así como patrones de consumo y estilos de vida” (García, 2008:73). Por su parte, López Rangel (2004) en su ensayo sobre sustentabilidad integral, menciona que “queda claro que la misión emancipatoria, vinculada a concitar esfuerzos y acciones para la mejoría constate de la calidad de vida de la población, no puede quedar a cargo de la sola atención al medio ambiente, sino que tiene que darse de una manera *integral*, debe asumirse tomando en cuenta la problemática social en su conjunto. En este caso, hablaríamos de *sustentabilidad integral*.”

Este paradigma implica recuperar el sentido transformador en diferentes dimensiones, dado que, en su práctica, tiende a sufrir diferentes grados de reduccionismo o como se menciona anteriormente, es fácilmente manipulado en término a conveniencia. Para Azamar y Matus (2019:16) el reto de construir una sustentabilidad integral implica dos aspectos centrales: 1. Pensar de manera completa, considerando el complejo entramado de conocimientos que puede convocar una situación particular; 2. Desarrollar actuaciones operativas que fusionen la ciencia y la práctica en un todo interrelacionado. La sustentabilidad, para encarar la complejidad, precisa un grado de interdisciplinariedad que requiere de recursos materiales y logísticos actualmente no proporcionados para la investigación. Pero no implica únicamente la simple concurrencia de disciplinas, sino un ejercicio en el cual las situaciones son estudiadas desde ópticas articuladas, vinculadas con los procesos que define y al mismo tiempo con los que la integran (Tainter, 2006, en op cit. 2019). De manera inclusiva comprenderá la integración de procesos productivos, ambientales, socioculturales, políticos, tecnológicos, entre otros, que se hacen patentes en diferentes escalas espaciales y temporales.

En términos de práctica, la falta de propuestas, que se ve muy limitada al sector agropecuario, ha sido uno de los factores clave para el actual reduccionismo del concepto de sustentabilidad. Si bien la modernidad industrial ha traído esta realidad de deterioro ambiental, detener el aparato productivo no es posible en un corto plazo, pero si cambiar en lo posible los procesos y fines. En el mejor de los casos, las industrias que empiezan a surgir serán las que nazcan dentro de un nuevo paradigma de sustentabilidad. Es por ello que una prioridad de la sustentabilidad, se orienta al desarrollo tecnológico apelando a análisis detallados de costo-

beneficio; contemplación del factor humano; simplicidad flexibilidad y sostenibilidad tomando en cuenta la capacidad de soporte ecosistémica.

Existe una doble presión ejercida al medio ambiente a través de los sistemas de producción, al extraer recursos y desechar productos y desde hace tiempo se han superado las capacidades de regeneración y absorción respectivamente. El ecosistema ideal que se plantea es aquel alimentado por fuentes de energía renovables y que se lleva a cabo a manera de ciclo, donde los recursos transformados en bienes, puedan reingresar a través de un reciclaje fácil donde se permita su reintegración mediante procesos naturales (González, 2013). El diseño en este contexto jugará un papel importante, siendo un factor determinante a través de los puntos descritos en la obra de García (2008:25): “extracción de materias primas, selección de materiales, determinación del proceso de producción, estableciendo la manera en que el producto es utilizado, distribuido y desechado”, es decir, influyendo en cada etapa de la elaboración de productos.

Al tomar en cuenta la complejidad de una situación concreta, donde el diseño como actividad se encontrará inmersa, de acuerdo con Lee (2019:29), además de recurrir al paradigma “*morfogenético*, morfológico, topológico y tipológico del arte, diseño, planeación y desarrollo, de la creatividad, de la experimentación, de la invención y la innovación (estética, artística, científica y tecnológica)”, se precisa de una aplicación de otros paradigmas mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 6: Paradigmas del diseño integral

Paradigma	Aplicación
Ecodesarrollo	eco-bio-antropo-social, del diseño ambiental de los objetos, de los lugares y los no lugares, de los hábitats o unidades ambientales (reales o virtuales, naturales o artificiales)
Organicista, organizacionista, filosófico	Diseño de “organismos o sistemas vivos”, del diseño, planeación y desarrollo de la red ecosistémica de “sistemas vivos y complejos”;
Culturalista, sociohistórico-cultural	Planeación y desarrollo de objetos de cultura material e inmaterial y de espacios habitables.
Del habitar y la habitabilidad	Los sistemas de lugares de habitación (sistemas de sistemas de barrio, la ciudad, la región, la metrópoli y el territorio)
Científico y tecnológico	De la innovación y desarrollo científico y tecnológico de los procesos de producción y materialización de objetos de diseño, de la construcción de escenarios factibles, probables, posibles y deseables
Sociológico	Desigualdades sociales, debilitamiento del Estado, sociedad de consumo, sociedad del conocimiento, de la información, de la globalización; Capitalismo

Fuente: basado en Lee (2019:31)

Es de esta manera en que el diseño sustentable se convertirá en algo integral, *diseño integral sustentable*, cuyo fin más allá de lo ambiental, será contemplar múltiples dimensiones del contexto en que se estará llevando a cabo, con el fin de transformar una realidad. Entre otros, factores sociales como pobreza, violencia, justicia, educación, salud, trabajo; factores económicos como acciones y problemas que se enfrentan para cubrir necesidades básicas, evolución, éxito económico y crecimiento; factores culturales como la manifestación de identidad comunitaria, preservación de tradiciones, valores y creencias desarrolladas (AIGA, 2019)

Al no poder frenar a corto plazo el consumo y las actividades industriales que lo satisfacen -y que sería la solución más efectiva- la opción que resulta más ecológicamente viable es reducir los impactos ambientales en el ciclo de vida del producto, contemplando el contexto actual en cuanto a los procesos y tecnologías disponibles, además de procurar el ecodesarrollo de los factores adyacentes a las prácticas como el factor humano y el entorno y esto convierte al diseño en una estrategia de sustentabilidad integral. El hecho de reformar la actividad proyectual del diseño con estos fines pretende invitar al cambio de paradigma, a la reflexión y reconsideración de la profesión, implementando de esta forma, un diseño integral sustentable. Por su parte, García (2008:45) menciona que “el fortalecimiento de los valores de responsabilidad detonados durante la práctica de ecodiseño permitirá replantear toda una serie de factores que siempre han estado presentes en el ámbito del diseño pero que hasta ahora reflejan una mayor importancia en relación a una dirección sustentable” por lo que el significado que adquiere el ecodiseño más allá de una solución radical, es el de “fortalecer una serie de valores” resultando una práctica profesional multi-orientada.

La forma de lo verde: estética y sustentabilidad

Elaborar un material “verde” que sustituya otro menos sustentable no es suficiente en cuestión de diseño. Los materiales sustentables que se han fabricado en los últimos años se quedan en mera propuesta al resultar difícil ante la vista. No es lo mismo percibir una madera preciosa que un tablero de MDF; aunado a la percepción de la belleza del material, se encuentra la oposición moral de la que ya hablaba Jean Baudrillard en 1968, mencionando que la madera es percibida como un material superior por las cualidades físicas, estéticas e incluso sentimentales que se le atribuyen.

Ahora, el interés por los materiales de cualidades sustentables ha cobrado relevancia principalmente por quienes reconocen el valor del cambio de paradigma hacia una producción más ecológica y no precisamente por el material en sí. Los aglutinados de materia orgánica vistos en forma de macetas, recipientes, paneles, pantallas de lámparas, algunas piezas de mobiliario como bancos, entre otros, a pesar de ser un avance en cuanto a la sustitución verde de materiales, comercialmente resulta una apuesta de pronóstico reservado. Los productores de cuero vegetal a partir de piña y nopal, por ejemplo, utilizan una estrategia de mimetismo en su material para lograr el éxito en los sectores que hacen uso de ellos, ya que una propuesta de estos materiales con otra estética como la que se puede observar en otros cueros vegetales, resultaría muy arriesgada.

Los productos fabricados a partir de materiales sustentables deben ser hechos para que el usuario les confiera un valor y le sea difícil desecharlos. Si el material por su parte ya incluye un valor de diseño agregado, el diseño del producto tendrá un reto menor al que enfrentarse (Hosey, 2012). La estética es algo tan fundamental que se muestra sutilmente ligada con la sustentabilidad a través de vínculos que en muchas de las propuestas actuales pasan por alto, remitiéndose únicamente a la ética y a la tecnología. Hosey en la relación estética-sustentabilidad, establece tres principios: 1. Conservación: al dar forma al producto se debe procurar ser eficiente con los recursos; 2. Atracción: dar forma a los objetos de tal modo que apelen al deseo humano; 3. Conexión: conformar diseños que encajen en su contexto.

De lo anterior, se tiene presente que al experimentar con las variables que se puedan manipular en el desarrollo de materiales con fines estéticos, se procuren los tres principios descritos por Hosey y que resultan pertinentes para integrarse en el planteamiento de sustentabilidad integral del que se toma postura en un principio. Entre estas variables pueden encontrarse la disposición de los enlaces de la estructura del material, los colores, el acabado, la textura, elementos agregados que otorguen un mayor valor estético. Partiendo de la premisa de si el material es sustentable pero no toca las fibras más sensibles del público y pronto termina en la basura, entonces a final de cuentas no se trata de un bien sustentable, esto es, si no es bello, no es sustentable (op cit. 2012). Por su parte, en Cléries (2018:14) se propone un *envejecimiento poético* de los materiales, una forma en que con el paso del tiempo, el material se torne con otras características que resulten bellas a los ojos del usuario del producto y que apele a una longevidad, la cual es una prioridad en cuanto a la circularidad, debido a que el material entre más dure, mantendrá mayor tiempo los recursos en circulación

en vez de en vertederos. Se reitera que los materiales entre más bellos, son más difíciles de desechar.

Al pretender elaborar materiales con denominación de origen o autóctonos, y a una calidad óptima, se puede pensar de manera prospectiva en términos de exportación. El hecho de exportar un producto manufacturado en vez de materias primas, tiene un componente de sustentabilidad de acuerdo con lo manifestado por el manual *design for sustainability* (Crul & Diehl, 2009:49) ya que la elaboración requiere la industria local, que se envuelve en el proceso e implica la creación de un valor agregado local, lo que genera un ingreso y puede tener implicaciones en el combate a la pobreza, por ejemplo.

Consumo de productos sustentables

Los eco-productos bio-basados son objetos con aceptabilidad ambiental derivados de recursos naturales con cualidades reciclables y biodegradables. Este tipo de productos pueden transformar el desarrollo rural al introducir nuevos mercados en la economía agrícola. Como impactos sobre la cosecha de fibras alternativas, se estima que tiene el poder de: 1. mejorar las economías rurales. 2. Crear nuevos empleos. 3. Alentar el establecimiento de pequeñas y medianas empresas. 4. Reducir el impacto del monocultivo intensivo (Bismarck et al, 2006).

En otros aspectos, como el comercial, existe una tendencia creciente sobre la conciencia medioambiental de los consumidores y debido a ello las preferencias de compra han destacado debido a su orientación hacia el sector de los productos sustentables de acuerdo con diferentes encuestas llevadas a cabo por la empresa Mercado Libre, el Institute for Business Value de IBM y Accenture, entre otras. La demanda por productos de carácter sustentable ahora influye en las decisiones de compra, por ejemplo en el estudio de IBM se obtuvo que el 57% de los consumidores cambiaría sus hábitos de consumo para ayudar a reducir el impacto negativo al medio ambiente. Desde 2014, la inversión global sustentable se ha incrementado 68% alcanzando 30 trillones de dólares. Rebasando el 70% de la población encuestada, se busca que las marcas ofrezcan productos ecológicamente limpios, que sean sustentables, apoyen el reciclaje y utilicen componentes naturales. La generación Millennial es el grupo que muestra mayor preocupación por este tema aunque las demás de igual forma siguen la tendencia. De igual forma, ya no es suficiente con nombrar “sustentable” al producto y que el consumidor verifique una etiqueta de ingredientes, sino que se busca mayor

información como el origen, procesos de producción y distribución. Particularmente en México el 62% de los consumidores tiene el cuidado por el medio ambiente como factor determinante de compra (IBM, 2020).

A pesar de que en 1994 comenzó a plantearse el término *consumo sustentable* -definido en el Simposio de Oslo como: “el uso de bienes y servicios que responden a necesidades básicas y proporcionan una mejor calidad de vida, al mismo tiempo que minimizan el uso de recursos naturales, materiales tóxicos y emisiones de desperdicios y contaminantes sobre el ciclo de vida, de tal manera que no se pongan en riesgo las necesidades de generaciones futuras” (CANIPEC, 2017)- hasta años recientes se puede ver que ha cobrado relevancia dados los fenómenos de carácter global que han resultado clave como los impactos del calentamiento global, discursos de activistas y movimientos de grupos medioambientalistas y nuevas legislaciones en torno al cuidado del entorno. En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales es el organismo de carácter político que se encarga de fomentar la adopción de patrones de producción y consumo sostenibles. Apegado a la Agenda 2030, esta secretaría busca promover un entorno libre de contaminación que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano, tomando como estrategia fomentar el cambio y la innovación en los métodos de producción y consumo de bienes y servicios a fin de reducir el extractivismo, uso de energía y minimización del impacto de las actividades antropogénicas sobre el entorno (SEMARNAT, 2021).

El siguiente apartado consta de una revisión de conceptos que le confieren un carácter sustentable al diseño de *Biocomposites*. Se habla de la materialidad en el diseño y como cobra relevancia en el desarrollo de productos sustentables. Se abordan corrientes como la circularidad, *upcycling* o *suprarreciclaje*, el activismo material y de ahí se pasa a una propuesta que engloba lo anterior llamada *Material Designers*. Se cierra con un esquema de tipología de materiales *eco-amigables* donde se ubican los que se desarrollan en esta investigación y se procede al apartado de antecedentes de *Biocomposites*. De manera complementaria, en el **Anexo II**, se aborda una diferenciación en la terminología de los llamados “materiales verdes”; además, se redactó una exploración en cuanto al concepto y la sustentabilidad de los insumos que se seleccionaron para llevar a cabo la experimentación, tanto fibras como biobases.

Marco Conceptual

Materiales, diseño y sustentabilidad.

Para quienes se relacionan con materiales a través de su campo de trabajo, como en el diseño o ingenierías, el rol de los materiales es fundamental tanto desde el aprendizaje como en la práctica profesional. Un ejemplo de ello se vio en el modelo educacional de la escuela Bauhaus, donde los materiales se establecían como parte central del programa de estudios, así como sus combinaciones y a partir de él, muchas escuelas orientaron sus planes en esa dirección.

Se conoce como *materiales* a los distintos elementos y sustancias, simples o compuestos, necesarios para fabricar un objeto. Pudiendo ser de diferente naturaleza, sus propiedades y características inherentes de igual manera difieren tanto a nivel físico como químico (Máxima, 2020). Para Ashby y Johnson (2014) los materiales son ingredientes que los diseñadores usan para imaginar, crear y modificar una idea, y cuando esta sea realizada, llegue a ser, más que un objeto o producto, parte de un sistema más grande de experiencias y una narrativa, algo que tenga su propia voz e historia. Los materiales dan sustancia a todo lo que percibimos en el mundo, incluso más allá de su forma externa: los significados, asociaciones, símbolos o ideas abstractas.

En el diseño de producto se busca una combinación de lo técnico con lo estético, mezclando la utilidad práctica con el deleite emocional, pudiendo verse reflejado por ejemplo en instrumentos musicales, en las armas de guerra como escudos o pistolas, en las *armas de la mente* como las plumas; una combinación de elementos artísticos y científicos hacen funcionar la relación materiales-diseño, en un proceso de encontrar soluciones significativas para la gente, que generen nuevas experiencias e inspiren y creen un impacto positivo en la sociedad así como en la vida diaria. Hoy día la gente busca productos que sean a la vez sustentables y adorables y es tarea del diseñador crearlos. Se necesita evolucionar de una sociedad industrial consumista, a una que respete y admire la materialidad y eficiencia. La materialidad por un lado confiere funcionalidad técnica y personalidad al producto, mientras que la eficiencia se basa en el conocimiento técnico de los materiales y la manufactura (Ashby y Johnson, 2014).

En el proceso tradicional de diseño -descubrir, definir, desarrollar, entregar (Design Council, 2005 en Karana, 2013)- la selección de materiales tiene lugar en la tardía etapa de desarrollo

con un criterio definido por el contexto de manufactura y costos; de una forma muy analítica se seleccionan los materiales y procesos más apropiados para realizar el producto. Pero si los materiales son considerados en una etapa más temprana -la de descubrir- en vez de seleccionar materiales, se estará llevando a cabo un proceso de exploración material, lo cual le otorga un carácter más holístico y abstracto, donde los materiales pueden ser usados para formular objetivos en vez de sólo la realización de producto.

De esta exploración, van Bezooyen (2002, en Karana, 2013:282) propone un método llamado *materials driven design* -diseño guiado por materiales- Método que puede llevarse a cabo de dos formas: usando muestras de materiales para ampliar la generación de ideas o utilizando solo un material como punto de partida para explorar posibles aplicaciones. Mientras que el diseño tradicional se enfoca en la visualización como el bocetaje y el renderizado, el diseño guiado por materiales se basa en exploraciones de prototipado manual. El reto es presentar objetos en bruto, hechos por el material real dentro de un ambiente de taller; se comienza con un material o un conjunto de, y se descubren oportunidades. En vez de problemas, funciones o formas, los materiales en si son el punto de partida proyectual.

Al ser la presente investigación un trabajo centrado en la creación de materiales y con ello lograr objetivos en torno a la sustentabilidad integral, el enfoque anterior del diseño guiado por materiales resulta pertinente dada la familiarización que tiene que llevarse a cabo en un principio con los nuevos materiales, teniendo como fin explorar posibilidades y así proponer aplicaciones para la producción de objetos sustentables, ya sea de manera artesanal o industrial.

Al tener como marco el deterioro global, donde se interconectan asuntos como el cambio climático, crecimiento demográfico, pobreza, urbanización, degradación ambiental, biodiversidad, conflictos, salud y bienestar, consumo de recursos, la sustentabilidad se convierte en el objetivo primario (Kandachar, en Karana 2013:92). Un enlace entre la sustentabilidad ambiental y social-económica a través del diseño es propuesta en torno a la industria de las fibras naturales, donde las comunidades agrarias cultivan y venden su cosecha para el procesamiento industrial en bienes de consumo -como los textiles- lo cual da sustento a millones de familias principalmente en países en vías de desarrollo. El diseño de producto juega el papel de transformar y agregar valor a estos recursos, para contribuir a la acumulación de riqueza principalmente de los productores y comerciantes (op. cit. 2013:98).

Con lo anterior, se logra percibir un desbalance dado que los productores primarios viven su mayoría en condiciones de pobreza y carencias, no obstante, de tratarse de la base de todo el sistema. A pesar de las proyecciones de la FAO y las tendencias del mercado, ambos manifestando un crecimiento en el empleo de fibras naturales, lo cual significa mayor producción, formación de pequeñas y medianas empresas dentro de este sector, aumento de empleos y exportaciones por ejemplo, acorde con Bismarck, et al. (2006:459) “no se cree que esto represente una real mejora de la calidad y estándares de vida de los productores primarios, si la situación del cultivo y el comercio permanece igual, dado el contexto de las condiciones políticas, económicas y tecnológicas que determinan la disponibilidad y adopción tecnológica y posturas de negociación con corporaciones trasnacionales. Además, la posición de los países económicamente en desventaja no permite una forma de proceder publica amigable dadas las presiones implícitas ejercidas por las economías más fuertes y por las políticas internacionales”.

Con estos hechos, se sustenta más la apuesta por una sustentabilidad integral que contemple las necesidades de la comunidad y la organización que se llevará a cabo, las acciones de organizaciones o instancias gubernamentales que pueden favorecer el proyecto, la economía local, el desarrollo científico tecnológico y la intervención en y desde el ámbito cultural, con el fin de lograr una equidad socioeconómica y en armonía con el ambiente.

Agregar valor a una materia prima a través de su procesamiento para obtener un material y posteriormente objeto de diseño sustentable, es un proceso que a pesar de su aparente simplicidad, se convierte en una complejidad de relaciones y acciones por llevarse a cabo con el objetivo de construir un nuevo paradigma de desarrollo, uno integralmente sustentable.

Parte del diseño de los países en desarrollo que queda bajo el término “artesanía”, envuelve materiales y tecnología locales, un proceso basado en métodos intuitivos y comúnmente son producto de la participación y empoderamiento comunitario. Aun cuando no hay un adiestramiento formal de por medio, las comunidades de escasos recursos han demostrado muchas veces que son capaces de innovar, resultado del desarrollo de productos para la satisfacción de las propias necesidades, sin apoyo externo, haciendo uso de recursos locales, identificando restricciones, retos y oportunidades específicos, en un nivel local. Poco a poco, los países en desarrollo han ido percatándose de la importancia del diseño industrial como herramienta estratégica para el crecimiento económico, pudiendo notarse en las

organizaciones nacionales de diseño de cada país que han ido fundándose en las últimas 3 décadas, aunque con intereses en el mercado internacional más que en las necesidades del propio país (Kandachar en Karana 2013:99).

Dado que la industria de los plásticos es una de las más desarrolladas en el último siglo, así como también una de las más contaminantes, la exploración de nuevas alternativas materiales que incorporen un cambio de paradigma en su procesamiento con un sentido más sustentable integral y no sólo ambiental, se precisa urgente y se ha empezado a llevar a cabo en los últimos años. Los materiales de fuentes renovables por si mismos, pueden contribuir al desarrollo sustentable si son explotados de una forma en que no se exceda su capacidad de renovación (op. cit. p100). A pesar de que las fibras son los materiales con los que más antiguamente se ha trabajado, se han comenzado a redescubrir sus virtudes y a emplear en nuevas aplicaciones con el fin de obtener beneficios económicos y técnicos en el sector industrial. Aunado a ello, el interés por obtener “productos sustentables” ha aumentado hasta ser un factor de venta definitivo.

Por otro lado, el papel del diseñador a llegado a percibirse como “un pensador original conceptualmente deliberante, quien, a través de un dialogo activo con los fabricantes, fomenta el desarrollo de nuevo materiales o procesos de producción o los desarrolla él mismo” (Bürdek & Eisele, 2011, en Karana, 2013:169). Y en cualquiera de los casos, la petición es la misma: la producción debe ser basada en materias primas renovables y los productos reciclables y/o biodegradables.

Circularidad

Se considera por Ghisellini et al. (2016, en Cléries et al. 2018:14) que el patrón lineal de consumo -extraer, hacer, (usar) y desechar- es el mayor contribuyente al enorme problema de acumulación de basura. Se argumenta que este modelo conlleva a la escasez de recursos, volatiliza el precio de los mismos, y degrada materiales y productos mientras contamina el ambiente. Es así como se propone un modelo inspirado en ciclos naturales, la economía circular, para cerrar los bucles de flujos materiales, utilizando los residuos como fuente para producir nuevos productos o servicios. En una forma de pensamiento complejo, se debe comprender a los productos como sistemas que están conectados a otros sistemas complejos. Estas conexiones permitirán que los flujos de residuos de un sistema, puedan ser materia prima para otro sistema. Está en las manos del diseñador aplicar este principio de circularidad

en el desarrollo de servicios y productos, tanto creando algunos que duren más tiempo, como también pensando en el futuro de los materiales cuando se conviertan en desechos. (Cléries et al 2018:14).

Upcycling

Para ello, se han explorado alternativas principalmente en la última década tales como el *upcycling*, entendido diferente del reciclado (*recycling*) -como un *suprarreciclado*- el cual “proporciona una oportunidad de que los desperdicios o productos desechados sean transformados en nuevos, reconfigurados, readaptados y mejorados artículos... en alguna versión siendo incluso efímeros como bolsas hechas de residuos de comida... y otros que van desde jabones, alfombras, lámparas, mobiliario e incluso, construcciones enteras” (Bramston y Maycroft en Karana, 2013:123). Mas allá de ser un fenómeno de producción en masa, llegó para reflexionar si se puede competir a través del uso de recursos y técnicas locales contra la producción industrial. A lo que el tiempo en los años subsecuentes ha respondido con cada vez más diseñadores y expertos de otras disciplinas como la biología uniéndose a la tendencia, productos de este tipo entrando al mercado, y desarrollos materiales cada vez más elaborados a partir de este principio.

Residuos de alimentos provenientes de restaurantes, mercados, casas, entre otros lugares donde se generan en gran cantidad, son un ejemplo de materia prima para esta tendencia, los cuales son utilizados para la experimentación o producción de materiales y objetos sustentables que además de ser utilitarios, conllevan a reflexionar acerca de la necesidad de reorientar la búsqueda de recursos para la producción material. A diferencia del trabajo con fibras naturales o con biomasa -como el maíz y otras especies- que puede ser empleada para alimentar a la población, la ventaja del *upcycling* es que no requiere de un cultivo que ocupe extensiones territoriales, uso de recursos como agua, o competir con la necesidad alimentaria. De este modo, el presente trabajo que se enfoca en el aprovechamiento no de un desecho, sino de una planta invasora cuya capacidad de regeneración es muy elevada, adquiere mayor relevancia dado que es una forma de replantear las formas de control con un carácter sustentable, sin la utilización de recursos para su producción o valorar éticamente su uso como suele debatirse con otros ejemplos de biomasa.

Activismo Material

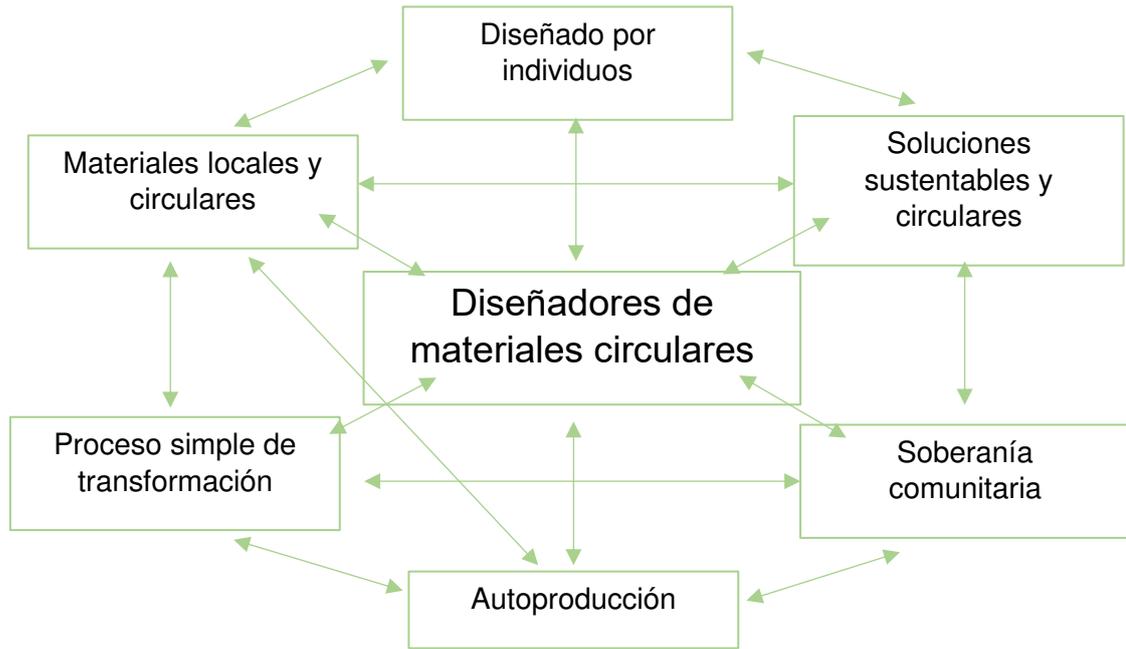
Paralelamente, existe otro concepto material denominado *activismo material* (Ribul, 2013), cuyo fin es explorar una democratización de la producción material con herramientas *hazlo tú mismo*, en cuanto a los materiales y la infraestructura que se pueden tener en casa y desde ahí realizar experimentaciones. Bajo esta óptica, se pueden desarrollar nuevos materiales con tecnología no avanzada, empleando los insumos a criterio de cada creador, pero siguiendo algunas pautas científicas que son compartidas de forma “libre” en internet por los activistas que van de los bioplásticos a los biotextiles, de polímeros fúngicos o bacterianos para empaques hasta materiales para construcción. En el caso de los materiales que se pretende proponer utilizando lirio acuático se seguirá en parte esta forma de producir, utilizando tecnología poco menos que especializada y materiales como biobases que resultan biodegradables o de bajo impacto ambiental, con el fin de democratizar la creación y aplicación de los materiales surgidos en el desarrollo experimental. Teniendo en cuenta que el fin es implementar una actividad productiva en zonas rurales y cuyo inicio puede verse muy limitado en recursos dada la situación actual, es preciso desarrollar un proceso que contemple una austeridad en las herramientas y los insumos a emplear para desarrollar los materiales.

Diseñadores de Materiales

De manera reciente, ha sido consolidada una propuesta por parte de las instituciones: *Elisava Barcelona School of Design and Engineering*, el Departamento de Diseño del *Politecnico di Miano*, y *Ma-tt-er London*. Es llamada *Material Designers* (2020), y consiste en un proyecto, co-fundado por el *Creative Europe Programme of The European Union* cuyo objetivo es impulsar talentos hacia economías circulares en el continente.

Material Designers consiste en una plataforma, un programa de entrenamiento, un premio y una serie de eventos donde se exhibe y demuestra el impacto positivo que los diseñadores de materiales pueden tener en todo tipo de industria y en la generación de una industria creativa alternativa, orientada a la economía circular. Estos datos y los que se muestran a continuación han sido obtenidos de su *MaDe Book*, un documento que contiene un marco conceptual, metodológico y una compilación de artículos, entrevistas y proyectos de los participantes en el certamen.

Figura 11: Consideraciones en la propuesta *Material Designers*



Fuente: *Material Designers Book*, 2020

Esta figura muestra los aspectos más relevantes, involucrados en la iniciativa de alentar a los diseñadores a crear materiales dirigidos hacia una economía circular de una forma integral, procurando un impacto favorable a las cuestiones ambientales, sociales y culturales de una determinada comunidad. Se trata quizá de la propuesta más reciente y que se ha convertido en el mayor referente al empatar con los lineamientos de este proyecto.

De acuerdo con Cléries, et al. (2020), se trata de empoderar comunidades para la búsqueda de alternativas aplicadas a la industria o la creación de actividades desde un sector creativo, como lo es a través de nuevas exploraciones a partir del diseño y con la colaboración de otras disciplinas. El diseñador funge como un facilitador de materiales derivados de una reflexión del contexto, de los procesos con los que pueden crearse y de ideas para su aplicación, ya que basado en palabras de Manzini (1986), se ha entendido que el diseñador no solo puede transformar y crear usando el material para su invención, sino que puede inventar el material mismo.

Ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático

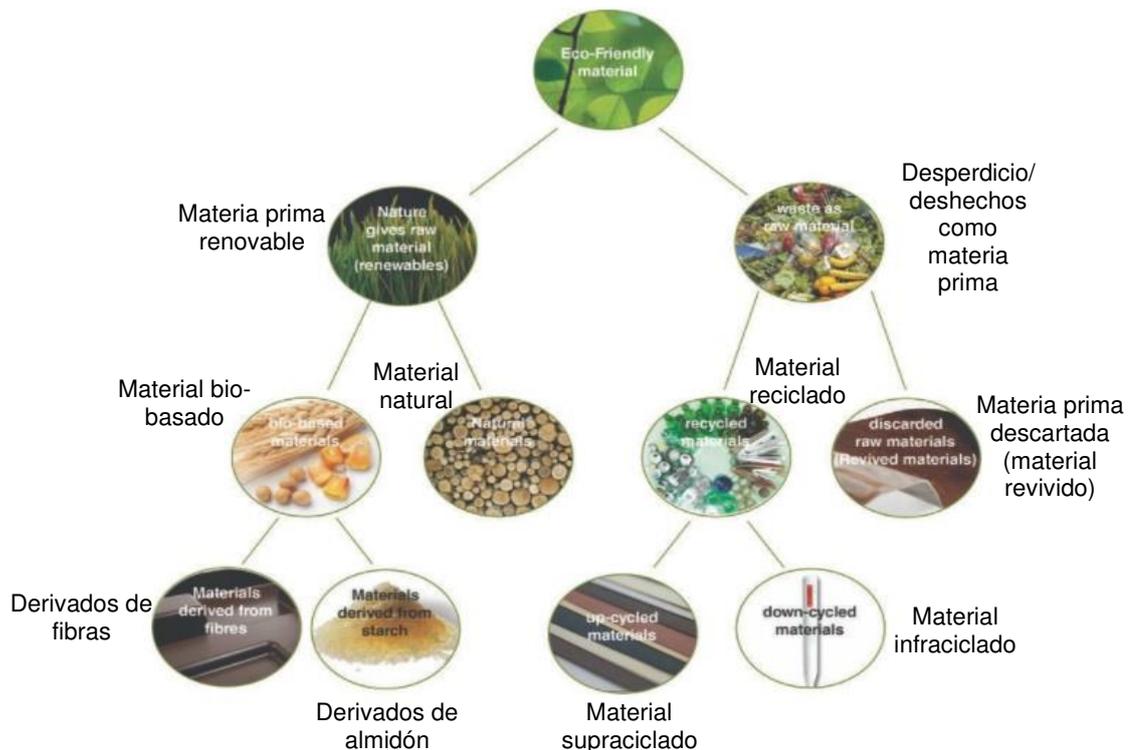
Esto es algo que se ha llevado a cabo en el continente europeo, donde se puede apreciar, que se trata de proyectos internacionales, interinstitucionales, cofundados por programas orientados al ámbito creativo. Dentro del contexto de los países latinoamericanos habría de

investigarse si ya se cuenta con redes de este tipo, que unan el ámbito creativo o al diseño y las acciones por contribuir de manera positiva ante el deterioro ambiental. Lo que se ha podido apreciar es que han surgido diversos estudios y talleres donde se llevan a cabo experimentaciones de este tipo de materiales, ya sea independientes o contando con apoyos institucionales.

Naturaleza del material

Dentro de la plataforma *Material Experience Lab* de Elvin Karana⁴, existen estudios dirigidos a la creación de materiales eco-amigables. En uno de ellos se presenta una clasificación que resulta importante incluir. Los materiales por explorarse en esta investigación estarán integrándose, de acuerdo con esta clasificación (*ver fig. 12*) en la ramificación izquierda al estar conformados por materia prima renovable, algunos de ellos bio basados y otros de solo material natural. Esto es, a través de la experimentación se lograrán sinergias materiales con el fin de brindar un amplio espectro de posibilidades y que con ello no solo se convierta la biomasa en un recurso de valor, sino se aporte una solución ante su exacerbado crecimiento, pudiendo percibir beneficios ecológicos y socio-económicos.

Figura 12. División de materiales “eco-friendly”



Fuente: Sauerwein (2015).

⁴ Proyecto *Revived Beauty* en la plataforma *Material Experience Lab*: <http://materialexperiencelab.com/revived-beauty>

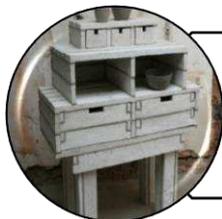
Estado del Arte de *Biocomposites*

Al ser un *biocomposite* -a grandes rasgos- un material constituido por una matriz o aglutinante y un refuerzo como por ejemplo fibras vegetales, se podría pensar que el hombre fue el creador de estos materiales. Sin embargo, la naturaleza los ha desarrollado en un sinnúmero de presentaciones, por ejemplo, según García (2017) en la madera donde la lignina actúa como matriz y la celulosa como fibra de refuerzo; los huesos formados por un ligante de calcio y fibras de colágeno; el nácar de los moluscos, constituido por carbonato de calcio o aragonita y un biopolímero de conquiolina. Ahora, además de plantear la fabricación de materiales ambientalmente amigables, se busca desde un enfoque más integral, que estos tengan impactos sociales, económicos, estéticos, científico-tecnológicos, culturales relevantes para coadyuvar a la transformación de una realidad desde el diseño.

Proyectos de sustentabilidad material

Al mantener una línea de aprovechamiento de residuos para la fabricación de biocompuestos integralmente sustentables, que tienen trascendencia en otros aspectos -además del ambiental- como en el social y económico, se señalan ejemplos de proyectos que aunados a las problemáticas identificadas en lo local, y los factores que justifican el estudio, sirvieron de motivación para el inicio de este trabajo. Algunos son enunciados a continuación:

Figura 13. Paper pulp



Compuesto de pulpa de periódico y una biobase

Fuente: <https://www.debbiewijskamp.com/paper-pulp-cabinets/>

Elaborado en 2009 por Debbie Wijskamp, en Holanda. Se trata de un material de construcción de mobiliario a base de papel periódico desechado y un bio-aglutinante (formula propia de la diseñadora, no pública).

Figura 14. Ex-presso project



Biocompuesto de residuos de café y bio-resina

Fuente: <http://contemporaryfoodlab.com/hungry-people/2014/12/hungry-mind-julian-lechner/>

Fabricado por Julian Lechner, Ex-presso (2010) es un proyecto de aprovechamiento del residuo de café de las máquinas de espresso. Al mezclarse con caseína o bio-resina, da lugar a objetos como tazas y otros recipientes.

Figura 15. Zostera Stool



Fuente: <https://www.dezeen.com/2015/11/14/washed-up-seagrass-resin-eco-material-zostera-stool-carolin-pertsch/>

Carolin Pertsch en 2015 a través de sus experimentos, da lugar a este material/diseño, *zostera stool*, conformado por una especie de alga de las playas de Alemania y una resina producida a partir de aceite vegetal. Con él, fabrica asientos de bancos como muestra de su aplicación.

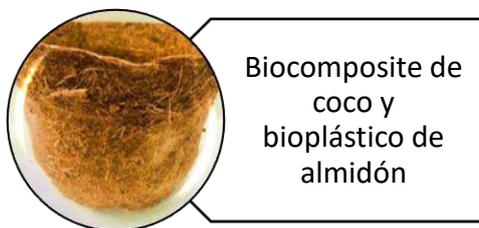
Figura 16. Sargablock



Fuente: <https://ibrokermexico.com/crean-sargablock-a-partir-de-sargazo/>

A partir de la problemática del sargazo de las costas del noreste de México, en 2018 Omar Vázquez encuentra la oportunidad de aprovechar esta alga en la fabricación de bloques de adobe para la construcción de vivienda de escasos recursos.

Figura 17: Ecodiseño de coco



Fuente: Sánchez, A. 2019.

Desarrollado por Ana Karina Sánchez Saucedo en 2019, consiste en la experimentación de bioplásticos y cascara de coco para la producción de objetos de ecodiseño. Las matrices se suponen biodegradables mientras que en cuanto a la fibra, se da un aprovechamiento de materia desechada por la industria del coco.

Figura 18: Cheer Project



Fuente: <https://www.gauravmkwali.com/cheer-project>

Como una solución ante los incendios agravados por la gran acumulación de residuos de pino en bosques de India, en 2019 Gaurav Wali ofrece este compuesto de fibras y almidón, cuyas formulaciones le otorgan distintas propiedades materiales para la elaboración de objetos, argumentando ser sustentable y 100% biodegradable.

Biocomposites basados en el aprovechamiento de lirio acuático

El lirio acuático comenzó a aprovecharse desde que se convirtió en plaga en los países a los que ingresó, como una primera línea de control. Su empleo en torno a la creación material se planteó hasta hace pocos años. Han surgido microempresas dedicadas a su transformación en papel y derivados, artesanías tejidas con los tallos y de forma más reciente se ha planteado como fibra para la fabricación de *composites* y partes del sector automotivo principalmente. Se ha manifestado gran interés en las últimas dos décadas por la creación de gran variedad de proyectos de este tipo -tanto de investigación como comercializados- de utilización sustentable de residuos y malezas principalmente, orientados a su transformación en materiales industriales/artesanales.

Esta planta ha sido propuesta como materia prima, por ejemplo, por su cualidad absorbente, para retener contaminantes producto de derrames. Vargas (2017) menciona una variedad de productos derivados ya existentes y posibles como composta, papel, artesanías, absorbente de tóxicos, materiales constructivos, texturizantes de pinturas, insumo para hornos, forraje, remediador de suelos, algunos de ellos producidos a manera de biocompuesto, con el agregado de matrices químicas o biológicas. Ajithram, (2020) Por su parte, evalúa su empleo en compuestos con resina epóxica mostrando características muy similares a las que aportan las fibras sintéticas; esto, orientado a industrias como la automotriz. Para una producción textil de forma no tejida, se ha propuesto por Bhuvaneshwari y Sangeetha (2017) a través de un proceso de desfibrado y combinado con otra fibra -de cáñamo- que tiene mayor poder de cohesión.

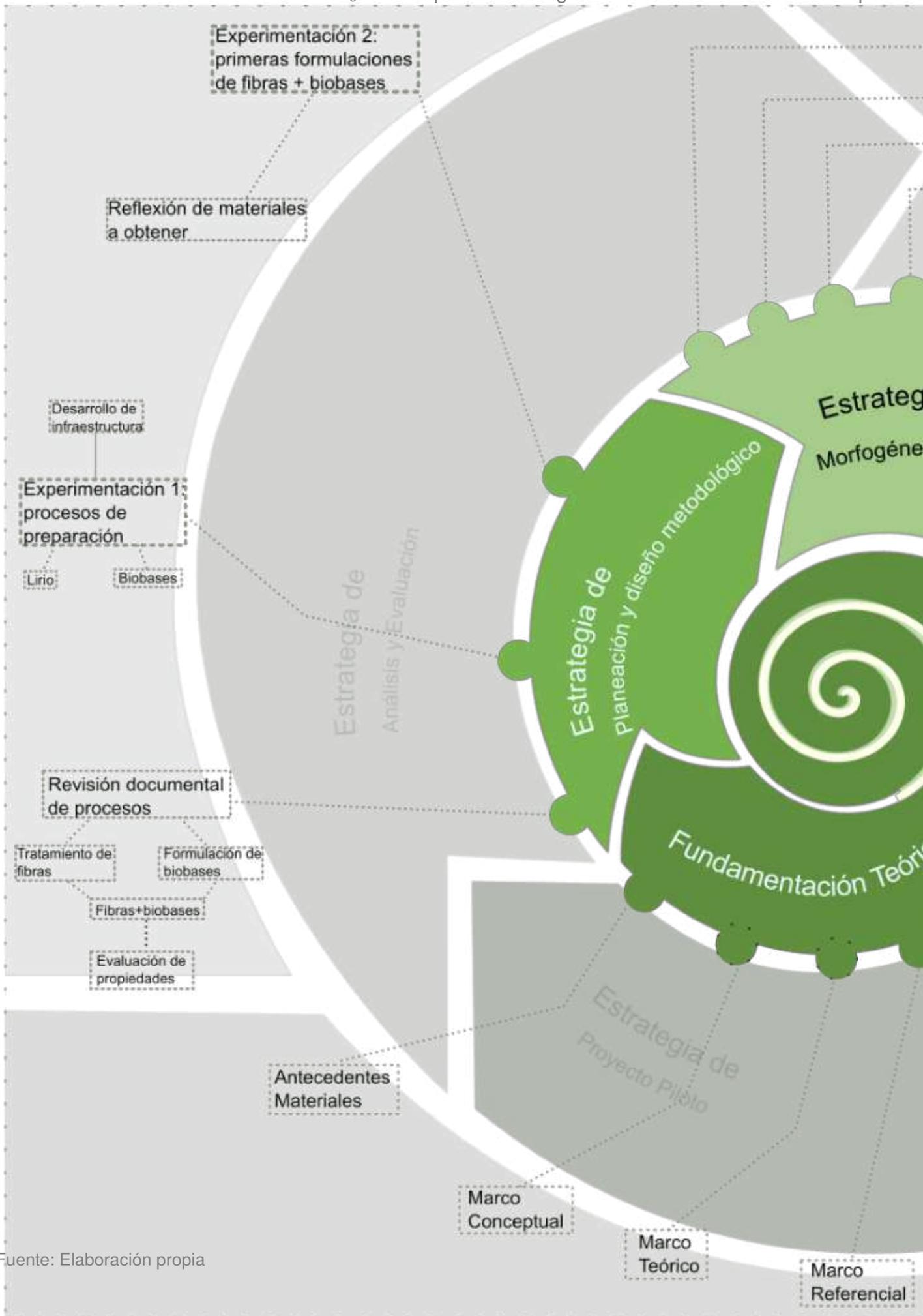
En cada escenario se han aprovechado residuos o malezas como recursos para la formulación de alternativas materiales, dirigidas a cubrir necesidades que se detectan en cada uno de los contextos en que se han desarrollado. Algo en común se ha contemplado al investigar a fondo los procesos para la conformación de estos compuestos y es el empleo de insumos complementarios sustentables, así como infraestructura accesible y baja tecnología, aplicada en la preparación de fibras y moldeo, por ejemplo, donde los diseñadores desarrollan los elementos necesarios para llevar a cabo el procedimiento susceptible de adaptarse a comunidades rurales. Con ello, el siguiente apartado contempla los procesos aplicables al presente proyecto para que a partir de ahí se genere una metodología de desarrollo material con el lirio acuático como elemento principal.

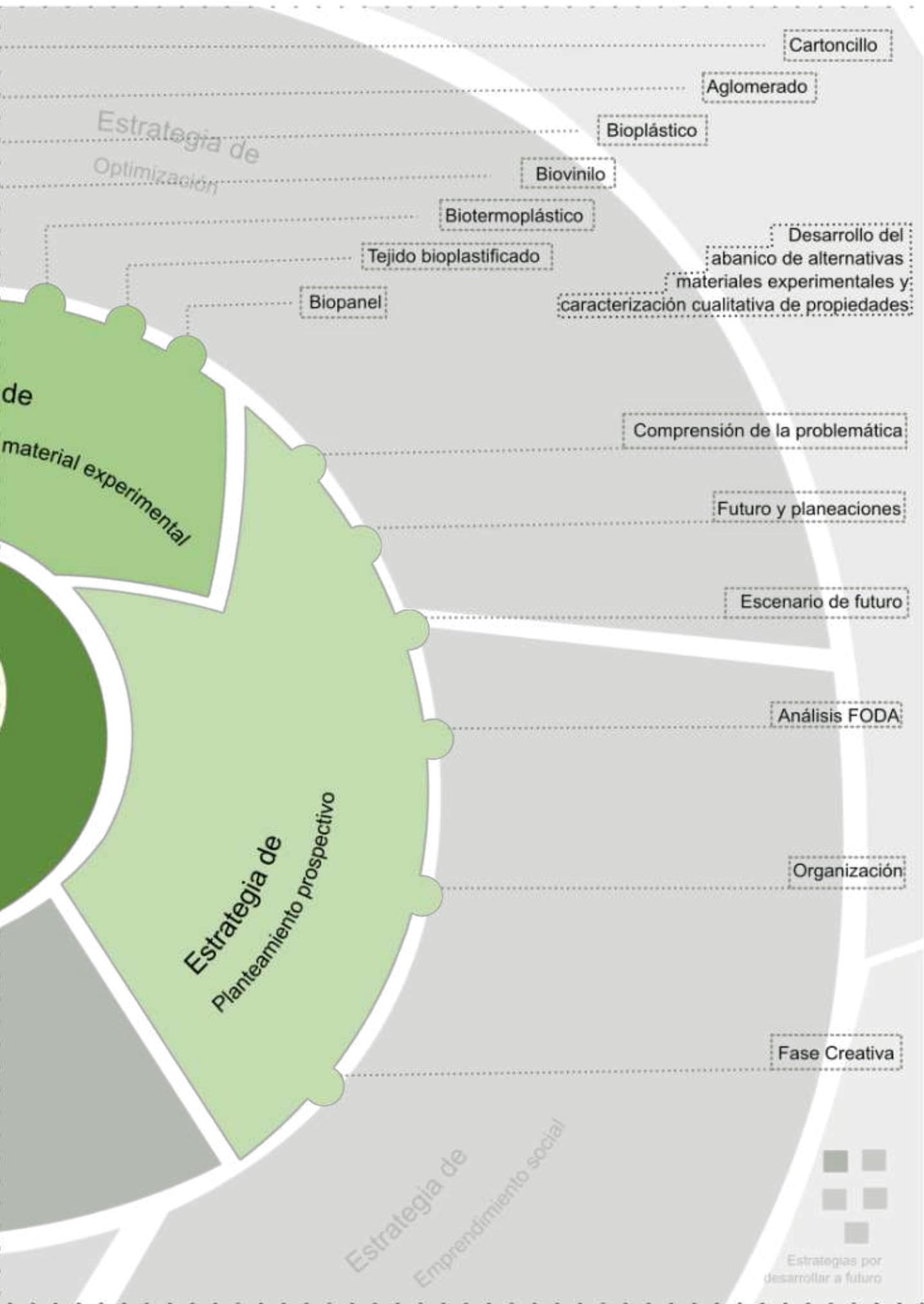
3

RESULTADOS

“El diseño no puede cambiar el mundo, pero puede dar forma a un mundo cambiante”
Ezio Manzini

ESTRATEGIA DE ESTRATEGIAS PARA
EL ECODesarrollo DE
BIOCOMPOSITES CON LIRIO ACUÁTICO

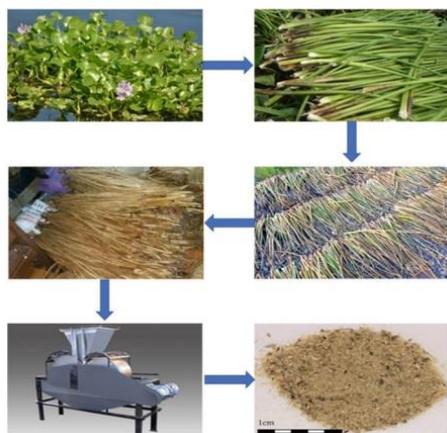




Con el fin de implementar un sistema de producción ecológica de *biocomposites* -en coherencia con el contexto y el objetivo de sustentabilidad integral definidos a partir de la revisión documental- se llevó a cabo una búsqueda de los procesos con el menor impacto a la salud tanto ambiental como humana, derivando hacia procesos simplificados, factibles de ser llevados a cabo en comunidades vulnerables con carencia de servicios, espacios reducidos, nivel de inversión bajo, empleando las herramientas y maquinaria más accesible en uso y costos, la menor utilización posible de sustancias o aditivos tanto renovables como no renovables, así como un uso óptimo de energía y de igual manera, la menor posible, ya sea eléctrica o proveniente de combustibles. De este modo surge una *estrategia de estrategias* (ver fig. 17), compuesta por tres: 1. Estrategia de planeación y diseño. Un conglomerado de procesos retomados de una documentación previa, para la fabricación de *biocomposites* en las circunstancias descritas. 2. Estrategia de morfogénesis material. Transformación de insumos en compuestos, de compuestos en experimentos materiales, de experimentos en materiales perfectibles. 3. Estrategia de prospectiva. Exploración de modelos de simulación con los materiales, aplicaciones posibles, factibles y deseables y derivación hacia otros proyectos.

Estrategia de planeación y diseño

Figura 20: Proceso general de preparación de la biomasa.



Fuente: A. Ajithram, 2020

A partir de este punto, comienza la metodología, donde se lleva a cabo una revisión de procesos, para establecer los propios y dar paso a la etapa experimental. En primera instancia, se establecen los procesos para la preparación del lirio acuático como materia prima para la fabricación de biocompuestos, partiendo de las bases teóricas del tratamiento de fibras para su empleo como refuerzo en biocompuestos. Un acercamiento general al tratamiento de la planta es brindado por Ajithram (2020), con una secuencia de: extracción, corte de raíces y hojas (que son desechados) secado y triturado (ver fig. 18). En lo establecido por Malik (2007) se puede percibir que la

manera más sostenible de cosechar el lirio es a través del empleo del esfuerzo físico por parte del personal y esto se podría respetar en los lugares en que la introducción de maquinaria resulte difícil o muy invasiva para el medio natural. Pero a gran escala se tendría que emplear

el recurso de maquinaria para la extracción de grandes cantidades, ya que se trataría de una inversión redituable, procurando el menor impacto posible en el ecosistema que se esté ingresando. Otro proceso a considerar radica en la obtención de los tamaños o presentaciones de partícula de la fibra de refuerzo. Pudiendo ser en polvo, chips o fibra larga. Esto es debido a que se ha encontrado que esta variante tiene una influencia en las propiedades del material, según Granero, V. et. al. (2013).

Algunos autores como Velázquez (2002) y Cortes (2014) hablan sobre el tratamiento de la biomasa lignocelulósica con el fin de optimizar sus procesos posteriores, por lo que se continuarán buscando alternativas, ya que cualquiera de los tratamientos propuestos, pudiendo ser de temperatura crítica o químicos, derivan en una alternativa no tan sustentable como la que prescindiera de ello, ya sea por el empleo de maquinaria especializada de costos elevados o por la contaminación ambiental que supone el uso de aditivos sintéticos para acondicionar la fibra.

Una vez que se establecen los procesos pertinentes para la transformación del lirio en materia prima sustentable, se procede a la experimentación con biobases. Un ejemplo de ello se encuentra en Sánchez (2019) quien brinda ecodiseños de biocompuestos a partir de fibra de coco y almidón, haciendo de ello un producto viable, accesible, biodegradable, compostable, de bajo impacto ambiental en su ciclo de vida (fig. 19). Para el caso de los biocompuestos con lirio se analizan indicadores de sustentabilidad de las biobases como disponibilidad en el mercado local, el menor impacto ambiental en su producción, los costos más accesibles y las mejores propiedades físico-químicas para su integración en biocompuestos, que puedan resultar en una gama de materiales con propiedades diferentes para usos diversos.

El siguiente proceso consiste en la formulación de lirio agregado a las biobases. Para la mezcla se encuentran referencias de distintas fuentes como *Biologystudio*, *Recipes for material activism*, *Biomatters*, el trabajo ya antes citado de Ana Karina Sánchez de compuestos de coco con almidón, y experimentaciones de diseñadores que han elaborado bioplásticos bajo estos principios. La fórmula base de bioplástico se predeterminó en la proporción 4:1:1:1 -agua,

Figura 21: Modelo de experimentación.



Fuente: Sánchez, A. (2019)

fibra, aglutinante, glicerina y vinagre respectivamente-. El proceso se sugiere sea mezclando la biobase en frío, verter en un recipiente para llevarse a punto de ebullición sin dejar de mezclar y posteriormente agregar la fibra y seguir mezclando para lograr una incorporación lo más homogénea posible.

En el caso de las otras biobases consideradas se procede de forma particular de acuerdo con las características de cada una, por ejemplo, con la resina de pino se experimentará con fibra triturada en vez de pulpa de lirio al ser insoluble en agua y se dará otro tipo de mezclado. Con la caseína se experimentará sin aditivos químicos como se ha encontrado en las fuentes, al igual que el mucilago de nopal.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se plantearán mejoras para la optimización de las mezclas, se modificarán los procesos y se llevarán a cabo ya sean nuevas formulaciones o primeras producciones de material en molde de una dimensión mayor al de la caja de Petri en la cual se realiza la primera experimentación.

Al encontrar las mejores opciones materiales en cada proceso, se seleccionarán para convertirse en la formulación designada y para ser sometidos a pruebas de carácter cualitativo, evaluando características como las ilustradas en la figura 20. Adicionalmente se evaluarán otras como flexibilidad, tiempo de secado, fuerza, resistencia al impacto, hidrofobia y cálculo de densidad. Se brindará una noción del perfil de sustentabilidad considerando aspectos como los recursos, energía utilizada y tóxicos emitidos en su producción.

Figura 22: Evaluación cualitativa de algunas características sensoriales y técnicas.

MATERIAL PROPERTIES	
SENSORIAL	TECHNICAL
GLOSSINESS	GLOSSY
TRANSLUCENCE	0%
STRUCTURE	CLOSED
TEXTURE	SMOOTH
HARDNESS	HARD
TEMPERATURE	MEDIUM
ACOUSTICS	POOR
ODOUR	MODERATE
	FIRE RESISTANCE
	POOR
	UV RESISTANCE
	UNKNOWN
	WEATHER RESISTANCE
	MODERATE
	SCRATCH RESISTANCE
	MODERATE
	WEIGHT
	LIGHT
	CHEMICAL RESISTANCE
	POOR
	RENEWABLE
	YES

Fuente: materialdistrict.com

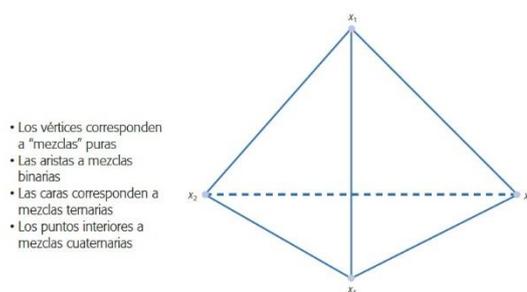
Ya en una etapa de empleo en la fabricación de producto se establecerán recomendaciones sobre los procesos para trabajarse como las máquinas adecuadas y métodos de moldeo para la obtención de objetos, las características de diseño material que pueden implementarse como colores, agregado de cargas y otras ornamentaciones, así como también el costo estimado por pieza de biocompuesto.

Se tiene de igual manera una prospectiva de llevar a cabo pruebas de propiedades mecánicas en laboratorio para establecer resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y flexión, humedad, etcétera. Si embargo este tipo de pruebas quedan sujetas a disponibilidad por parte de las instituciones donde inicialmente se planeó su realización y que actualmente se encuentran inhabilitadas o con un acceso muy restringido debido a la situación de pandemia.

Como base para el diseño de experimentos se tiene como referencia la obra de Gutiérrez y De la Vara (2008) cuyo apartado “Diseño de experimentos con mezclas” resulta idóneo para los casos de exploración material que en el presente trabajo se llevarán a cabo (fig. 21). En él, los autores mencionan que los objetivos de estos experimentos son:

1. Determinar cuáles de los ingredientes de la mezcla o interacciones entre ellos tienen mayor influencia sobre una o varias respuestas de interés.
2. Modelar las respuestas de interés en función de las proporciones de los componentes de la mezcla
3. Usar dichos modelos para determinar en qué porcentaje debe participar cada uno de los ingredientes para lograr que la fórmula tenga las propiedades deseadas.

Figura 23. Representación geométrica de un diseño de experimentos con mezclas



Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2008)

Procesos de preparación: lirio y biobases

A continuación, se muestran los procesos que dan inicio a la etapa experimental dentro de la metodología, basados en los métodos revisados anteriormente. Por principio de cuentas, se pretendía obtener de propia mano la muestra de lirio acuático proveniente del pueblo de San Gregorio; sin embargo, debido a la alta tasa de contagio de covid-19 en la zona, se obtuvo a través de un pedido a un comerciante del mercado de flores en Cuemanco, quien se encargó de extraer el lirio acuático del canal aledaño y cortar las raíces para almacenarlo en costales, permitiendo de esta forma, ser enviado a domicilio para trabajarlo. Se trató de un total de 37.8 kg de materia fresca de lirio acuático, cuyo peso después del proceso de secado se redujo a 4.1 kg. Para el secado de la materia, tal como se revisó en la literatura, se trataba de exponerla al sol e intercambiar diariamente la parte de encima por la de abajo para evitar que esta se pudriese. Sin embargo, al tratarse de una gran cantidad de lirio y poco espacio disponible para extenderlo, se propuso un modelo de secador (*ver fig. 22*) para un proceso más eficiente y sin perder materia, que con los fuertes vientos llegaba a dispersarse y en condiciones de humedad por lloviznas el de la parte baja podría comenzar a descomponerse. Con el artefacto fue posible agregar la mayor parte del lirio adquirido y conforme iba encogiéndose se ingresaba lo que restaba fuera. En vez de cambiar de lugar constantemente la materia seca por la aún húmeda, solo bastaba con voltear el bastidor, a través del cual fluía el aire evitando la descomposición del lirio y acelerando su secado. En menos de una semana -que es lo que usualmente se menciona que tarda en secar en piso- se pudo retirar el material para su almacenamiento y uso, y sin pérdidas como sucedía al aire libre.

Figura 24: Proceso de secado: 1 y 2. Inicialmente por esparcimiento e intercambio frecuente, presentando pérdida de materia (por viento) y retraso de secado (por humedad ambiental y acumulación debajo) además de invasión de insectos como hormigas y moscos. 3 y 4. Secado eficiente en bastidor con flujo continuo de aire, luz solar por ambos lados al voltear diariamente el bastidor, contención de toda la materia ingresada, impidiendo pérdida y proliferación de insectos.



Fuente: Elaboración propia

Para los experimentos se necesitaba emplear la materia vegetal de diferente forma: seca-triturada y húmeda-ablandada para luego ser molida. En la mayoría de los casos, un tamaño de partícula más fino promovería un mejor procesamiento, de acuerdo con lo revisado en previas investigaciones. Para ello, en esta temprana etapa, se llevó a cabo el diseño y la manufactura -por cuenta propia- de un triturador eléctrico, con el objetivo de ser un instrumento para reducir el tamaño del material de forma eficiente y con facilidad de producción y el costo más bajo posible. Parte importante de este estudio es el promover una autogestión en los procesos, por lo que al plantear llevarse a cabo en condiciones de austeridad, es importante generar elementos tecnológicos propios, como en este ejemplo.

Figura 25: Tritrador propio. Diseño CAD (izq.) Diseño fabricado (Der).



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Tamaños de partícula de lirio triturado.



Fuente: Elaboración propia

Al ingresar la materia seca por la tolva, los discos la trituran para que posteriormente se filtre por una criba, la cual puede cambiarse con el fin de entregar diferentes tamaños. Al tamizarse, se obtuvieron tres diferentes tamaños de partícula (ver fig. 24), para ser agregados según corresponda a cada experimento o para su posterior tratamiento, ya sea licuándose en húmedo o permaneciendo remojados en agua para su ablandado. Una experimentación preliminar para estimar la cohesión de fibra se llevó a cabo empleando la materia triturada. Se colocó en una licuadora con agua y se molió por el lapso de un minuto. Posteriormente la mezcla se vertió en una bolsa de tela manta de cielo para exprimirse y aglutinarse de forma manual; se dejó secando y al día siguiente se encontraba endurecida, aunque se desintegraba y partía con relativa facilidad, por lo que comparándose con otras fibras revisadas en la literatura como la

de linaza o la celulosa de papel reciclado, no se puede prescindir de aditivos u otros procesos que mejoren la adhesión de la fibra por si sola para la obtención de materiales.

Se revisaron procesos de pre-tratamiento que consistían en *steam explosion* (Velázquez, 2002) -con reactores de laboratorio-; hervido de fibra con agentes alcalinos para lograr la disolución de componentes no-celulósicos; y el ablandado por molido, sumergimiento y refinado, propuesto por Rahmawati, et al (2018) para la producción de un *biotablero* de fibra de lirio. Al ser este último el proceso más viable y de bajo impacto ambiental, fue el que se llevó a cabo como pre-tratamiento de la fibra.

El lirio seco se trozó en partes pequeñas y se sumergió en agua durante 168 horas aproximadamente. Se extrajo y se licuo en húmedo para hacer la fibra más fina. Para utilizar esta biomasa en las pruebas, se le retiraba el agua excedente presionando la fibra dentro de una bolsa de manta entre dos recipientes y el agua se recolectaba para reutilizarla en los siguientes procesos.

Figura 27: Pretratamiento



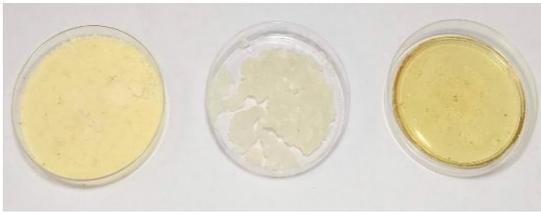
Fuente: elaboración propia

Para la obtención de matrices se realizó una experimentación con recursos lo más sustentables posible en su procesamiento, producción, logística y costos. Se adquirió caseína, resina de pino, grenetina, *hot melt* o cola vegetal, cera de abeja, almidón de maíz y papa. Por otro lado, se obtuvieron mucílago a partir de nopal-verdura y semilla de linaza, sometidos a un proceso de corte y decantación -con el nopal- y hervido y filtrado -con la linaza-. En la revisión de investigaciones y manuales, se obtuvieron formulas cuyo contenido incluye vinagre (por el ácido acético) y glicerina, que se adquirieron en comercios locales.

Se comenzó con una experimentación de las biobases para conocer su comportamiento ante la formulación de bioplástico elegida de proporción 4:1:1:1 en peso -agua, vinagre, glicerina, sustancia aglutinante, respectivamente-. Esta fórmula se empleó con grenetina, almidón de maíz y caseína, con pesos de 40g agua y 10g los demás componentes. El compuesto fue pesado en sus partes individuales, posteriormente mezclado en frío, vertido en un recipiente para su calentamiento en una parrilla eléctrica y mezclado en caliente; una vez llegado a hervir, lo cual debido al bajo volumen sucedió en alrededor de 1 minuto, se retiró del calor y se colocó en cajas de Petri para su solidificación. De esta primera prueba se obtuvo que la caseína no es apta para la formulación, ya que no logró aglutinarse, presentando una consistencia pastosa. El almidón de maíz solidificó rápidamente, pero debido a esta rápida pérdida de

humedad, se fragmentó. Por su parte la grenetina permaneció estable, sin gran pérdida de volumen y con una estructura flexible (fig. 26).

Figura 28: Biobases izq-der: caseína, almidón de maíz, grenetina.



Fuente: Elaboración propia

Para la siguiente prueba (ver fig. 27) se agregó únicamente agua a la caseína; el mucílago de nopal se vertió sin agregados y el hot melt se preparó acorde a las instrucciones del proveedor PULITECH: agregando agua calculando la consistencia deseada y colocando en baño maría para su fusión. Como resultados, la caseína

mostró una mejor adherencia, pero se encontró fragmentada y fácilmente se desintegra. El mucílago seco por completo, únicamente dejando el recipiente manchado. Por su parte el hot melt permaneció en una sola pieza; el primer día se mostraba flexible, luego de 6 días logró una dureza superior hasta ser más rígido que la grenetina, perdiendo poco volumen.

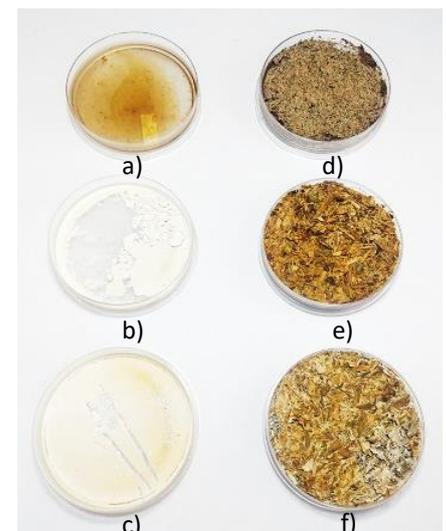
Figura 29: Biobases izq-der: caseína, hot melt, mucílago de nopal.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente etapa de experimentación (fig. 27) consistió en el agregado de cargas a las biobases. Se tenía interés particular en el mucílago de nopal, por lo que se realizaron 5 pruebas más además de la ya realizada de mucílago solo -a)-. Consistieron en el agregado de b) calcita, c) caolín, (formulación 10g mucílago, 1.5g carga); d) fibra fina de lirio seca e) pulpa de lirio (formulación 30g agua, 10g mucílago, 3g glicerina, 3g vinagre, 3g lirio); y f) fibra de lirio y caolín (20g agua, 10g mucílago, 1.5g caolín, 3g lirio). Se obtuvo que en el agregado de calcita y caolín (b y c) el mucílago aglutinó a manera de recubrimiento, ya que se adhirió a la caja de Petri. Con el agregado único de fibra seca fina se formó una sola

Figura 30: Mucílago como biobase.



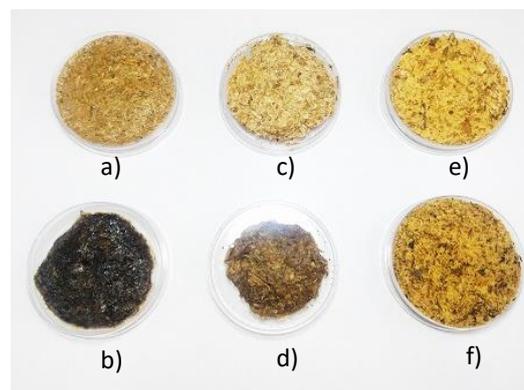
Fuente: Elaboración propia

pieza de material homogéneo, pero de muy fácil fragmentación. En la formulación de bioplástico (d y e) se aglomero en una mezcla pastosa pero no plastificada, tendiendo a desintegrarse al extraerla del molde, al igual que en la formulación f). Con estos hallazgos se prevé que el mucílago es efectivo al ser empleado como recubrimiento o aglutinante débil. Para una función plástica debe formularse junto a otra biobase como se encontró posteriormente en la literatura, por ejemplo, con quitosano o almidón y con un aditivo sintético como alcohol polivinílico.

Un siguiente grupo de formulaciones fue llevado a cabo con grenetina, almidón de papa, y caseína. Con la formulación de bioplástico 4:1:1:1:0.33, donde se agregaron 40g de agua, 10 g de vinagre, 10g de glicerina, 10g de aglutinante y 3g de lirio. En una primera etapa (*ver fig. 29*), se agregó fibra de lirio triturada fina. Obteniendo a) con grenetina un compuesto muy sólido, flexible, fácilmente desmoldado, con baja pérdida de volumen, sin deformación significativa al secar por completo; b) con almidón de papa una masa sólida, menos

flexible que la anterior, que llega a pegarse a la superficie contenedora y sufre una moderada deformación y pérdida de volumen al secar por completo. e) con caseína se obtuvo una mezcla pastosa que no presentó adherencia y se desintegra fácilmente. En una segunda etapa la fibra agregada tuvo un tratamiento previo hirviéndose y moliéndose, siendo agregada en estado húmedo a la mezcla, lo que dio como resultado visible un cambio en la coloración de la mezcla resultante y variaciones como una mayor pérdida de volumen y deformación al secar. Pudiendo observarse en b) con grenetina y d) con almidón. Mientras que en f) con caseína ocurrió lo mismo que en los casos anteriores, al no haber una adherencia de la materia, desintegrándose fácilmente. De esta forma, para la biobase plástica -para vaciado en molde, principalmente- se estará empleando una combinación de grenetina y almidón que a través de las experimentaciones que se desarrollaron a continuación, mostraron mejores propiedades que por separado. Y para una aplicación de moldeo manual o bajo presión, se empleará la formulación de almidón, ya que la grenetina presenta un rápido secado al tacto que no permite mucho tiempo para trabajarla y en el caso del prensado, se adhiere al molde.

Figura 31: Biobases con formulación de bioplástico.

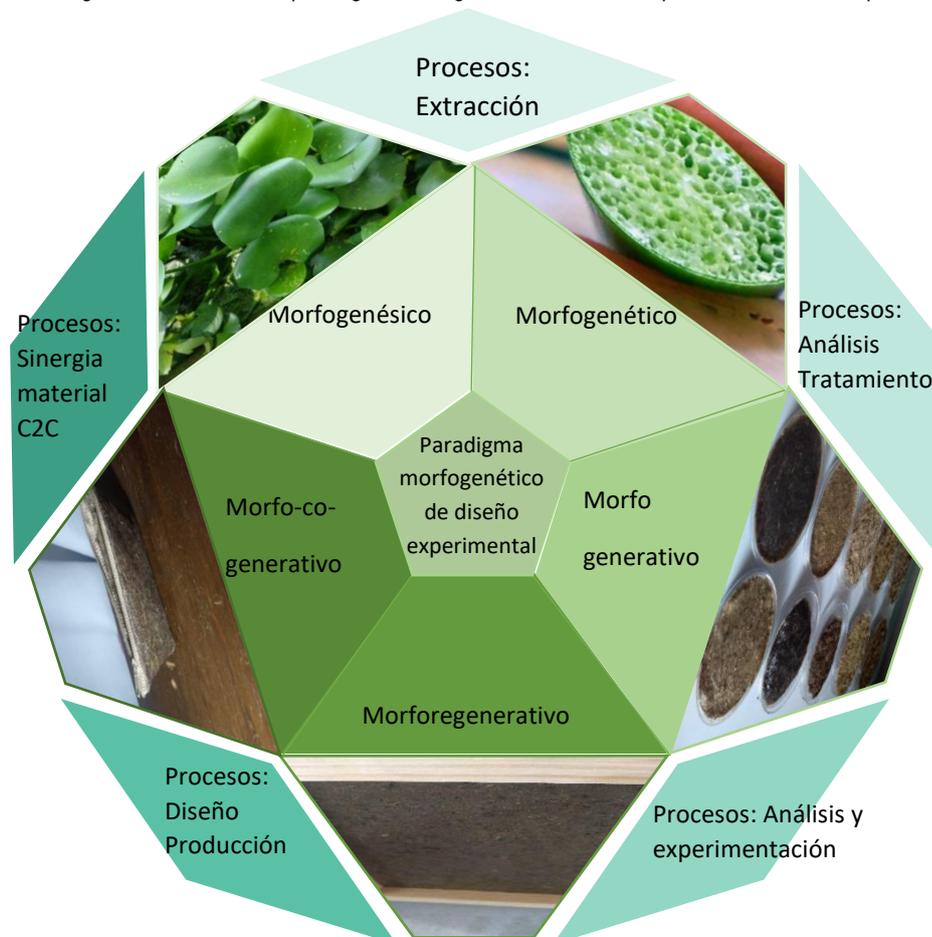


Fuente: Elaboración propia.

Estrategia de morfogénesis de diseño integral basado en *biocomposites*

Este apartado contiene los resultados materiales obtenidos de las experimentaciones anteriores, más algunos procesos específicos de producción en cada caso. Como ya se ha abordado anteriormente, un biocomposite consiste en una matriz o aglutinante y un refuerzo generalmente fibroso, que en sinergia dan lugar a un material compuesto, con características diferentes -mejores, en el sentido de aplicación al diseño- a las que ofrecen por separado. Y como se ha podido apreciar en la ruta metodológica, para la obtención de estas propuestas hay una tendencia marcada al procesamiento de la forma más natural posible, recurriendo a la mayor reducción y optimización en el uso de recursos energéticos, naturales y renovables, a la biodegradabilidad y compostabilidad, a la menor contaminación, además de la simplificación para un fácil aprendizaje y adopción de los métodos, estando basados en corrientes de diseño y elaboración como el activismo material y el suprarreciclaje, mencionados en el capítulo anterior.

Figura 32: Procesos de paradigma morfogenético de diseño experimental en biocompuestos,



Fuente: Basado en Lee (2019). Elaboración propia

Material 1. Papel-Cartoncillo

En una primera experimentación, se licuó el lirio acuático seco y se procedió a vaciar y moldear a manera de papel hecho a mano dentro de un bastidor, que a su vez se colocó dentro de un recipiente rectangular con agua. En cuanto se extrae del bastidor es colocado en una superficie de triplay para su secado, cuyo tiempo fue de 24 horas. Las muestras obtenidas consistieron en un aglomerado muy frágil y que tiende a deshacerse debido a la escasa fuerza de cohesión del lirio al natural. Se implemento un agregado de mucílago de linaza como aglutinante, para mejorar la cohesión y dar flexibilidad a los lienzos (fig. 31). A pesar de lograr un mejor resultado con esta adición, las piezas continuaban presentando una porosidad que al manipularse sufría desprendimientos de fibra. Por lo que se recurrió a buscar otras alternativas para lograr el resultado más óptimo.

En una etapa final (fig.32), para mejorar la adherencia de la fibra y procurar una superficie lisa, se empleó el agregado de celulosa de periódico molido. Se obtuvo pulpa de lirio, se filtró el agua y se partiría de muestras de 20g de nuevo.

Figura 34: Secado parcial en bastidor, desprendimiento, prensado en húmedo, secado total en tela, láminas secas.



Fuente: Elaboración propia

Esta vez con diferentes concentraciones de pulpa de periódico, al 90, 80, 70, 60 y 50%. Por lo que las muestras contendrían 18g lirio-2g periódico; 16g lirio-4g periódico; 14g lirio-6g periódico; 12g lirio-8g periódico; 10g lirio-10g periódico. La proporción 80/20 resultó idónea al integrar la mayor parte posible de lirio acuático, conservar su estética particular, secado rápido y flexibilidad. El 20% de pulpa de periódico le otorgo cierta rigidez, resistencia y evita el desprendimiento de fibra. Prensar en húmedo le otorga firmeza, una superficie más lisa y evita la formación de arrugas al secar. Por su parte, la prueba 90/10 cuenta con desprendimiento de fibra, mientras que las subsecuentes con mayor agregado de periódico se vuelven más rígidas.

Figura 33: Laminados con mucílago de linaza.



Fuente: Elaboración propia

Se trata de un material laminado tipo cartoncillo conformado por 80% lirio acuático y 20% periódico reciclado; diseñado para ser resistente al emplearse en proyectos donde lo requiera, a su vez para tener una estética diferente a los papeles comunes comerciales, y para ser utilizado en procesos de impresión y otros usos como diseño o artes gráficas, siendo sustentable en su producción y disposición, permaneciendo a un precio competitivo.

Figura 35: Papel-cartoncillo



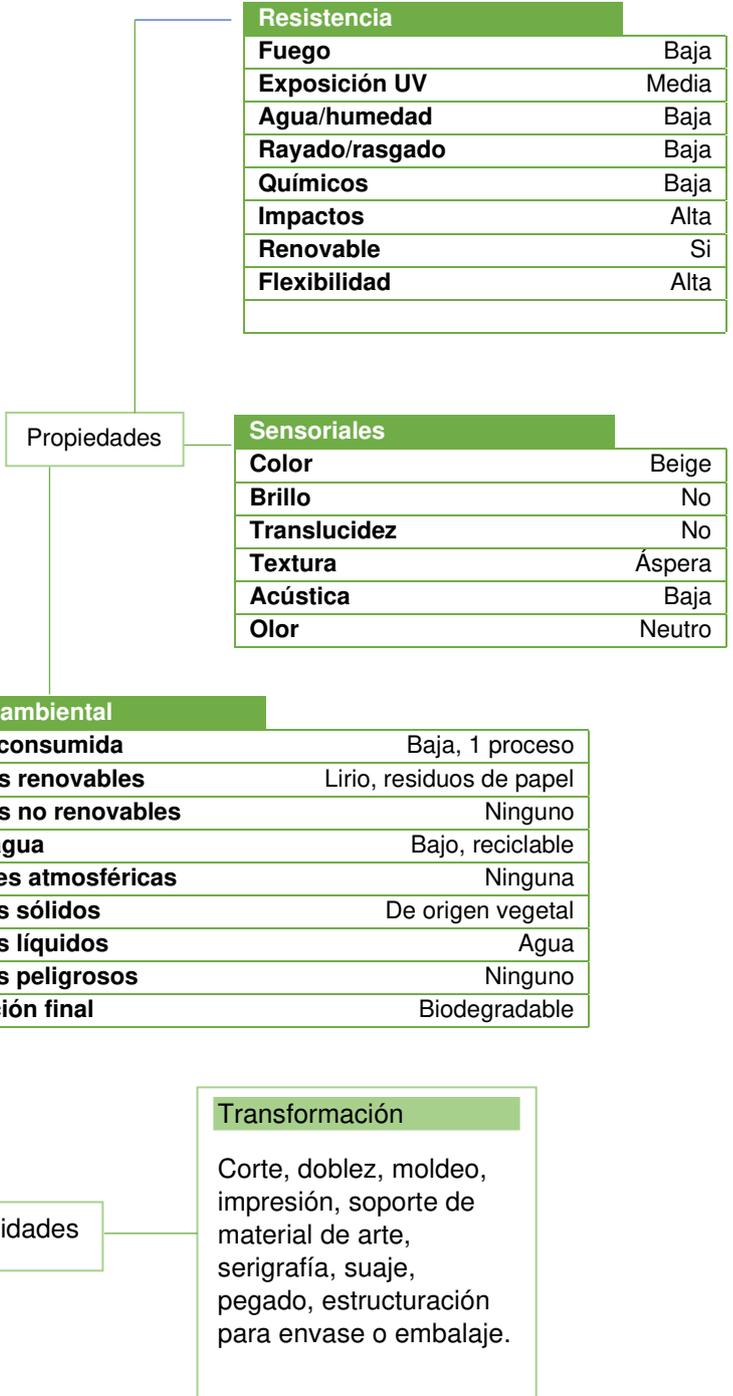
Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones muestra:

13.3 cm x 18 cm x 0.036 cm

Peso: 2.43 g

Densidad: 0.282 g/cm³



Material 2. Aglomerado

A partir de los resultados de la experimentación anterior, se pensó en hacer un material basado en el mismo procedimiento, pero con ajustes para que el material adquiriera diferentes medidas con el fin de emplearse en otro tipo de proyectos. Para optimizar el aglutinado de la fibra se consideró el uso de periódico, de bioplástico, así como también la pulpa de lirio molida sin aditivos.

Se realizaron dos pruebas por fórmula con los compuestos, en una se encontrarían sujetos a presión y en la otra sin aplicación de ésta, más que la que se requiere para ingresarlos a un molde, cuyas medidas son 30 x 100 x 22 mm. La cantidad vertida en todos los casos fue de 60g. Las proporciones utilizadas para los compuestos pulpa de periódico-lirio y bioplástico-lirio fueron 80/20 y 90/10, siendo la mayor parte fibra de lirio.

Figura 36: Moldeo



Fuente: Elaboración propia

Se cubrió el molde con plástico (*fig. 34*) para evitar la adherencia del compuesto con bioplástico de almidón; en las otras pruebas no fue necesario. Una vez lleno al ras, se dejaba secando la prueba sin presión, mientras que a la otra prueba se le comprimió con prensas tipo "C" (*fig. 35*). El tiempo de secado fue variable, siendo más largo para el caso del bioplástico (5 días).

Como resultado, los compuestos con bioplástico sufrían un encogimiento que deformaba sustancialmente su estructura. Por su parte los que contenían pulpa de periódico al secar se curvaban y fácilmente se rompían. El mejor resultado se obtuvo con los que se componían 100% de lirio acuático y fueron sometidos a presión, ya que la contracción y deformación se dieron en un nivel mínimo (*fig. 36*).

Figura 37: Prensado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Muestras frescas (izq). Muestras secas (der)



Fuente: Elaboración propia

El aglomerado de lirio presenta debilidad al colocarse “de cara” y ser sometido a esfuerzo de flexión, sin embargo, al ser colocado de canto, cada barra de prueba permite ser sometida a mayores presiones. A los 4 días que seco completamente se presenta como en la figura

Figura 39. Aglomerado sin aditivos



Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones muestra:

2. 95 cm x 9.45 cm x 0.84 cm

Peso: 10.40 g

Densidad: 0.44 g/cm³

Propiedades

Resistencia

Fuego	Baja
Exposición UV	Media
Agua/humedad	Baja
Rayado/rasgado	Media
Químicos	Baja
Impactos	Alta
Renovable	Si
Flexibilidad	Baja

Sensoriales

Color	Beige
Brillo	No
Translucidez	No
Textura	Lisa
Acústica	Media
Olor	Neutro

Impacto ambiental

Energía consumida	Baja, 1 proceso
Recursos renovables	Lirio
Recursos no renovables	Ninguno
Uso de agua	Bajo, reciclable
Emisiones atmosféricas	Ninguna
Residuos sólidos	De origen vegetal
Residuos líquidos	Agua
Residuos peligrosos	Ninguno
Disposición final	Biodegradable

Diseño material

Colores, texturas

Posibilidades

Transformación

Corte, moldeo, pegado, ensamblado

Material 3. Bioplástico

Para este material se empleó una formulación de bioplástico sugerida por el *manual de activismo material* -abordado en la revisión de literatura- siendo una matriz constituida por cuatro partes de agua y una de almidón de papa, vinagre y glicerina. Se calentaron 30g de agua hasta hervir y se agregaron 7.5g de cada uno de los demás componentes, mezclando durante 1 minuto hasta tener una mezcla homogénea (fig. 38). Posterior a ello, el compuesto se vació en un recipiente, integrándose a la fibra de lirio previamente molida y con el exceso de agua retirado. Esta formulación es de tipo fluido y permite ser moldeada mientras se encuentre húmeda, tardando en secar por completo de 3 a 5 días (fig. 39).

Figura 40: Preparación de bioplástico



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se experimentó con otro compuesto agregando grenetina (3.75g y 3.75g de almidón), del cual se obtuvo una formulación de fraguado rápido, ya que al comenzar a enfriarse, se endurece, por lo que su mejor uso es a través de moldes. El resultado consistió en placas plastificadas rígidas que encogen y sufren leves deformaciones al secar por completo. Derivado de ello se procedió a bajar el porcentaje de carga de bioplástico. En cada molde que contó con 15g de fibra se le agregaron diferentes porcentajes del bioplástico hasta obtener el compuesto más óptimo.

Desde el 10% al 50% del peso total fueron agregados en diferentes moldes, es decir, desde 1.5g de bioplástico hasta 7.5g. A partir de esto, se obtuvo como mejor resultado el agregado mínimo (10%=1.5g) de aglutinante bioplástico, siendo 13.5g de pulpa de lirio. El material se presenta como un aglomerado rígido al secar, con encogimiento leve y sin grietas o particiones en su estructura, a diferencia de las pruebas con mayor cantidad de bioplástico.

Figura 41: Mezcla de fibra y bioplástico



Fuente: Elaboración propia

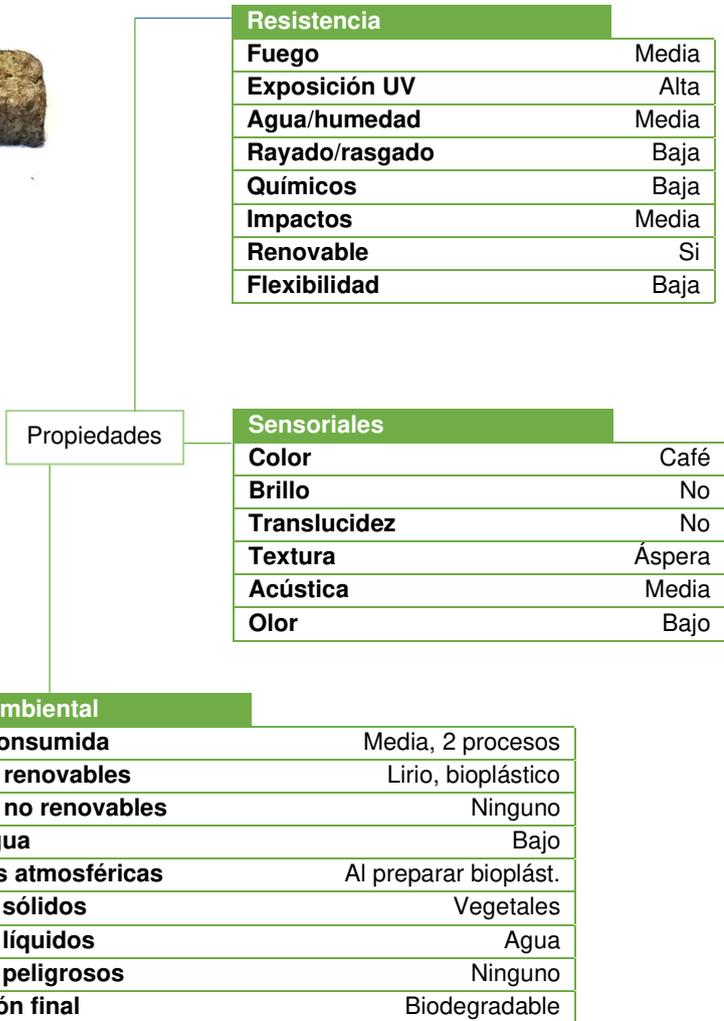
Como puede verse (fig. 40), el primer cubo se muestra más integrado, sin deformación. Aunado a ello, el secado es menos prolongado. Lo más importante es que se requiere una cantidad mínima de otros recursos -como energía eléctrica- para su producción. Se empleó para el moldeo en plástico y de forma manual. Pero podría optimizarse para su uso a través de una pistola extrusora para la obtención de otros resultados.

Figura 42: Muestras de bioplástico con lirio



Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones muestra (cubo):
 2.74 cm x 9.22 cm x 1.42 cm
 Peso: 10.39 g
 Densidad: 0.29 g/cm³



Material 4. Biovinilo

Este material consiste en una mezcla de bioplástico flexible basado en grenetina y la adición de fibra de lirio acuático ya sea en seco o en pulpa húmeda. Se experimentó con diferentes cantidades de glicerina y grenetina, debido a que de estos componentes depende la relación flexibilidad-resistencia del resultado final. Se comenzó por una fórmula de proporción 10:1:1:1 (agua, grenetina, vinagre, glicerina) y se fue modificando de acuerdo a los resultados.

Los moldes utilizados consistían en un marco de madera de 14 x 21.5 x 2.2 cm con una base de melamina. El procedimiento comenzó con la preparación del bioplástico, hirviendo 100 g de agua y posteriormente agregando los componentes. Una vez hecha la mezcla, se vertía en un recipiente y se incorporaba la fibra de lirio ya sea en húmedo o en seco. Con el primer resultado, se obtuvo cierta flexibilidad brindada por la grenetina, sin embargo, distaba de ser lo deseable. Por ello, después de varias pruebas, se agregó el doble de glicerina y se redujo la grenetina, siendo esta la fórmula final: agua 100g + grenetina 7.5g + glicerina 20g + vinagre 10g. Respecto a la cantidad de lirio, además de modificar la traslucidez del material (ver fig. 42), otorgaba diferentes consistencias. A mayor cantidad de fibra, el material resultaba con mayor espesor, pero fácilmente se rompía al flexionarse. Las cantidades óptimas para la fórmula establecida, fueron de 3g de lirio triturado (seco) y 20g de lirio en pulpa (húmedo).

La solidificación del material ocurría a la brevedad, alrededor de 10-15 minutos después de ser vertido en moldes, pero el secado total ocurrió en aproximadamente 96 horas a la intemperie. Las cargas que brindan otros aspectos, se agregan de forma adicional procurando ser de bajo peso y alta pigmentación, como en el caso de materia vegetal: hojas,

Figura 44: Laminados de Biovinilo con diferentes cargas



Fuente: Elaboración propia

Figura 43: traslucidez con carga baja



Fuente: Elaboración propia

ceniza, carbón, etc. Con la fórmula óptima 10:0.75:2:1 se obtuvieron buenos resultados que permitieron hacer algunas pruebas de uso del material, presentando flexibilidad, resistencia a la ruptura, nula viscosidad y bajo olor. Al agregarse carbón y ceniza a las mezclas, se logró variar la apariencia sin afectar las cualidades del material (fig. 41).

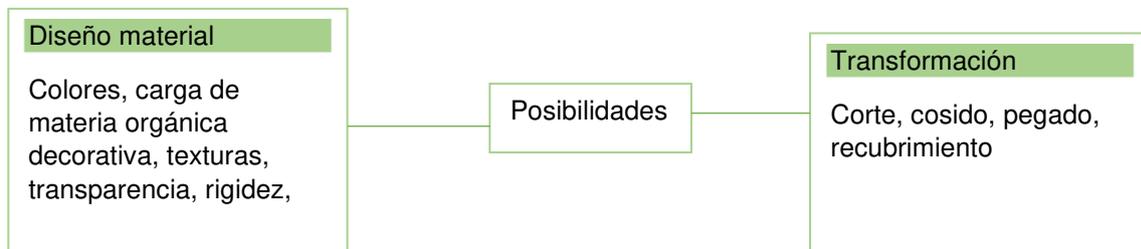
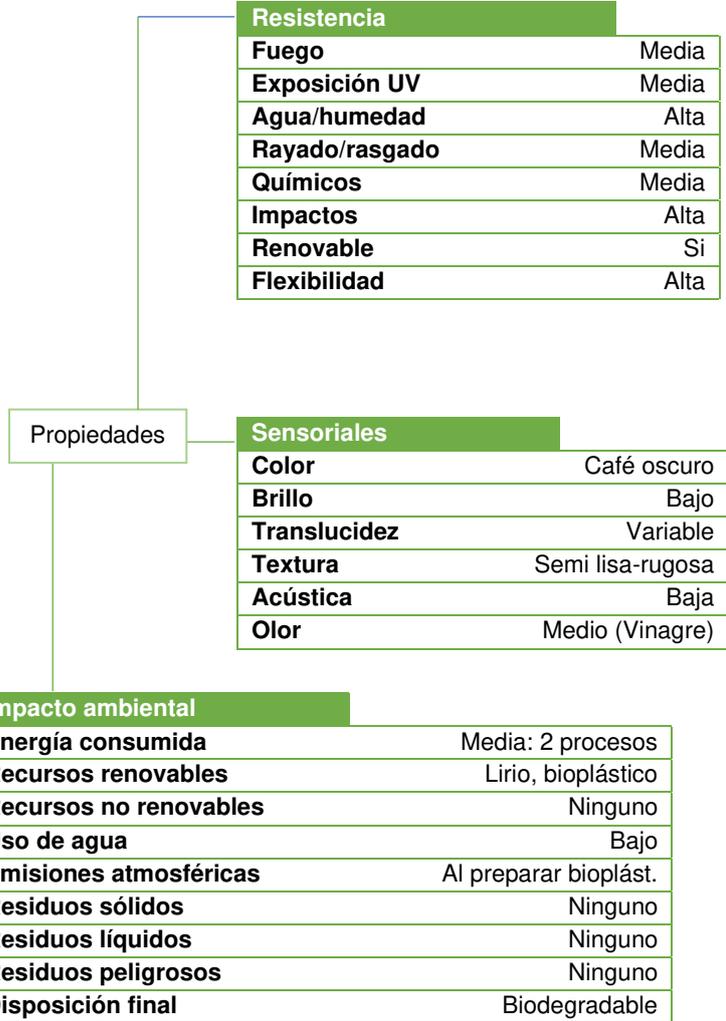
Material laminado, de carácter flexible, con un comportamiento similar al vinilo y al cuero, que puede variar en textura, translucidez y flexibilidad de acuerdo a la cantidad de fibras agregadas y glicerina. Adquiere un tono café oscuro por la fibra de lirio en húmedo. Sin embargo, puede variarse con el agregado de cargas como ceniza (grisáceo) o carbón (negro) como se observa en la siguiente figura:

Figura 45. Muestras de Biovinilo



Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones muestra:
 14.6 cm x 21.4 cm x 0.11 cm
 Peso: 31.72 g
 Densidad: 0.92 g/cm³



Material 5. Biotermoplástico

Esta experimentación se llevó a cabo con las matrices termoplásticas: cera, resina de pino y hot melt. En un primer proceso con la resina de pino en presentación rocosa se colocó en un recipiente para suministrarle calor y llegar a su punto de fusión y así poder verterse en un recipiente (fig. 44). Se obtuvo un resultado no satisfactorio al fragmentarse fácilmente durante su secado.

Al fundirse se agrega inmediatamente al molde que ya contiene la fibra de refuerzo, en este caso se emplearon 30g de resina y 3g de fibra (fig. 45, a). Su manejo se dificulta ya que al perder calor, comienza a solidificarse de manera rápida, por lo que se encontró en pruebas de diseñadores que un agregado de cera de abeja le añade flexibilidad y fluidez.

Para esto, se formularon 15g de resina, 15g de cera y 3g de lirio triturado seco (fig. 45, b), una muestra plástica de buen acabado, pero con cierta fragilidad. Cabe señalar que la resina es insoluble en agua.

Se encontró que para diluirla, se emplean sustancias químicas que al agregarse a la mezcla, emanan gases tóxicos durante su fusión. También es por ello que la fibra de lirio siempre deberá estar deshidratada.

Por último, con la cola vegetal o hot melt, se procedió agregando 30g de granulado y 10g de agua en un recipiente colocado en baño maría.

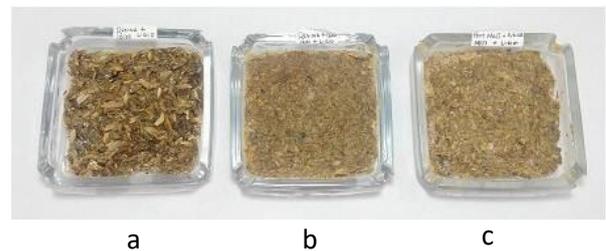
Una vez que se fusionó de forma homogénea, mezclándose en caliente, se vació en un molde que contenía 3g de fibra triturada. Al secar se obtuvo un plástico con menor fragilidad y mejor forma de trabajarse, ya que al ser soluble en agua se puede diluir hasta lograr la consistencia deseada (fig. 45, c)

Figura 46: Resina de pino sólida y fundida



Fuente: Elaboración propia

Figura 47: Vaciados de bio-termoplástico con lirio.



Fuente: Elaboración propia.

Para este tipo de bioplásticos se siguen procesos de moldeo en yeso y silicón, debido a la temperatura de vaciado y la necesidad de antiadherencia. Los procesos llevan a resultados de tipo artesanal, obteniendo diversas formas y apariencias cada vez que se desarrollan. Cabe destacar que existen principalmente una gran ventaja y desventaja para el material, ya que suele ser frágil al sufrir un impacto, pero tiene la capacidad de ser vuelto a trabajar con el suministro de calor.

Figura 48: Biotermoplásticos (izq. a der.): resina de pino; resina de pino y cera de abeja; cola vegetal



Fuente: Elaboración propia.

Base: Cola vegetal + Agua (3:1)

Dimensiones muestra:

7.83 cm x 8.01 cm x 0.38 cm

Peso: 17.1 g

Densidad: 0.71 g/cm³

Base: 70% Resina de pino + Cera de abeja 30%

Dimensiones muestra:

8.13 cm x 8.16 cm x 0.57 cm

Peso: 31.32 g

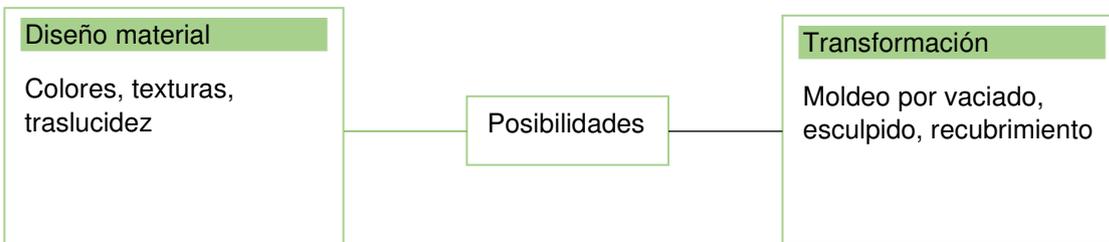
Densidad: 0.82 g/cm³

Resistencia	
Fuego	Media
Exposición UV	Media
Agua/humedad	Alta
Rayado/rasgado	Alta
Químicos	Media
Impactos	Baja
Renovable	Si
Flexibilidad	Baja

Sensoriales	
Color	Café claro
Brillo	Medio
Translucidez	Variable
Textura	Lisa
Acústica	Baja
Olor	Neutro

Impacto ambiental	
Energía consumida	Media, 2 procesos
Recursos renovables	Lirio, resina, cera
Recursos no renovables	Ninguno
Uso de agua	No
Emisiones atmosféricas	Al fundir resina
Residuos sólidos	Resina quemada
Residuos líquidos	Ninguno
Residuos peligrosos	Ninguno
Disposición final	Biodegradable

Propiedades



Material 6. Tejido bioplastificado

Para este material se solicitó el lirio tejido a una comunidad de artesanos en Veracruz con la que previamente se había establecido conexión con el fin de conocer los procesos y otros datos del negocio. Debido a la disponibilidad y rapidez de elaboración, se optó por esta opción para ahorrar tiempo y enfocarse en el procesamiento del material compuesto (fig. 47).

El material se prensó en seco utilizando prensas tipo “C” de 8 pulgadas y triplay de 15mm. Una vez realizado el primer compactado, se procedió a

Figura 50: proceso de bioplastificado



Fuente: Elaboración propia.

recubrir la muestra con bioplástico de almidón (proporción 4:1:1:1) por ambos lados. Posteriormente se cubrió con plástico de tipo bolsa para ser prensado con calor. La compresión final se llevó a cabo con prensas tipo “C”, y de base, placa de metal de 2mm interior y triplay exterior.

La temperatura alta se suministró con una pistola de calor de 1800w por 3 minutos a 600° (nivel máximo de operación), a una distancia de 3 cm de la muestra, para acelerar el secado y lograr estabilidad en el prensado. Una vez que se retiró el material, se encontró casi seco y se logró reducir el espesor de 4.5 a 1.5 mm de forma permanente, con una rigidez mayor (fig. 48).

Figura 49: Proceso de tejido



Fuente: Elaboración propia.

Se probó con variaciones en el proceso, como muestras que solo fueron prensadas, sin el bioplástico, las cuales tendían a recuperar su forma normal, aunque con ligeras deformaciones producto de la compresión, y otras a las que después del prensado se agregaba el bioplástico o no se les aplicaba calor, resultando de formas similares: tendencia a recuperar la forma original.

Figura 51: Máxima compresión (1.5mm)



Fuente: Elaboración propia.

El material permanece sensible a la humedad, por lo que al emplearse para la fabricación de objetos que se pudieran encontrar en contacto con líquidos, tendría que recubrirse para evitar desperfectos, tal como en los productos derivados de la industria forestal.

El tejido bioplastificado se caracteriza por ser un material semi-rígido, de un espesor de 1.5 mm, con un comportamiento similar al de una chapa de madera. Mediante los procesos llevados a cabo permanece siendo biodegradable, aunque si se recubre con sustancias para su preservación, pierde esta cualidad, apelando por una vida útil más larga.

Figura 52. Tejidos bioplastificados



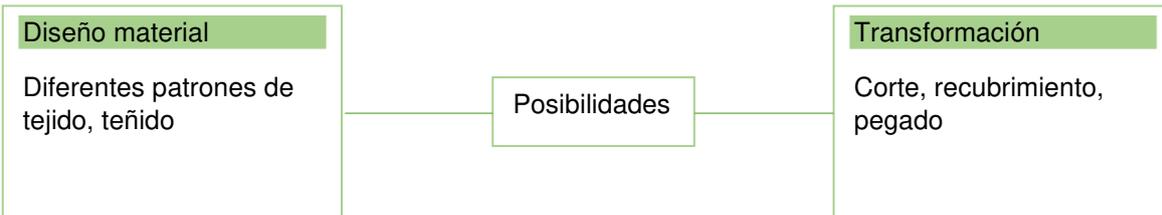
Fuente: Elaboración propia.

Prensado en húmedo
 Dimensiones muestra:
 7.6 cm x 9.64 cm x 0.15 cm
 Peso: 6.85 g
 Densidad: 0.52 g/cm³

Resistencia	
Fuego	Baja
Exposición UV	Alta
Agua/humedad	Media
Rayado/rasgado	Media
Químicos	Alta
Impactos	Alta
Renovable	Si
Flexibilidad	Baja

Sensoriales	
Color	Gama de cafés
Brillo	No
Translucidez	No
Textura	Lisa
Acústica	Baja
Olor	Neutro

Impacto ambiental	
Energía consumida	Baja, 1 proceso
Recursos renovables	Lirio, bioplástico
Recursos no renovables	Ninguno
Uso de agua	Bajo
Emisiones atmosféricas	Al preparar bioplást.
Residuos sólidos	Ninguno
Residuos líquidos	Ninguno
Residuos peligrosos	Ninguno
Disposición final	Biodegradable



Ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático

Material 7. Biopanel

El contacto con dos materiales surgidos en la experimentación -el aglomerado y el tejido plastificado- por sus cualidades resultantes, permitieron desembocar en una última exploración, en forma de panel de tipo sándwich. El comportamiento del tejido a manera de chapa y la rigidez del aglomerado colocado de canto y en grupos, unido a través del bioplástico de almidón sujeto a presión, dan lugar a este material. El proceso tuvo lugar con las pruebas

Figura 53. Proceso de laminado



Fuente: Elaboración propia

resultantes de los procesos anteriores y el bioplástico a base de almidón de papa con proporción 4:1:1:1.

Se inició con las barras de aglomerado (100% fibra de lirio sin aditivos y comprimidas), las cuales fueron adheridas con bioplástico de almidón untado en sus caras y sujetas a presión durante 24 hrs con la ayuda de prensas tipo “c”, colocando tiras de madera para lograr una compresión uniforme. Ambas piezas de lirio tejido (previamente tratadas con bioplástico, calor y presión) fueron untadas con bioplástico en una de sus caras, así como también los aglomerados que iban a recibir estas piezas en sus cantos. Se colocaron ambas caras (arriba y abajo) y se colocaron encima piezas de triplay para una lograr una compresión uniforme con prensas (fig.51).

Como resultado se obtuvo el panel tipo sándwich mostrado en fig. 55, el cual se percibe con gran rigidez, densidad media una vez seco, solidez para soportar grandes presiones y capacidad para ser maquinado.

En una prueba, se sometió al peso de una persona de aprox. 70kg en un área de 41.71 cm² soportándola sin problema.

Figura 54. Prueba de carga



Fuente: Elaboración propia

Este fue el último material desarrollado, a partir de la combinación de otros dos obtenidos anteriormente. Se trata de un panel que es formado con aproximadamente 90% de lirio acuático y 10% de bioplástico de almidón de papa, sometido a presión. Las muestras obtenidas se presentan rígidas, capaces de soportar cargas muy pesadas, abriendo posibilidades para distintos usos y estética.

Figura 55. Panel (sándwich) tejido + aglomerado



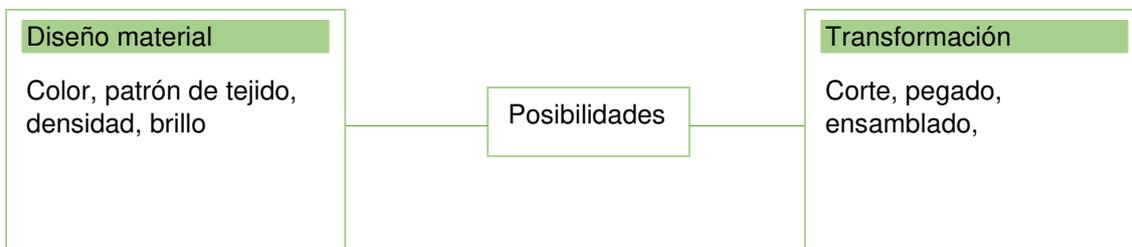
Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones:
4.3 cm x 9.7 cm x 3.2 cm
Peso: 71.56 g
Densidad: 0.536 g/cm³

Resistencia	
Fuego	Media
Exposición UV	Media
Agua/humedad	Media
Rayado/rasgado	Baja
Químicos	Media
Impactos	Alta
Renovable	Si
Flexibilidad	Baja

Sensoriales	
Color	Gama de cafés
Brillo	No
Translucidez	No
Textura	Lisa
Acústica	Alta
Olor	Neutro

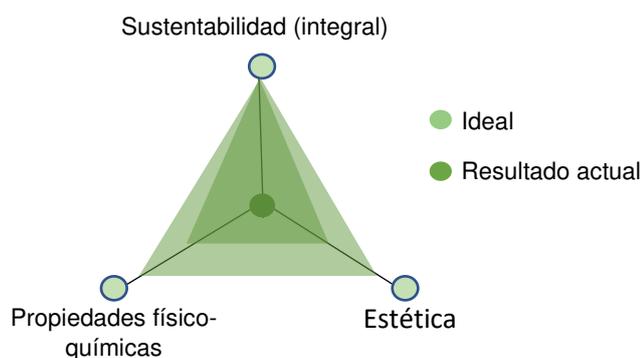
Impacto ambiental	
Energía consumida	Baja, 1 proceso
Recursos renovables	Lirio, bioplástico
Recursos no renovables	Ninguno
Uso de agua	Bajo
Emisiones atmosféricas	Ninguna
Residuos sólidos	Ninguno
Residuos líquidos	Ninguno
Residuos peligrosos	Ninguno
Disposición final	Biodegradable



Análisis de resultados

Con los materiales obtenidos, se pueden comenzar a realizar pruebas de aplicación en proyectos de diseño de diferentes tipologías y con ello, investigaciones de percepción sensorial-estética por parte del público en general. Aunque los resultados no se encuentran en el punto más óptimo en cuanto a sus propiedades como materiales -estéticas y mecánicas, por ejemplo- considerando los alcances y limitaciones de este proyecto en recursos como tiempo, economía y disponibilidad de espacio de trabajo, presentan una aceptabilidad dada por su capacidad para producir los primeros objetos de diseño. Esto marcaría un inicio de producción sustentable dado que los procesos e insumos de carácter semi-artesanal, fueron enfocados en el menor impacto ambiental posible. Con el manejo de otras sustancias y procesos que mejoren sus cualidades, sin agravar el impacto ambiental-sanitario, se puede llegar a un mayor equilibrio entre sustentabilidad, estética y propiedades físico-químicas (fig. 54).

Figura 56: Indicadores de material óptimo



Fuente: Elaboración propia.

La caracterización de los materiales consiste en la evaluación de sus propiedades mecánicas, físicas, de percepción sensorial/estética, de transformación y diseño material. Las primeras, comprenden un sometimiento a esfuerzos para determinar el máximo soportable y de este modo considerar su empleo en ciertas aplicaciones, comparándolos con productos ya existentes. Sin embargo, estos procedimientos no pudieron llevarse a cabo debido a las restricciones en centros especializados, producto del riesgo sanitario por COVID-19. Por lo cual, se realizaron pruebas “manuales” (sugeridas en un taller de biomateriales impartido por Edith Medina, de *Biology Studio*) de tipo cualitativo, para estimar las propiedades como resistencia al fuego -por medio del acercamiento de la flama de un encendedor de cocina-; agua -exposición al chorro del grifo de cocina-; rayos uv -mediante la exposición al sol desde las 10am hasta las 6pm al exterior-; químicos -salpicadura de thinner y otros solventes-;

impactos -dejando caer el material desde 2m de alto o arrojándolo con fuerza al piso-; flexibilidad -estirando, flexionando, comprimiendo el material para evaluar su capacidad de recuperar la forma original-.

Los materiales en general, se comportaron de forma aceptable, considerando los procesos de baja tecnología, no inclusión de aditivos y recubrimientos. Se realizaron algunos prototipos con el fin de evaluar su comportamiento en maquinaria, herramientas y utensilios no-especializados como sierras para madera, máquina de coser eléctrica, tijeras, moldes realizados con impresión 3d -de PLA- y otros hechos de silicón, obteniendo buenos resultados dado que fue posible transformarlos en objetos de uso cotidiano mediante estos procesos y recubrimiento, adherido y ensamblaje, por ejemplo. Esto permite que puedan ser procesados con maquinaria y aditamentos no especializados.

Con el fin de mejorar el flujo de producción, con eficiencia y bajo costo, se ha tomado en cuenta la fabricación de implementos tecnológicos propios. Esta práctica puede ser llevada a cabo dentro de la misma comunidad con los elementos que se encuentran más al alcance. Un ejemplo es el triturador que se diseñó y fabricó para reducir el tamaño del lirio seco. Durante los procesos, se consideró ideal desarrollar otras máquinas como un molino de suficiente capacidad, que reemplace la licuadora; una prensa hidráulica para sustituir las prensas tipo “c”; una máquina de rodillos para aplanar los tallos para tejerse; una desfibradora; un sistema de calentamiento más eficiente para la fabricación de bioplásticos.

En cuanto al uso de la fibra de lirio acuático para las pruebas, se presentó una gran variación, siendo empleado en menor cantidad, por ejemplo, en el biovinilo, el biotermoplástico, y el papel, dado que su volumen en seco influye, teniendo que agregarse muy poco peso para obtener buenos resultados. Sin embargo, en el aglomerado, el bioplástico, tejido y más aún en el panel, se emplea en grandes cantidades, debido a los procesos de compresión, su uso en pulpa húmeda y la contracción del material al secarse por completo. Por lo que de acuerdo con la disponibilidad que haya de fibra, podrían fabricarse mayor o menor cantidad de algún tipo de objetos empleando los materiales que ocupan más o menos biomasa. De acuerdo con la revisión literaria y con las recomendaciones desde el enfoque biológico, es casi imposible e innecesario erradicar el lirio por completo. Pero si se requiere de limpiar hasta en un 80% los afluentes plagados sin desperdiciarlo, se puede cosechar, limpiar, secar -para que pierda

volumen- comprimir y almacenar para poder ser utilizado posteriormente si no se procesará al momento, y de este modo mantener limpia cierta zona y contar con materia prima.

El agua es un elemento fundamental, cuyo uso se ha interrogado para saber que cantidad se emplea para los procesos y por la disponibilidad de recurso, si pueda o no haber suficiente en la zona de taller. Se utiliza para sumergir el lirio (pretratamiento), como vehículo para molerlo y verter la pulpa para realizar papel, para preparar los bioplásticos y para limpiar todos los utensilios de trabajo principalmente. Esto requiere una cantidad considerable de agua en un inicio. Por ejemplo, para realizar las muestras de papel -que es quizá el proceso que más requiere del líquido- se consideraron aproximadamente 10 litros. Una vez obtenidas las muestras, la cantidad restante eran aproximadamente 8 litros. Un litro se apartó para el lavado de utensilios. La merma (aprox. 1 litro) consiste en el agua que lleva el contenido húmedo del laminado de pulpa, la que recolecta el bastidor en su estructura y escurrimientos no intencionales. El agua restante puede almacenarse y continuar ciclándose en procesos posteriores. Se tendría que evaluar la forma de desecharla al finalizar su utilidad, ya que estaría conteniendo la materia orgánica restante, y en su caso, residuos como vinagre, glicerina, colorantes vegetales, entre otros. Si no se dispone del recurso potable en la cantidad necesaria, podría evaluarse el uso de un sistema de tratamiento de la que esté disponible y de ecotecnologías como captación pluvial, con fines de seguridad sanitaria para el trabajador.

Al tener en cuenta las reflexiones anteriores, que surgen al llevar a cabo los procesos de experimentación y cuestionamientos de terceros, se comprende la necesidad de utilizar todas las herramientas posibles como sustancias, máquinas, adaptación de metodologías desde productos análogos, mejoramiento de productos ya elaborados con lirio, así como también la investigación y aplicación de ecotecnologías que puedan optimizar los procedimientos sin causar mayores impactos ambientales. Esto con el fin de tratar de llevar a cabo el proyecto en una escala mayor. De este modo se podría considerar el surgimiento de oportunidades sustentables para que se derive en una propuesta de innovación y emprendimiento social, buscando que sea socioambientalmente amigable y al mismo tiempo, redituable para la comunidad,

Estrategia de simulación prospectiva

En este apartado se propone una aplicación del desarrollo de materiales y fabricación de objetos de diseño en un ámbito comunitario que contribuya a su desarrollo integral sustentable. Se pretende que a partir de esta investigación, surja una estrategia compleja, donde los materiales funcionen como un medio a través del cual, una comunidad como la de San Gregorio Atlapulco, pueda dar soluciones a las problemáticas identificadas y solventar sus necesidades, mejorando la realidad actual sin causar mayor deterioro ambiental, aludiendo también a una educación y concientización ambiental.

Se consideran como guías a la planeación prospectiva y el método de escenarios para fundamentar conceptualmente esta estrategia, de manera que han sido integrados algunos elementos desde las propuestas metodológicas de planeación prospectiva de los autores revisados, así como su aplicación en proyectos de cambio social, sustentabilidad y de diseño (*ver anexo III*).

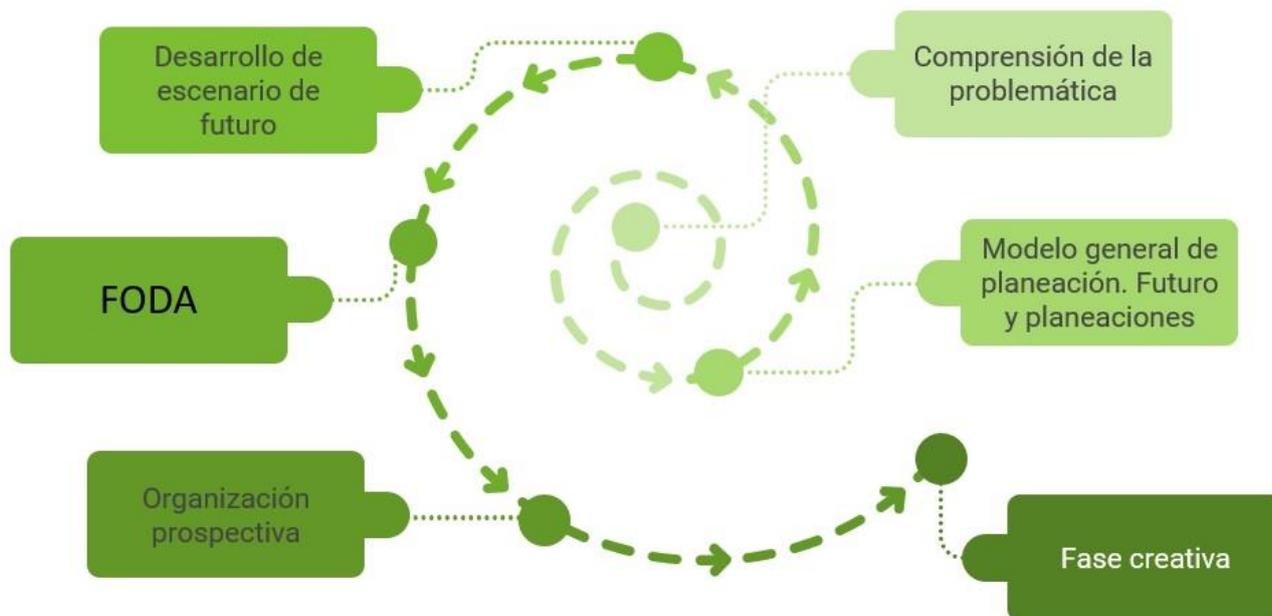
Por otro lado, se toman en cuenta también los conocimientos obtenidos de la revisión documental de la zona, reuniones con académicos⁵, interacción con expertos y profesionales que intervinieron en el seminario de “Propuestas de Ecodesarrollo para el Sistema de Barrios de San Gregorio Atlapulco”⁶. Con ello se llegó a conocer la problemática y usos y costumbres no-escritas, basado en la experiencia de quienes han incursionado en la zona con motivos de investigación. Cabe recalcar que con fines de integralidad en el ejercicio, es necesario gestionar la interacción directa con la comunidad en forma de grupos organizados para cada una de las etapas descritas en esta estrategia.

A continuación, se describe el planteamiento producto de la síntesis de la revisión literaria y el ejercicio de una aproximación hacia la planeación prospectiva de diseño integral sustentable comunitario para San Gregorio Atlapulco. De tal modo la ruta de la estrategia de simulación prospectiva se conforma de la siguiente manera:

⁵ Sobre aspectos biológicos, con la M. en C. Guadalupe Torres UAM-X; sobre innovación social con la M. Sandra Luz Molina, UAM-A;

⁶ Llevado a cabo de manera virtual del 6 de agosto al 15 de octubre de 2021, con académicos, alumnos de licenciatura y posgrado implicados en estudios de la comunidad.

Figura 57. Ruta de estrategia prospectiva



Fuente: elaboración propia

1. Comprensión de la problemática

Como ya se ha mencionado desde un inicio, la complejidad del sistema San Gregorio Atlapulco, engloba problemas ambientales como la invasión del ecosistema natural protegido, la plaga del lirio acuático, descargas de drenaje en los canales; problemas socio-económicos como desempleo, marginación, desigualdad, pobreza; culturales como pérdida de patrimonio e identidad, desvalorización de prácticas tradicionales incluyendo el cultivo de chinampas, pérdida de uso de suelo declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad; problemas políticos como descontento hacia instancias de gobierno por falta de apoyo y acciones que afectan a la población, falta de atención a zonas no-turísticas y a productores agrícolas; problemas en educación, principalmente ambiental, bajo nivel de escolaridad y en torno a la planificación familiar; entre otros, los cuales mantienen un estado de crisis que sale a relucir cuando ocurren situaciones como el sismo de 2017. Al conocer este panorama, en cada uno de los aspectos críticos de su complejidad, se pueden comenzar a percibir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que posteriormente han de señalarse para llevar a cabo el proyecto que se plantea.

3. Desarrollo de escenario de futuro

En un contexto de desarrollo de la propuesta de proyecto, se prevé que haya una atención en cada una de las situaciones que necesitan soluciones, de la siguiente forma:

Tabla 7: Desarrollos planteados para cada dimensión

Dimensión	Desarrollos
<i>Ambiental</i>	Control de lirio acuático y con ello, sus impactos en múltiples dimensiones Promoción de cuidado al ambiente Límite a la expansión en área protegida
<i>Social</i>	Mejorar la calidad de vida a través de oportunidades, ocupaciones, talleres y educación Organización de miembros de la comunidad Estrechamiento de lazos, diálogo, acuerdos.
<i>Económica</i>	Ofrecimiento de nuevas oportunidades laborales Actividades productivas, reutilización, reactivación económica local
<i>Bio-Cultural</i>	Revalorización del patrimonio cultural: chinampas, costumbres y tradiciones Procuración de conservar el paisaje Fomento de una cultura de valores y cuidado al ambiente
<i>Política</i>	Conciliación de acuerdos con actores gubernamentales, comunidad y miembros de proyecto Establecimiento de redes de apoyo Propuestas e implementación de normatividades y políticas de mejoramiento
<i>Científico-Tecnológica</i>	Desarrollo de tecnologías con fines de optimización de procesos y bajo impacto ambiental Implementación de ecotecnologías Promoción de investigación inter, multi y transdisciplinaria
<i>Educacional</i>	Integral, multidisciplinaria, pensamiento complejo; teórico-práctica Formación de criterio socioambiental Planeación familiar Educación financiera
<i>Campos del Diseño</i>	Desarrollo de alternativas materiales sustentables Aplicación de proyectos de los campos del diseño en beneficio de la zona Fomento de la investigación propia del diseño y en convergencia con otras disciplinas Conceptualización de la identidad regional dirigida a los productos propuestos desde el diseño

Fuente: Elaboración propia

Los desarrollos considerados se estarían planeando a detalle y llevando a cabo dentro de los espacios de la red del Complejo de Producción Integral Sustentable, donde no solo se manufacturarían proyectos materiales, sino también intelectuales, con fines de mejoramiento local y regional, además de considerar una replicabilidad a otros contextos para expandir una red de cambio de paradigmas que intervenga ante la crisis y el deterioro en los tejidos de la complejidad actual

4. Análisis FODA

A partir del conjunto de factores detectados en la comunidad de San Gregorio Atlapulco, se consideran relevantes los siguientes aspectos en torno al desarrollo proyectual de la propuesta de intervención barrial:

Tabla 8: Análisis FODA

Factores internos	Factores externos
<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factibilidad de proyecto como propuesta piloto • Complejidad: Visión amplia en la consideración de aspectos para el desarrollo de proyecto • Sustentabilidad integral: búsqueda del beneficio no sólo ambiental, sino de las demás dimensiones • Innovación en procesos, productos y servicios buscando redituabilidad y bajo impacto ambiental • Multiplicidad de proyectos en construcción, factibles de implementarse en la zona • Búsqueda de co-creación con las personas 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apoyos para la ciencia y tecnología • Apoyos para el emprendimiento social • Búsqueda de autosustentabilidad de la población • Interés creciente en el mejoramiento ambiental, social y económico, por parte de la población e instituciones • Disponibilidad de recursos (como el lirio acuático) para ser aprovechados • Mercado creciente respecto a los productos sustentables
<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejor inmersión en la zona para conocer a fondo la opinión, tendencias, receptibilidad • Conocimiento del mercado para dirigir las alternativas materiales • Cuantificaciones más precisas en el uso de recursos • Dificultad de obtención de resultados cuantitativos a corto plazo • Ampliación del equipo de trabajo hacia lo multidisciplinario • Desarrollo de esquema financiero redituable, equitativo, solidario • Disposición de equipo(s) para colaborar en un inicio sin retribución económica 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recursos limitados para la producción • Limitaciones por la situación sanitaria (pandemia) • Dificultad de otorgamiento de espacios para iniciar el proyecto • Oposición al proyecto por creencias o ideologías antagonistas de actores o grupos de poder • Falta de interés por parte de la comunidad/instancias • Desconfianza atribuida a experiencias previas insatisfactorias • Cuestiones derivadas de las condiciones climáticas (como inundaciones) • Dificultades en los procesos al llevarse a una mayor escala de producción

Fuente: Elaboración propia

5. Organización prospectiva

Se plantea intervenir en el barrio de San Gregorio Atlapulco, particularmente en el Barrio El Calvario, a través de un Plan de investigación colectiva, del que formara parte la presente investigación. De forma multidisciplinaria, se buscaría que reúna investigadores de distintos campos del conocimiento, para mantener distintos enfoques y objetivos, y que posteriormente, pueda convertirse en un comité de pilotaje.

Al completar la estrategia inicial de acercamiento a la comunidad, con un plan de trabajo concreto, se definirán las acciones posteriores y se estructurará la estrategia siguiente con rumbo emprendimiento social. Para ello, se buscará obtener el financiamiento que más convenga, dependiendo de la estrategia, pudiendo ser por parte de instancias de investigación o de instituciones que fomenten el emprendimiento, ya sean en ambos casos públicas o privadas.

El objetivo ulterior será conformar una sociedad cooperativa, en tanto que se trata de una tendencia común entre los pobladores, identificándolo principalmente en las organizaciones de productores chinamperos que consolidan estas alianzas cooperativas para fortalecer su economía. De este modo, es como se plantearían prácticas de una economía solidaria.

6. Fase creativa

Propuesta **LiriCo**

Nombre preliminar de proyecto. *-Liri- por el Lirio acuático; Co- por Composites y el tipo de organización: Cooperativa o Comunidad o Compañía-*

Si bien se plantea como futuro deseable el Complejo de Producción Integral Sustentable, la factibilidad y posibilidad son otorgadas de momento a través de la presente propuesta, que a partir del aprovechamiento del lirio, pretende generar, regenerar y co-generar actividades que desemboquen de manera cíclica en el logro de objetivos de sustentabilidad integral para la región, en una escala mayor cada vez.

Figura 59: Espacio Bioarquitectónico. (Meramente ilustrativa de espacio deseable)



Fuente: <https://www.youfruit.es/las-principales-claves-de-la-bioarquitectura-contenido/>

Esta fase contempla al diseñador como un facilitador, otorgando en este caso los materiales, técnicas, ideas de aplicación, perspectivas preliminares. Sin embargo, basado en las interacciones con miembros de la comunidad, el contacto con los materiales e ideas, se puede dar lugar a oportunidades no previstas, que pueden potencializar proyectos de desarrollo comunitario, además de actividades comerciales, por ejemplo, reconstrucción de patrimonio, actividades culturales, un sistema de intercambios, etcétera. Lejos de una imposición, se busca encontrar caminos en conjunto con la comunidad, quienes habitan la zona y conocen mejor las necesidades y oportunidades a explorar. Esto no solo apoyaría a la comunidad cumpliendo el objetivo de la propuesta, sino que retroalimentaría a la investigación y a su vez al diseño centrado en la comunidad para la replicabilidad en otras zonas o en otras formas de proyecto.

Como modelos de simulación prospectiva, los *biocomposites* desarrollados en este estudio y los que ya se encontraron en otras investigaciones -y se planea continuar investigándolos partiendo de ellas para implementarlos posteriormente-, se tiene contemplado lo siguiente como portafolio de oportunidades de productos sustentables:

Tabla 9: Modelos de simulación prospectiva

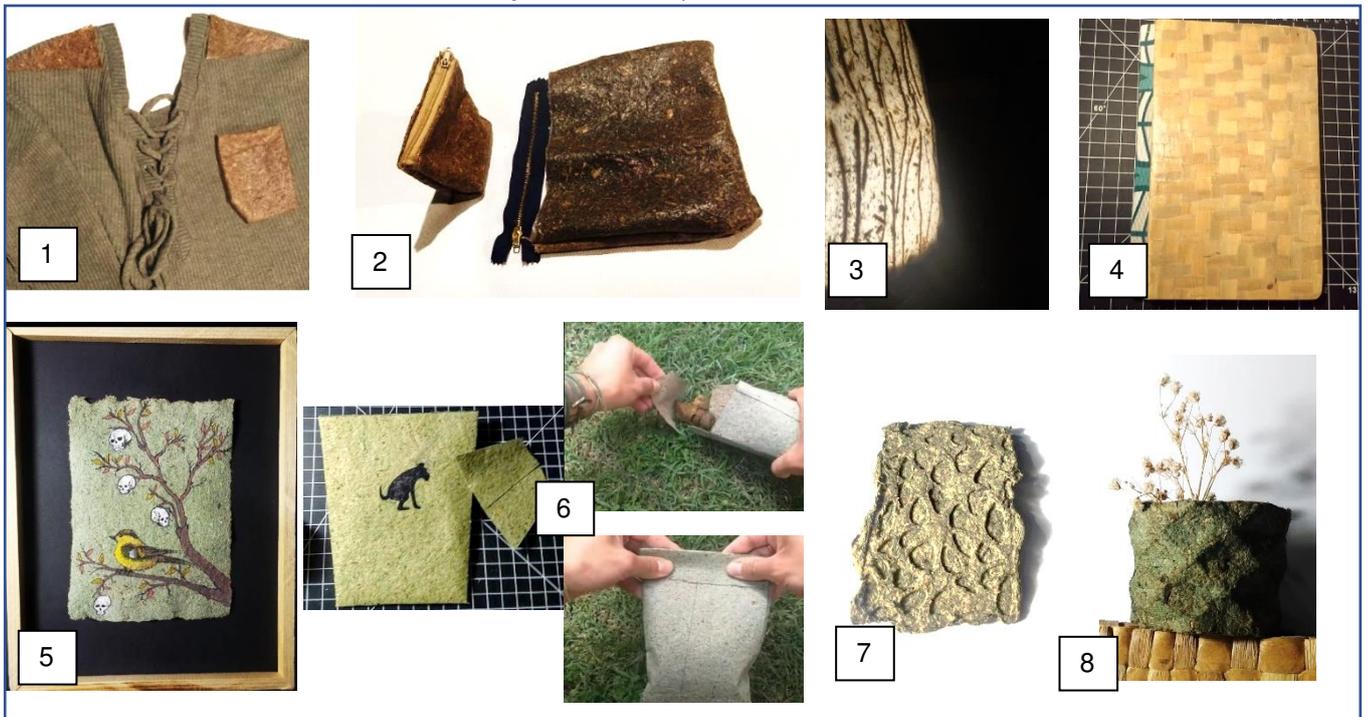
Material	Aplicaciones sugeridas
Cartoncillo	Artes gráficas, envase y embalaje, colector de heces de mascotas
Aglomerado	Mobiliario, paneles acústicos, aislamiento térmico/sonoro, otros elementos arquitectónicos
Bioplástico	Artesanías (vasijas, tazones, esculturas, adornos de pared, conceptualización de elementos regionales, etc.), desechables ecológicos (biodegradables-compostables), macetas compostables
Biovinilo	Sustituto de piel y vinipiel como aplicación en textiles, carteras, bolsos, fundas de dispositivos, calzado
Bioplástico	Artesanías, carcasas de electrodomésticos, lámparas, objetos de escritorio, recipientes para bebidas/alimentos en frío
Tejido Bioplastificado	Biombos, paneles, enchapados, objetos de almacenamiento, mobiliario, elementos decorativos,
BioPanel	Mobiliario, elementos arquitectónicos como paneles, puertas, particiones
BioBlock*	Construcción de vivienda y otros espacios, elementos arquitectónicos
Textil no-tejido*	Ropa, calzado, accesorios como sombreros, gorras, bolsos, mochilas, carteras, fundas, decoración interior
Composite* (Epóxico/Poliéster de origen biológico)	Aplicaciones en vehículos, mobiliario, electrodomésticos, y otros objetos de uso cotidiano, que requieran dureza, resistencia a múltiples factores y por lo tanto, de una durabilidad muy prolongada.

* Materiales no desarrollados en esta investigación

Fuente: Elaboración propia

Algunos prototipos se alcanzaron a elaborar durante este tiempo y se pueden encontrar imágenes de ellos a continuación (ver fig. 58). Esto se realizó con el fin de tratar de evaluar la viabilidad de los materiales para trabajarse de forma manual o con implementos muy básicos, tal como se plantea su primera experimentación al llevarlo como proyecto a la comunidad. También con el fin de encontrar las primeras experiencias de transformación. De tal manera, se estará empleando el método de *Diseño Guiado por Materiales*, descrito por Elvin Karana⁷ y que se encuentra ilustrado en el Anexo V. En un escenario donde el material se encuentra aún como nueva propuesta, con muestras semi-desarrolladas o exploratorias. Las propiedades están aún por definirse mejor a través de los procesos de diseño en su respectiva área de aplicación y sujetos a retroalimentación para ser optimizados. Se considera necesario que el diseñador proponga aplicaciones significativas a través de las que tanto significados como experiencias materiales del usuario, puedan ser estimuladas (Karana, Barati, Rognoli & van deer Laan, 2015).

Figura 60: Ideas de productos LiriCo



Fuente: Elaboración propia

1. Aplicaciones de Biovinilo en ropa; 2. Monederos de Biovinilo; 3. Pantalla de lampara de Biovinilo; 4. Cuaderno enchapado de tejido Bioplastificado; 5. Material de aporte para artes plásticas, Cartoncillo en tonalidad verde. 6. Colector de heces de mascotas (propuesta de la D. I. Karla Torres.); 7. Lamina de bioplástico texturizado Voronoi; 8. Florero geométrico de bioplástico, tonalidad verde

Para evaluar los impactos de materiales y productos se pueden emplear herramientas de ecoeficiencia como la tabla de oportunidades, matriz MET y ecoperfil de producto, los cuales han sido incluidos en el Anexo IV.

⁷ ver pág. 41. *Diseño guiado por materiales*

4

CONSIDERACIONES FINALES

No hay una transición hacia la sustentabilidad. La sustentabilidad *integral* es una transición -aunque muy *cómoda*- hacia un nuevo paradigma de ecología profunda.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Al comenzar por los antecedentes materiales que se analizaron previo al inicio de la investigación, se puede mencionar un caso que de principio, fue analizado para no partir de cero e inconscientemente coincidir y reincidir en el objetivo planteado, y es el del proyecto “Diseño-eco-regional para Xochimilco” (2010), que bien podría abordarse como un trabajo-inspiración para la realización del presente estudio y del cual se mejoraría la propuesta a nivel de diseño-material y se visualizaría un proyecto de mayor envergadura para una puesta en marcha en comunidad, dadas las posibilidades exploradas que generan una mayor gama de alternativas y una complejidad mejor comprendida. En dicho trabajo, el lirio es empleado únicamente en forma de pulpa y vertido en moldes para la formación de artesanías por parte de miembros de la comunidad, lo siguiente es el empleo de elementos como piedras y ramas para la creación de objetos tipo artesanía, que si bien se conciben bien como un ejercicio manual y cultural para los pobladores, difícilmente se percibe derivando en soluciones de diseño. De ahí en fuera, los recursos obtenidos de fuentes de información como el CIDEX, las bibliotecas físicas y digitales UAM, UAEM, UNAM, UACH, y buscadores/metabuscadores internacionales, proporcionaban únicamente proyectos de abono, ensilado, fitorremediación, saneamiento de aguas y de forma más reciente, nanopartículas y biocombustibles a partir de lirio acuático.

Se puede decir que el presente proyecto ha logrado reunir una gama de materiales originales (por el uso de lirio), de los cuales, solo el papel tenía algunos antecedentes publicados tanto en México como en otras partes del mundo, a manera de proyecto o video-documental. Sin embargo, los procesos son semiindustriales, donde se emplea maquinaria especializada y sustancias químicas que optimizan el comportamiento del material pero que desembocan en un mayor impacto ambiental por uso de energía y contaminación. Respecto a los bioplásticos, si bien se encuentran actualmente en auge, tanto con materiales orgánicos de desecho como cascaras de fruta, residuos de café, de flores, entre otros, con el lirio acuático no se encontraron experimentaciones y las fórmulas empleadas fueron desarrolladas en esta investigación en particular, basadas en resultados que se fueron obteniendo y mejorando. En el caso del aglomerado, de forma reciente, al actualizar la búsqueda de proyectos con lirio acuático, se encontró el desarrollo de un tablero de fibra de este vegetal sin aditivos, del cual, se tomó el proceso de preparación de la fibra para su suavizado y posterior empleo en experimentos al ser el de menor impacto ambiental, respecto a los que empleaban mayor

energía y productos químicos. Por último, el panel surgió como una idea que se pensaba inédita y se puso en práctica su conformación. Sin embargo, se descubrió un proyecto similar pero basado en materia obtenida del coco, que se dispuso de la misma forma, un aglomerado interior y un tejido al exterior. A lo largo de la investigación se encontraron publicaciones y se descartó entonces la prueba correspondiente para generar en esta investigación el material propuesto ya por otro autor, se pueden mencionar el caso del *composite* de lirio evaluado por A. Ajithram (2020), que consiste en la fibra de lirio más resinas poliéster y epóxica; el bloque de tierra o adobe que en un seminario se comentó ya se había ideado y experimentado en la misma UAM-Xochimilco, así como en investigaciones publicadas de la Universidad Autónoma del Estado de México y la Universidad Autónoma de Guadalajara. El último caso, es el textil no-tejido, realizado a partir de la fibra del lirio y de cáñamo. Sin embargo, dado crédito a estos antecedentes y optimizando sus resultados, se podría llegar a establecer una gama más completa de soluciones con *biocomposites* de lirio acuático.

A pesar de las limitaciones que ya se han señalado anteriormente, como la falta de espacios de desarrollo experimental -talleres o laboratorios especializados- y con ello, la dificultad para el manejo de equipo tecnológico y sustancias que se emplean para el desarrollo y mejoramiento de las propiedades materiales, se llegó a concretar esta propuesta de aproximación a un manual técnico para la experimentación con el lirio acuático que desemboca en diversos tipos de material, con el fin de que el usuario, pueda integrar nuevas soluciones y quizá optimizar estos resultados. El fin es que el lirio sea percibido como un recurso, que se aproveche en vez de desperdiciarse, que se convierta en una actividad redituable y a partir de ahí, se generen oportunidades cuyo objetivo sea el desarrollo sustentable de la comunidad y la generación de consciencia la cuestionar los materiales de alto impacto ambiental que se procesan actualmente desde sus materias primas hasta su uso y desecho. La sustentabilidad que se busca, tal como se abordó en el contenido, es una sustentabilidad multidimensional, que si bien puede parecer distante de ser algo posible y probable de suceder, el hecho de que a partir de una planta, luego un material, luego un proyecto de diseño, pueda contribuir a este desarrollo comunitario, en algunos países, principalmente en vías de desarrollo, se plantea con instituciones, organizaciones y gobierno involucrados como en D4S (Design for sustainability), o con equipos multidisciplinarios y diseñadores para la resiliencia de sectores vulnerables. Aquí podría mencionarse el caso “Cheer Project” llevado a cabo por Gaurav Wali en India en 2019.

La principal ventaja que se puede visualizar, es la búsqueda del menor impacto en cuanto al uso de recursos e insumos para la elaboración de materiales y posteriormente, de objetos con los materiales obtenidos. Además, es algo que coadyuva a desempeñar los procesos en comunidades de escasos recursos que es donde en mayor medida se encuentra el lirio plagando. Como desventaja, se puede observar que los materiales distan de tener una presencia estética como la madera, los plásticos, el metal, por ejemplo y el desempeño, que puede resultar frágil, de fácil descomposición, pero hay que tomar en cuenta que esto se trata de una primera aproximación a todos ellos y con inversión temporal, económica e intelectual, se pueden mejorar e incluso obtener nuevos, con una identidad propia e incluso lograr una *denominación de origen* -sugerida por el Dr. Octavio González Castillo- al presentar un material diseñado con simbolismos o características propias de la región en que se ha desarrollado.

El tema de los costos resulta importante y no solo en cuestión monetaria, sino en el uso de recursos, tanto insumos como energía y demás factores que son involucrados en los procesos de obtención de los materiales. En esta etapa aún resulta difícil el cálculo debido a la escala tan pequeña en que fue realizada la exploración. Los tiempos de producción, al ser procesos no estandarizados sino experimentales aún, fueron prolongados y se obtuvieron muestras limitadas. La gran ventaja será otorgada por el material principal: el lirio, que no implicaría en si el costo de un insumo procesado. Para las demás materias primas, se ha planteado sean las de origen más sustentable posible y de bajo costo, con el fin de reducir el precio del material final y con ello de los productos que se fabriquen, convirtiéndolos en objetos competitivos a la venta.

El contexto actual de transformación de la profesión del diseño en sus diversos campos - gráfico, industrial, arquitectónico y urbano- sugiere -pero pronto exigirá- una orientación hacia la sustentabilidad. El presentar cada vez más productos realmente sustentables e información, logrará que los consumidores sean conscientes de lo que obtienen a cambio de su dinero, derivando en un cambio del sistema productivo, lo cual es urgente dadas las situaciones de deterioro ambiental y crisis socioeconómica, derivadas del paradigma económico que rige en la actualidad.

CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo de este estudio se encontró que, si éste se plantea como proyecto piloto, se posiciona como una vía de cambio posible, factible y deseable, aplicable en comunidad, la cual coadyuvaría a un mejoramiento de las problemáticas diagnosticadas, partiendo del ejercicio del diseño. Puede dar pauta a un programa de investigación colectiva que profundice más y con mayor amplitud a través de la interdisciplina y posteriormente llegar al emprendimiento social que se planteó como prospectiva. El sustento de esta afirmación fue dado por las retroalimentaciones de académicos del área de diseño; también por la obtención de puntos de vista desde otros enfoques profesionales; así mismo, con la participación a través de ponencias virtuales con alumnos y profesores que han investigado la zona; y al seguir en la constante búsqueda de información a lo largo de casi dos años, donde se encontraron propuestas análogas que se han implementado en otros países.
- La sustentabilidad, que se ha tomado como el discurso de referencia para este proyecto, ha sido un término tergiversado, manipulado a conveniencia, malinformado, pero que al haberlo estudiado, se sabe ahora que comprende de un paradigma muy claro que promueve un desarrollo económico -casi utópicamente- llevado de la mano de decisiones que resulten pertinentes tanto social como ambientalmente. Se ha propuesto como una transición, más que un escenario-objetivo final, la cual, lejos de resolver las problemáticas -que es como suele ser “vendida”- se encarga de cuestionar todas aquellas acciones que pueden conllevar un riesgo de impacto negativo en múltiples dimensiones, atentando contra nuestra permanencia como especie y la de las demás.

Al comprenderse de forma integral: ambiente, sociedad, cultura, economía, ciencia y tecnología, política, educación, y otros desgloses que puedan surgir dentro de la sustentabilidad, se trata aún de una vía muy cómoda para el desarrollo de nuestra civilización, pero con un mayor sentido de responsabilidad y complejidad en las acciones. El verdadero destino se encuentra plasmado dentro del discurso de ecología profunda, un escenario global en que predomine el respeto al ambiente, a todo tipo de especies y elementos aparentemente “no-vivos” como el aire, el agua y la tierra, la equidad social y el estado de armonía interior lejos de las incertidumbres y riesgos que vivimos en la actualidad

industrial. Y no puede ser visto de otro modo que no sea el del pensamiento complejo. Se trata de dejar de ver un bosque como un estorbo para la industria agropecuaria y como mina de recursos madereros, para percibirlo como un sistema necesario para nuestra permanencia y la de sus habitantes originales, sus micro-interacciones entre especies y macro-interacciones con otros sistemas y la intervención en fenómenos climáticos, por ejemplo. Es algo que debe imperar en nuestra mente, antes de que sea aún más tarde.

LINEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Durante el curso de la investigación realizada se visualizaron diferentes áreas de oportunidad donde se podría profundizar con el fin de desarrollar mejoras a las estrategias para un nivel de aplicación. De igual forma, se han distinguido otros subproductos en la intersección del diseño con la ciencia, sustentabilidad y comunidades. A continuación, se describen brevemente estos planteamientos a futuro:

-Nuevas exploraciones con otras materias primas sustentables, con el fin de mejorar las propiedades de los productos desarrollados sin mayores consecuencias a la salud o al ambiente como por ejemplo la utilización de aditivos biodegradables como PVA y resinas de polioles, lo cual, aunque añade dificultad a los procedimientos, contribuiría a una mejor calidad de los resultados finales.

-Ejecución (o en su caso proposición) de pruebas estándar para *biocomposites* que determinen su resistencia mecánica, resistencia a las condiciones de uso, durabilidad y pruebas de finalización de su ciclo de vida, comprobar degradabilidad o compostabilidad por ejemplo y sus condiciones ideales.

-Desarrollo de una herramienta estándar que evalúe integralmente el perfil de impacto de materiales y productos, no solo respecto al rubro ambiental sino a la estética (lo sensorial), lo social, económico, cultural. Es decir, una extensión a la matriz MET y el Ecoperfil, con indicadores de los aspectos mencionados.

-Estética de los *biocomposites*. Realización de estudios y propuestas para mejorar las propiedades sensoriales de un material o producto sustentable. Otorgar una estética propia de cada material, para que resulte atractivo al consumidor al igual que los materiales convencionales.

- Constituir una metodología para conocer la receptibilidad de la población hacia el emprendimiento social a partir de estrategias como esta, para posteriormente establecer herramientas de acercamiento comunitario para el planteamiento de actividades en conjunto con los implicados
- Estudiar, evaluar e implementar la adopción de ecotecnologías a los procesos de desarrollo de materiales para reducir impactos ambientales y uso de recursos.
- Investigar si existen propuestas u organizaciones de gran dimensión (interinstitucionales, internacionales, por ejemplo) que se estén llevando a cabo dentro del campo del diseño con objetivo en el desarrollo de comunidades sustentables, en el contexto de nuestro continente.
- Obtención precisa de costos (monetarios y energéticos) y elaborar una comparación con los materiales convencionales a los cuales se busca sustituir.

Siguiente Nivel

Para dar seguimiento a este proyecto y llevarlo hasta el futuro deseable, se propone lo siguiente:

Figura 61: Visión



Fuente: Elaboración propia

Continuar las exploraciones materiales hasta optimizarlas, involucrando poco a poco a la comunidad, en un principio con talleres de experimentación; posteriormente ya en un espacio especialmente designado, comenzar con producciones de baja escala, factibles de llevarse a ecotianguis, exposiciones, publicarse en redes y de este modo comenzar a obtener ingresos para hacer llevar la propuesta a otras escalas en el mediano y largo plazo. A la par, desarrollar las líneas de investigación futuras señaladas anteriormente.

REFERENCIAS

AIGA (2020). The living principles of design. Consultado el 24,02,2020 en 11

A. Ajithram, J. T Winowlin Jappes, Thiagamani Senthil Muthu Kumar, Nagarajan Rajini, et al. (2020). Water Hyacinth for Biocomposites—An Overview. *Biofibers and Biopolymers for Biocomposites*. Springer Nature Switzerland

Alfie, M. (2005). Democracia y desafío medioambiental en México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco- Ediciones Pomares, S.A., México, D.F

Ashby, M. & Johnson, K. (2014). Materials and design. The art and science of material selection y product design (3ra edición). [PDF], Oxford, UK: Elsevier.

Azamar, A. y Matus, J. (2019). Tendiendo puentes para una sustentabilidad integral. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Barros J, Serk H, Granlundz I, Pesquet E. (2015). The cell biology of lignification in higher plants. *Annals of botany*. 115: 1053–1074.

Bergmann C.P., Stumpf A. (2013). Biomaterials. In: Dental Ceramics. Topics in Mining, Metallurgy and Materials Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38224-6_2

Bermúdez, J. (1998). La industria de los tableros derivados de la madera. *Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la madera*, 1.

Bhuvaneshwari, M. y Sangeetha, K. (2017). Development of water hyacinth nonwoven fabrics for thermal insulation. *i-manager's Journal on Future Engineering and Technology*. DOI: 10.26634/jfet.13.1.13759

Bismarck, A., Baltazar, A., Sarikakis, K., (2004). Green composites as panacea? Socio-economic aspects of green materials. *Environment, Development and Sustainability* (2006) 8: 445–463 DOI 10.1007/s10668-005-8506-5

Bloomberg (2020). Biocomposites Market to Reach USD 51.32 Billion by 2027. Consultado el 13/05/2021 en <https://www.bloomberg.com/press-releases/2020-06-25/biocomposites-market-to-reach-usd-51-32-billion-by-2027-reports-and-data>

Camarena, O. & Aguilar, J. A. (2014). Control biológico del lirio acuático en México: primera experiencia exitosa con nequetinos en distritos de riego Volumen I. Recuperado el 24, 02, 2020 de http://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/control-biologico-lam-v1/files/assets/basic-html/page1.html

Capra, F. (1998). La trama de la vida. Editorial Anagrama, Barcelona.

Capra, F. (1983). El tao de la física. Editorial SIRIO. Málaga

Carson, R. (1964). Primavera silenciosa. Grupo Planeta. Edición de Kindle.

- Casagrande, M. (2011). Urban Ecopuncture. Consultado el 28/05/2021 en https://www.researchgate.net/publication/216036643_URBAN_ECOPUNCTURE
- Cervantes, J. M. & Rojas, T. (2000). Introducción del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) a México durante el porfiriato. *Quiju*, vol. 13, núm. 2 mayo-agosto de 2000, pp. 177-190. Consultado el 04/02/2020 en: <http://www.historiacienciaytecnologia.com/ARCHIVOS/132177190.pdf>
- Checkland, P. (1993). Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas. Editorial Limusa, México.
- Cicconi, P. (2019). Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach. Recuperado el 24,02,2020 de www.elsevier.com/locate/susmat
- Cléries, L. et al (2018). Material Designers. Boosting talent towards circular economies. Politecnico di Milano.
- Colomer, J., Martínez, M. (2011). Método de escenarios. Aplicación en el diseño de productos. Instituto de diseño y fabricación. Valencia. Consultado el 07/08/2021 en https://issuu.com/acunar/docs/prodesignlab-metodo_de_escenarios
- Crul, M., Diehl, J. (2009). Design for Sustainability. A practical approach for developing economies. UNEP & Delft University.
- D'Agua, J. et al. (2015). Preparación y Caracterización Física del Biocombustible Sólido del Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*). *Inf. tecnol.* vol.26 no.3 *La Serena*. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000300009>
- Dos Santos, D., Lenz, D. (2013). Biocomposites: Influence of Matrix Nature and Additives on the Properties and Biodegradation Behaviour. [PDF] Consultado el 26/05/2021 en <https://www.intechopen.com/books/biodegradation-engineering-and-technology/biocomposites-influence-of-matrix-nature-and-additives-on-the-properties-and-biodegradation-behaviour>
- Dunne, M. (2018). Bioplastic Cook Book. FabTextiles, Fab Lab Barcelona. Consultado el 04/06/2021 en https://issuu.com/nat_arc/docs/bioplastic_cook_book_3
- EFE. (2019). Mexicano aprovecha sargazo para fabricar casas. *Informador.mx*. Consultado el 12/04/2021 en <https://www.informador.mx/economia/Mexicano-aprovecha-sargazo-para-fabricar-casas-20190702-0148.html>
- FAO (2000). Tendencias y perspectivas de bienes y servicios forestales. Consultado el 24,02, 2020 en <http://www.fao.org/3/j2215s/j2215s08.htm>

FAO (2016). How sustainability is addressed in official bioeconomy strategies at international, national and regional levels, an overview. Consultado el 09/05/2021 en <http://www.fao.org/3/i5998e/i5998e.pdf>

FAO (2019). Global forest products. Facts and figures. Consultado el 14/05/2021 en <http://www.fao.org/3/ca7415en/ca7415en.pdf>

Fuad-luke, A. (2002). The eco-design handbook. USA: Thames & Hudson

García, B. (2008). Ecodiseño. Nueva Herramienta para la Sustentabilidad, Editorial Designio, México.

García, M. (2017). Los biocompositos: ancestrales materiales del futuro. *Blog Tecnalía*. 29 junio, 2017. Consultado el 11/04/2021 en <http://blogs.tecnalia.com/inspiring-blog/2017/06/29/los-biocompositos-ancestrales-materiales-del-futuro/>

Global Footprint Network (2017). National Footprint and Biocapacity Accounts 2021 edition (Data Year 2017); GDP, World Development Indicators, The World Bank 2020; Population, U.N. Food and Agriculture Organization. Consultado el 08/04/2021 en https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.138695728.261587087.1617814695-1532599685.1617814695#/

González, F. (2013). Ecoeficiencia. Universidad de Guadalajara.

Grand View Research (2018). Biocomposites Market Size, Share & Trends Analysis Report By Fiber Type (Wood, Non-wood), By Polymer Type (Natural, Synthetic), By Product Type (Green, Hybrid), By End Use, And Segment Forecasts, 2018 – 2025. Recuperado el 08/04/2021 de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biocomposites-market>

Guo, X., et al (2015). Production of recycled cellulose fibers from waste paper via ultrasonic wave processing. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(19), n/a–n/a. doi:10.1002/app.41962

Gutiérrez, H, De la Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. McGraw Hill. 2da Edición: México.

Guzmán, M. (1992). El lirio acuático en el lago de Chapala. *Tiempos de ciencia*, núm 27, abril-junio 1992, pp.39-46.

Haro, L. (2019). Importancia de la producción de Papa en México. *El Sol de México*. Consultado el 29/05/2021 en <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/importancia-de-la-produccion-de-papa-en-mexico-3433659.html>

Hernández, R, et al (2010) Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. México

Hosey, L. (2012). The shape of green. Editorial Island press. Washington.

IBM, (2020). Meet the 2020 consumers driving change. Why brands must deliver on omnipresence, agility, and sustainability. *Institute for Business Value*, IBM: USA.

- IICA (2019). The bioeconomy: a catalyst for the sustainable development of agriculture and rural territories in LAC. Consultado el 09/05/2021 en https://www.redinnovagro.in/pdfs/IICA_Cap4_Eng_V4.pdf
- INECOL (s. f.). Lirio acuático, *Eichhornia crassipes*. Consultado el 30/09/2021 en <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/1109-lirio-acuatico>
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda. Recuperado el 10/04/2020 de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- Juárez, G. (2011). Cambios en la composición del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) debidos a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica. Instituto Politécnico Nacional.
- Karana, E., Pedgley, O., Rognoli, V. (2013). Materials Experience. Fundamentals of Materials and Design. Butterworth-Heinemann
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., van der Laan, A. (2015). Material Driven Design (MDD): a method to design for material experiences. *International Journal of Design*. Vol. 9 No. 2.
- Kuhn, T. (1970). La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica, México.
- Kriticos, D. y Brunel, S. (2016). Assessing and Managing the Current and Future Pest Risk from Water Hyacinth, (*Eichhornia crassipes*), an Invasive Aquatic Plant Threatening the Environment and Water Security. PLoS ONE 11(8): e0120054. doi:10.1371/journal.pone.0120054
- Lee, J. (2018). Contribución a la construcción del paradigma morfogenético del diseño innovador, sustentable y habitable. *Diseño y Sociedad* 44. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Lee, J. (2019). Repensar y proyectar la ciudad a partir de sus barrios. Una propuesta estratégica de codesarrollo sustentable y habitable para la Ciudad de México. *Tesis de doctorado en urbanismo*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lee, J. (2020). Plan de Desarrollo Integral para San Gregorio Atlapulco. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Lerner, (2014). Urban Acupuncture: Celebrating Pinpricks of Change that Enrich City Life, DOI 10.5822/ 978-1-61091-584-7_1
- Ling, A. (2019). Biopolymers for Responsive Architectural Scaffolds. Living architecture systems group folio series. [PDF]
- López, R. (2004). La sustentabilidad en la planeación urbana regional en México. BUAP. Consultado el 23/05/2021 en <http://www.rafaellopezrangel.com/nuevolibrolinea.htm>

- Lovelock, J. (2007). La venganza de la tierra. Editorial Planeta, Buenos Aires
- Madyira, D., et al (2017). Mechanical performance of paper pulp and wood glue composite. Proceedings of the ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition IMECE2017 [PDF]
- Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: The case of water hyacinth. *Environment International*, Volume 33, Issue 1, January 2007, Pages 122-138. Recuperado el 24, 02, 2020 de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412006001309>
- Manzini, E., Vezzoli, C. (2015). Diseño de productos ambientalmente sustentables. Editorial Designio. México.
- Maturana, H. y Varela, F. (2003). El árbol del conocimiento. Buenos Aires: Coedición Lumen / Editorial Universitaria
- Matus, M. J. y Rommero, V. (2010). San Gregorio Atlapulco: hábitat sustentable. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Consultado el 13/09/2021 en <https://repositorio.unam.mx/contenidos/255012>
- Máxima, J. (2020). Materiales. Para: *Caracteristicas.co*. Consultado el 19 de mayo de 2021, en <https://www.caracteristicas.co/materiales/#ixzz6vLCqByfX>
- Meadows, D. et al (1972). Los Límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. Club de Roma. México: Fondo de Cultura Económica
- Meadows, D. et al (1994). Más allá de los límites del crecimiento. Madrid: El País/Aguilar
- Meadows, D. et al (2006). Los límites del crecimiento: 30 años después. Barcelona: Galaxia Gutenberg
- Michavila, S., et al (2017). El hombre y la resina de pino: desde su uso pasado hasta la actualidad con especial atención en España. *Ambiociencias* 15:21-30
- Miklos, T. & Arroyo, M. (2008). Prospectiva y escenarios para el cambio social. Consultado el 15/09/2021 en [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2415A5FD597B34B005257D82005745DC/\\$FILE/Mikos_y_Margarita.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2415A5FD597B34B005257D82005745DC/$FILE/Mikos_y_Margarita.pdf)
- Miklos, T. & Tello, M. E. (2007). Planeación prospectiva. Editorial Limusa. Ciudad de México
- Mohammadian, M. (2003). What is bioeconomics: biological economics. Consultado el 09/05/2021 en <https://www.scienceofbioeconomics.com/articles/mansour-mohammadian/2003/41-what-is-bioeconomics-biological-economics>
- Morín, E. (1990). Introducción al pensamiento complejo. Editorial Gedisa. Barcelona.

Naciones Unidas (2020). Una población en crecimiento. Consultado el 08/04/2021 en <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Se%20espera%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,de%2011.000%20millones%20para%202100.>

Nguyen X.H., Honda T., Wang Y., and Yamamoto R., Design for Sustainability, A step by step Approach,, University of Tokyo, Delft University of Technology, Delft 2009, Modul G, p 123-133

Olivé, L. (2013). La Estructura de las Revoluciones Científicas: cincuenta años. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, 8(22),133-151. Consultado el 9/04/2021. ISSN: 1668-0030. En: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92425714007>

Patzchke, T. (2010). Hungry Mind: Julian Lechner. *Contemporary Foodlab*. Consultado el 12/04/2021 en <http://contemporaryfoodlab.com/hungry-people/2014/12/hungry-mind-julian-lechner/>

Pedroza, A. y Suárez-Núñez, T. (2003). Gestión estratégica de la tecnología. Hacia una ventaja competitiva. México: Coedición de CONACYT - ITESO - UADY. 211 págs. ISBN 968-5087-57-1

Peñaloza, N. y Ángel, J. (2015). Elaboración de materiales compuestos a base de fibras orgánicas con posibles aplicaciones aeronáuticas. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Campus Guanajuato. México.

Pérez, F. (2003). Lo material y lo inmaterial en el arte-diseño contemporáneo. Ed. UAM, México.

Pérez, J. & Gradey, A. (2020). Definición de Biocompuesto. Consultado el 22/05/2021 en <https://definicion.de/biocompuesto/>

Pertsch, C. (2015). Zostera Stool. *Behance*. Consultado el 12/04/2021 en <https://www.behance.net/gallery/30181168/Zostera-Stool>

PNUMA (2007). Diseño para la sostenibilidad: Un enfoque práctico para economías en desarrollo. Consultado el 10/05/2021 en <https://www.d4s-de.org/d4sspanishlow.pdf>

Poppe J. (1992) Gelatin. In: Imeson A. (eds) Thickening and Gelling Agents for Food. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3552-2_5

Podshivalov, A., et al, (2017). Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydrate Polymers*, Volume 157. Pages 1162-1172, ISSN 0144-8617.

Postmaa, T.J.B.M. & Liebl, F., (2005). How to improve scenario analysis as a strategic management tool? *Technological Forecasting and Social Change*, 72(2), pp.161–173. Consultado el 15/09/2021 en <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0040162503001525>

- Rahmawati, W., et al. (2018). Development of Biodegradable Board using Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*). International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/3.1.21>
- Ramos, C. & Caro, C. (2014). Biocompuestos en Colombia. Aportes de Diseño en la aplicación de Biocompuestos en el contexto productivo colombiano. Revista MasD (ISSN 2027-095X) N°14, Vol. 8, Año de 2014.
- Reséndiz, J. (2010). Diseño-eco-regional para Xochimilco. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Resnick, M. (2001). Tortugas, termitas y atascos de tráfico. Editorial Gedisa. Barcelona.
- Ribeiro, R., et al (2018). Sustainable composites based on pine resin and flax fiber. 3rd ICNF – Advanced Materials for a Greener World. [PDF] Portugal
- Ribul, M. (2013). Recipes for material activism. Open-source publication. Consultado el 21/05/2021 en https://issuu.com/miriamribul/docs/miriam_ribul_recipes_for_material_a
- Rodríguez, I. y Landázuri, G. (2015). ¿Fortalecer el patrimonio y la identidad turistificándolos? El caso de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco. *Revista de Arquitectura, Urbanismo y Territorios*, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego” BUAP, Vol. V Número 1 pp. 554
- Rodríguez, S. et al, (2011). Optimización de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*). *XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*. Consultado el 29/05/2021 en <https://smbb.mx/congresos%20smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/III/carteles/CIII-71.pdf>
- Rudin, A. y Choi, P. (2013). Biopolymers. The Elements of Polymer Science & Engineering, 3ra edición. Pp. 521-535. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382178-2.00013-4>
- SADER (2019). Impulsa Sader generación de valor agregado en productos del campo con el desarrollo de la bioeconomía. Comunicado oficial, consultado el 10/05/2021 en <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/impulsa-sader-generacion-de-valor-agregado-en-productos-del-campo-con-el-desarrollo-de-la-bioeconomia#:~:text=Holanda%20y%20M%C3%A9xico.-.La%20bioeconom%C3%ADa%20es%20una%20alternativa%20para%20potenciar%20las%20pol%C3%ADticas%20de.la%20seguridad%20alimentaria%20y%20la>
- Sánchez, A. (2015). Analisis de necesidades para la implementación de diseños ergonómicos en empresas y contextos educativos con especial referencia a la discapacidad. *Revista Infad de Psicología*. ISSN digital: 2603-5987
- Sánchez, A. (2019). Propuestas sustentables de ecodiseños a partir de un composite de bioplástico y cáscara de coco, en la comunidad de la Guadalupe, Tecolutla, Veracruz. Universidad Veracruzana.
- Sánchez, A., (2021). Producción de grenetina en México alcanza récord histórico gracias al COVID. *El Financiero*. Consultado el 29/05/2021 en

<https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/covid-impulsa-record-historico-en-produccion-de-grenetina-en-mexico/>

SEMARNAT (2017). La resinación de los pinos en México. Integración vertical de la cadena de valor bosque-industria-mercado. Consultado el 28/05/2021 en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/579797/VF_Conafor_ponencia_virtual_Resina_de_Pino_JMBT_con_productores_de_Chiapas_21_09_2020.pdf

SEMARNAT (2021). Producción y Consumo Sustentable. Desde la SEMARNAT se continúa fomentando la adopción de patrones de producción y consumo sostenibles. Consultado el 07/06/2021 en <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/produccion-y-consumo-sustentable>

Soria, J. (2004). Espacio natural y tiempo histórico: una fusión de horizontes Parque Ecológico de Xochimilco en el Distrito Federal, México. *Investigación y Diseño*, No. 01. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Statista (2021). Production of plastics worldwide from 1950 to 2019. Consultado el 14/05/2021 en <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>

The Global Footprint Network (2020). Ecological footprint. Consultado el 18/04/2021 en <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

Torres-Lima, P., Conway, K. (2018). Socio-Environmental Perception of an Urban Wetland and Sustainability Scenarios: a Case Study in Mexico City. *Wetlands*, Society Wetland Scientists.

Uribe, E., et al (2012) Determination of Mechanical Properties of Biodegradable Composites Made By Pine Resin Corn Fibers and Henequen Fibers. [PDF] Key Engineering Materials.

Vargas, J. C. (2017). Lirio Acuático: Fortaleza en la Gestión Ambiental. *Foro en Materia Ambiental y Ecológica, con enfoque y visión Municipal*.

Velásquez, J. (2002). Producción de tableros de fibras a partir de *Miscanthus sinensis*. Consultado el 24/02/2020 en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8510/TesiDoctoral.pdf?sequence=1>

Wali, G. (2019). Cheer Project: From Earth, To Earth. *Gaurav MK Wali*. Consultado el 12/04/2021 en <https://www.gauravmkwali.com/cheer-project>

WCED (1987). Our Common Future. Consultado el 05/04/2021 en <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

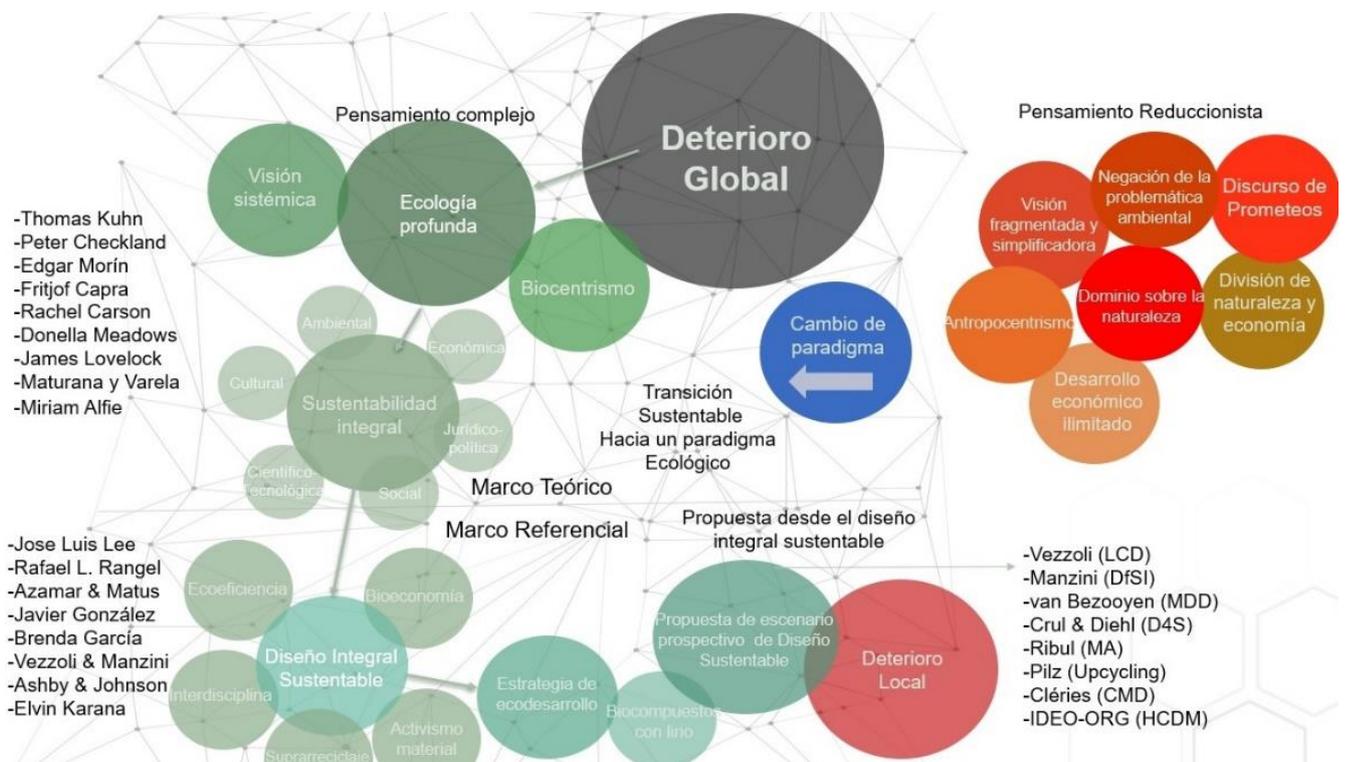
Wijskamp, D. (2009). Paperpulp Cabinets. *Debbie Wijskamp*, Consultado el 12/04/2021 en <https://www.debbiewijskamp.com/paperpulp-cabinets/>

Yagi, K. (2002). Concept and Development of Ecomaterials. Proceedings of International Workshop on Eco-materials, Tokyo, Japan, National Institute for Materials Science

ANEXOS

Anexo I. Complementos de Marco Teórico

Figura 62. Estructura de Fundamentación Teórica



Fuente: Elaboración propia

Paradigma reduccionista: necesidad de pensamiento complejo y estrategia.

Al tratar de entender a la naturaleza que nos rodea recurrimos a la ciencia, a sus teorías y métodos. Para poder enfrentar las problemáticas de la actualidad, resulta ineficiente la aproximación a su conocimiento y el planteamiento de soluciones con enfoques que han conocido ya sus limitaciones al buscar respuestas a través de ellos. Kuhn (1962:34) plantea que estos enfoques a los que denomina *paradigmas*, son constructos de la ciencia que proporcionan modelos de los que surgen tradiciones particularmente coherentes de investigación. Así como en su momento son útiles para entender algún fenómeno o aproximarse a la lucidez ante una serie de interrogantes, llegan a una etapa de crisis, dejando de funcionar adecuadamente en la exploración de un aspecto de la naturaleza hacia el cual, el mismo paradigma había previamente mostrado el camino (Kuhn, 1962:149). Entonces son cuestionados y vulnerados con nuevas propuestas, lo que sirve de antesala para el cambio. Un cambio que sugiere nuevas reglas, un cambio que surge a partir de la necesidad de un nuevo método para resolver conflictos o entender para atender situaciones que rebasan el conocimiento actual de la naturaleza. Pero este cambio no se trata de una tarea sencilla de sustitución, ya que como lo menciona Kuhn (1962:40) el camino hacia un consenso firme de investigación es muy arduo.

En el proceso surgen diferentes teorías y para que alguna sea aceptada como nuevo paradigma, debe parecer mejor que las competidoras, ya que su implicación, radicarán en una definición nueva y más rígida del campo. Con un nuevo constructo cultural y epistemológico provisto de los instrumentos para la solución de problemas, la ciencia puede avanzar de forma rápida y profunda. Hasta que vuelve a llegar el momento de crisis y es necesario rediseñar las herramientas (Kuhn, 1962:127). Se lleva a cabo entonces una reconstrucción del campo que una vez completa, se tiene como resultado una modificación en la visión, métodos y metas.

El reporte de Kuhn se origina a partir de un estudio histórico de como los científicos verdaderos se han comportado en el pasado (Checkland, 1993:74) y este desarrollo ha mostrado un comportamiento *reduccionista* en tanto que “se puede reducir la complejidad de la variedad del mundo real con experimentos cuyos resultados se validan mediante su repetibilidad, y podríamos erigir conocimiento a través de la refutación de las hipótesis” (Checkland, 1993:67).

La manera en que han evolucionado las ciencias de forma aislada, no ha permitido un avance en el conocimiento de la complejidad real. En los años del renacimiento por ejemplo, “no se consideraba que hubiese una gran separación entre las ciencias y las artes” (Kuhn, 1962:249), existían hombres como Da Vinci que fácilmente pasaban de un campo a otro, debido a que “el ser humano es un artista que a su vez integra su propio arte, por lo cual configura el mundo y le da sentido y significado a este y a su vez, el mismo va reconfigurándose en las múltiples interconexiones que tiene con los demás seres humanos, con él mismo y con los procesos, eventos, fenómenos, acontecimientos y situaciones con los que interactúa” (Ortiz, 2016:351).

En palabras de Maturana (1984:XIX) “tradicionalmente lo que hace la ciencia con más facilidad es analizar desmenuzando, esto es, investigando las propiedades particulares de los componentes del ser o sistema en estudio; lo hace en mayor proporción que el estudio de las relaciones entre componentes que debe poseer una organización”. El aprehender el mundo de la forma en que se ha hecho desde Descartes, ha construido el aparato epistemológico con una dualidad, que por un lado ha traído avances tecnológicos y desarrollo de las ramas de la ciencia, pero que por otro lado, con una visión mecanicista, fragmentada, que desconecta los sucesos y objetos, que es mercantilista y además llevada a un nivel social con división entre razas, creencias, nacionalidades, se ha postulado como el origen a la serie de crisis que se enfrentan hoy en día, al “separarnos de la naturaleza y de nuestros congéneres humanos” (Capra, 1983:8).

Si bien con la implementación del pensamiento racional de los griegos desde el siglo VI a.C. comenzó a avanzarse en el conocimiento científico del mundo fenoménico, también se comenzó a presentar un proceso de fragmentación entre disciplinas y la división entre las dimensiones del hombre como cuerpo, mente y espíritu, consumada en la revolución científica del siglo XVII por ejemplo con Newton y las relaciones lineales de causa/efecto y *cogito ergo sum* de René Descartes que fraccionaba en el hombre cuerpo y mente, y en su medio lo separaba de la naturaleza y la sociedad.

Charles Darwin en *El origen de las especies* ofreció la primera alternativa seria con una teoría descentralizada, donde no es necesario un diseñador que cree y de orden al mundo viviente, ya que el orden y la complejidad surgen de procesos descentralizados y autoorganizados de variación y selección (Resnick, 2001:31).

El cambio hacia el paradigma ecológico

La visión ancestral del mundo de origen oriental, unificadora del universo, donde las cosas y sucesos se encuentran conectados e interrelacionados, es una analogía que sirve para mejorar el entendimiento del pensamiento complejo al no separar al todo en sus partes para comprenderlas de forma aislada. Con el surgimiento del paradigma de pensamiento complejo y teorías de sistemas existe un avance en el entendimiento de fenómenos complejos sin recurrir al reduccionismo clásico. Se llega ahora a una comprensión que se había tenido ya hace siglos con las visiones holísticas de los griegos, particularmente con la física, con la diferencia que ahora no se basa solo en la intuición, sino en un riguroso y consistente formulismo matemático (Capra, 1983:7)

No es de extrañar que a pesar de llevar ya algunas décadas en desarrollo la teoría de sistemas y el pensamiento complejo, aún no se ha efectuado una reforma profunda más que en contados ejemplos en la organización y enfoque entre grupos o comunidades que tienen el poder para un cambio. Si se repasan los hechos históricos en los que el cambio de paradigma está por realizarse como resultado de una revolución científica, como en el caso de la teoría heliocéntrica de Copérnico, que pretendía cambiar un paradigma geocéntrico arraigado por siglos, se puede caer en cuenta que hay de por medio estructuras socio-culturales, grupos detractores, sinfín de cuestionamientos, pero sobre todo una resistencia al cambio por diferentes intereses, confort o incertidumbre.

La situación insostenible que alberga entre sus múltiples detonadores a los mencionados por Capra (1998:28): la vida en sociedad como una lucha competitiva por la existencia, la creencia del progreso material ilimitado a través del crecimiento económico y tecnológico, el sometimiento de la naturaleza así como de la mujer por parte del hombre, ha mostrado un hartazgo tanto del planeta como sistema vivo, como de la sociedad, ambos a través de sus múltiples manifestaciones que de manera urgente se hacen ver para exigir un cambio en la forma de percibir y pensar las cosas y los hechos que nos rodean.

Para la relativamente nueva forma de ver la entramada conexión entre situaciones y objetos del mundo, más allá de una visión holística, Capra propone una visión *Ecológica* en el sentido que además de considerar el *todo funcional y la interdependencia de sus partes*, se añade la percepción del *entorno natural y social* donde se inserta la situación-objeto, cobrando mayor relevancia cuando se trata de un sistema vivo. De manera más amplia se puede entender a la

visión ecológica desde la *Ecología* como “especialidad científica centrada en el estudio y el vínculo que surge entre los seres vivos y el entorno que los rodea, entendido como los factores abióticos (clima, geología) y los factores bióticos (organismos que comparten el hábitat); en donde se establecen procesos poli-relacionales y eco-sistémicos, procesos múltiples de inter-retro-acción y de eco-inter-co-dependencia entre ellos” (Lee, 2019:19).

El *paradigma ecológico* que Capra propone estará compuesto de manera integral por tres filosofías ecológicas:

1. Ecología profunda, como base filosófica y espiritual que apela por un estilo de vida ecológico y el activismo medioambiental. A diferencia de la ecología superficial o *antropocéntrica*, en esta escuela se considera al humano como “una hebra mas en la trama de la vida” Capra (1998:29). Para Arne Naess quien en 1973 (*The shallow and the deep, long range ecology movements*) creo este concepto, el ser humano forma parte de la naturaleza en igualdad de condiciones con otros seres vivos, siendo sólo una especie más. Se funda aquí una ética centrada en la vida (*biocentrismo*) donde como principios se rechaza y sustituye la imagen del hombre en el centro rodeado por un entorno, comenzando porque al hablar de “su entorno” se estaría colocando al centro al hombre; se considera un igualitarismo biosférico en el que existe un *derecho* para todas las formas de vida de prosperar y desarrollar potencialidades; y se reconocen los principios de diversidad y simbiosis, donde en vez de interpretar la sobrevivencia como dominación, lucha, consumo, se entiende como capacidad de cooperación y subsistencia entre especies. “La conducta social se funda en la aceptación, el reconocimiento del otro y en la cooperación; no en la competencia... La competencia es constitutivamente antisocial porque como fenómeno consiste en la negación del otro” (Maturana, 1997:16 en Peña, 2008:85).

En Alfie (2005:189) se identifica la *Deep Ecology* dentro del discurso del *Romanticismo verde* como un grupo radical que condena al humano por el deterioro ambiental al que se ha llegado, que busca la identidad con la unidad orgánica, la comunidad biótica, el carácter espiritual de toda la naturaleza. El fin es defender, proteger y preservar la vida salvaje y la naturaleza.

2. Ecología social, la cual reconoce el comportamiento antiecológico de estructuras sociales, económicas y sus tecnologías a través de la imposición de un sistema sometedor, conformado por patriarcado, imperialismo, capitalismo y racismo, en sí mismos explotadores y

antiecológicos (Capra, 1998:30). En la visión de Alfie (2005:191) *social ecology* es un grupo-actor que pertenece al discurso del *Racionalismo Verde*, el cual remonta a la Ilustración donde se permitió un incremento de las habilidades humanas para crear un mundo más igualitario y fomentar intercambios con el ambiente. Así mismo, pretenden cambios a pequeña escala con estrategias político-económicas que fortalezcan municipios mientras se promueve una imagen de humano-naturaleza en armonía productiva.

3. Ecofeminismo, donde en palabras de Capra, el patriarcado es considerado patrón de toda dominación y explotación en sus variadas formas de jerarquía: militarismo, capitalismo e industrialización. La explotación de la naturaleza ha ido de la mano con la de la mujer que ha sido identificada con la naturaleza a través de los tiempos. En Alfie (2005:189) se reconocen dos tipos de ecofeminismo, el *cultural* dentro del *romanticismo verde* que alude a una parte idealizadora de los valores y características femeninas compartidas con la naturaleza, como la natalidad, el cuidado, la atención y conservación del espacio privado, las virtudes de sensibilidad y cooperación, todos como parte de la esencia de la mujer. Tienen como bandera la igualdad y el matriarcado, se lucha por una liberación tanto de lo femenino como de la naturaleza. Por su parte, el ecofeminismo *social*, más allá de las percepciones y patrones culturales, se inclina por una visión de la opresión de la mujer y naturaleza como resultado de la estructura económica y social, se encargan de promover nuevas instituciones y acciones políticas y sociales que den lugar a la igualdad entre humanos y con la naturaleza.

Para conocer la forma en que se ha llegado al contexto actual en términos ambientales, basta con remontarse a la segunda mitad del siglo XIX, donde el hombre comenzó a percatarse del deterioro del medio ambiente como una consecuencia de las actividades orientadas principalmente al desarrollo industrial y económico, por lo que en ese tiempo el daño a la naturaleza comenzó a correlacionarse con el sistema económico que se encontraba ya en un estado de maduración: el capitalismo.

De acuerdo con Joaquim Sempere quien se ha enfocado en la *Ecología en Marx* (2018) encuentra en el principal crítico del capitalismo en aquella época, un pensamiento dialéctico el cual al mismo tiempo que reconocía el progreso de la industria mecanizada que podría significar la liberación de los trabajadores, denunciaba la degradación tanto de la integridad y salud del trabajador como la de la tierra, fuentes de las que mana toda la riqueza. Siendo evaluado el impacto al suelo a partir de una ruptura en la circularidad de nutrientes, los cuales

eran extraídos de las tierras agrícolas e importados por las grandes ciudades en forma de alimentos, donde eran evacuados hacia los ríos, causando su contaminación.

En este sentido, se percibe un vestigio de una visión ecologista emergente desde aquel entonces. Marx emplea el término *metabolismo* o *intercambio de materiales* para evidenciar la relación entre el hombre y la naturaleza que proyectaba una inviabilidad a partir de las prácticas empleadas por el capitalismo, y que le serviría como otro argumento en favor de planteamiento del comunismo como sistema de reemplazo, donde el humano regularía conscientemente este metabolismo.

De igual manera se puede ver un indicio sobre la preocupación de la continuidad de la especie humana al mencionar en *El Capital I* a través de Sempere (2018) que “la agricultura tiene que preocuparse por toda la gama de condiciones permanentes de la vida que requiere la cadena de generaciones humanas” yendo más allá de una consciencia ecológica, a una noción de lo que se conoce hoy como desarrollo sostenible.

La utopía de instauración del sistema comunista que cambiaría los modos de producción y organización y con ello, contribuiría a restablecer el equilibrio en la relación del humano y su ambiente, permaneció como tal, una utopía. La realidad ha sido una serie de sucesos entre guerras, crisis, desigualdad, que lejos de solucionar, han agravado las problemáticas en distintos ámbitos, pero sobre todo en el ambiental.

El deterioro ambiental y la globalización

Cobra relevancia en los años 80 la consumación del fenómeno de globalización. Para Alfie (2005:22) la globalización es un *telón de fondo* sobre el que se desenvuelve la modernidad, un fenómeno de fenómenos como la expansión del comercio internacional, flujos financieros, inversiones extranjeras efectuadas por corporaciones y bancos así como cambios fundamentales en el medio ambiente, comunicaciones, cultura y política; un acontecimiento cotidiano que resalta la integración económica política y cultural, que provoca diferencias y que es experimentada de manera particular en cada localidad. Se trata de una serie compleja de procesos en la que de acuerdo con Pérez Cortés (2003:24) interactúan diferentes sistemas económico sociales del mundo contemporáneo. “Son el crecimiento, la concentración, el entrelazamiento, la convergencia, el desarrollo de redes y la centralidad sus mecanismos principales de articulación como sistema (2003:25). Tiene a las redes de comunicación como soporte inmaterial para su desarrollo, y el mismo autor señala 10 de sus efectos más

corrosivos: “1) ...uniformiza a la humanidad... 2) ...homogenizar de las formas de producción, consumo e intercambio en todo el mundo... 3) Exacerba las diferencias entre los países *centrales* y *periféricos*... 4) ...tecnología como fuerza de dominación sobre países no centrales. 5) ...omnimercantilización de la vida 6) ...arrasa culturas, entornos, identidades. 7) ...todo gira alrededor de la satisfacción del cliente. 8) en los hechos margina y excluye a un gran número de personas... 9) ...privatización de las relaciones sociales, además de convertir al hombre en un nómada... 10) ...todo vicio se vuelve inmediatamente público y toda virtud se reduce a lo privado”.

Aunque los efectos mencionados son categorizados en aspectos políticos, sociales y económicos, el impacto en el ambiente ha sido inminente, ya que en palabras de Alfie (2005:28) “muchas de las decisiones tomadas en la modernidad industrial tienen un efecto perverso sobre la naturaleza”. De esta forma al igual que los efectos en las otras dimensiones, los problemas ambientales tienden a un efecto global. “Lo que suceda hoy en cualquier parte del globo terráqueo afectará de manera directa o indirecta a la vida local de cualquier población”. O en palabras de Crispin Tickell “Lo que pasa en un sitio afecta rápidamente a lo que pasa en otros lugares. Somos peligrosamente ignorantes de nuestra propia ignorancia y pocas veces conseguimos tener una perspectiva global de las cosas”.

Las sociedades industriales ahora se han convertido en sociedades de riesgo donde se perpetua el deterioro ambiental, se agotan los recursos, lo cual limita el desarrollo alcanzado, y la relación con la naturaleza permanece alterada. Los problemas ambientales que se enfrentan en el contexto actual tan complejo engloban: desertificación, erosión de suelos, contaminación de agua y aire, una alta producción de basura, riesgos de accidentes nucleares, técnicos o científicos de incalculables consecuencias.

Anexo II. Terminología de materiales “verdes”; Biobases y fibras de refuerzo

Generalmente suelen manejarse como sinónimos los términos relacionados con los materiales de origen biológico con características sustentables. Se tienen, entre otros: biomateriales, biocompuestos, ecomateriales, materiales verdes, sustentables, ecoamigables, circulares, biomiméticos, biocompatibles, etcétera. Sin embargo, es importante diferenciar los conceptos dado que en la rigurosidad de la ingeniería de materiales donde convergen disciplinas como la biología y la química, se precisa de una definición clara de cada uno.

Quizá el término que guarda más confusión es *biomaterials* o *biomateriales*. Informalmente se le llama de esta manera a cualquier material creado a partir de materia que alguna vez tuvo vida, dadas las raíces etimológicas de la palabra y es usado de este modo principalmente en entornos de diseño. Sin embargo, en un contexto formal, la definición más ampliamente aceptada es la que emplea el *American National Institute of Health*, que describe un biomaterial como “cualquier sustancia o combinación de sustancias, diferentes de los fármacos, de origen sintético o natural, los cuales pueden ser usados por cualquier periodo de tiempo, aumentando o reemplazando parcial o totalmente cualquier tejido, órgano o función del cuerpo, con el fin de mantener o mejorar la calidad de vida del individuo” (Bergmann & Stumpf, 2013).

Los *biocompuestos* también presentan una ambigüedad, en este caso se encuentra una definición desde la química: “los biocompuestos son los compuestos que forman parte de los organismos vivos. También conocidos como biomoléculas, resultan imprescindibles para el funcionamiento adecuado de un organismo” (Pérez & Gardey, 2020). Otros recursos hablan de biocompuestos en un sentido de materiales para la producción de objetos, por ejemplo en Ramos & Caro (2014:3): “Un bio-compuesto es un material polimérico fabricado a partir de materias primas naturales que son procesadas por organismos vivos”. Si se le agrega la palabra *material*, se obtienen resultados más afines al campo del diseño e industria: “Los materiales biocompuestos están conformados por una matriz (polímero o resina) y un reforzamiento de fibras naturales (usualmente derivadas de plantas o celulosa)” Moreno, Z. (editor), 2016:982). Este es el concepto más cercano al que se ha definido para el presente trabajo y el que incluso se llega a emplear como traducción, sin embargo, formalmente *biocomposite* se trata de un anglicismo, que definido por Rudin y Choi (2013:532), consiste en

“un material compuesto por dos o más materiales -siendo al menos uno naturalmente derivado- los cuales son combinados para producir un nuevo material, con un rendimiento mejorado sobre los materiales constituyentes en su forma individual. Los elementos constituyentes son la matriz y un componente de reforzamiento, el cual será el material soportador de carga y que puede estar en forma de fibras, filamentos, partículas u hojuelas. Por su parte la matriz sirve para aglutinar el material de refuerzo y así, proveer soporte mecánico”.

Los ecomateriales por su parte tienen un significado más amplio. En general diversas fuentes manejan el mismo concepto, palabras más, palabras menos; se hace referencia a la que brindan Halada y Yamamoto (2001 en Nguyen et al, 2009:123) siendo: “aquellos materiales que incrementan el mejoramiento ambiental a través el ciclo de vida completo, manteniendo un desempeño responsable”. Seguido de la definición, cuyo énfasis reside en el ciclo de vida material y el impacto ambiental, Nguyen et al (2009:124) otorga una lista de propiedades que pueden hacer ecológicamente superior un material respecto a los convencionales: ahorro de energía, ahorro de recursos, reusabilidad, reciclabilidad, fiabilidad estructural, estabilidad química, seguridad biológica, sustituibilidad, amenidad y limpiabilidad. Dado que las cualidades fisicoquímicas de los materiales y su impacto ambiental son factores cuya correlación ya cuenta con herramientas de medición cuantitativa, el enfoque se basa principalmente en ello, en el ámbito medioambiental. Pero cabe destacar que un material puede ser integralmente sustentable al adquirir, como antes se mencionó en el *diseño sustentable*, un carácter integral al considerar aspectos principalmente socioeconómicos y que le otorgarán un mayor sentido sustentable a su producción y uso en la manufactura de objetos.

Lo anterior son las principales diferencias entre los conceptos más comúnmente utilizados para este tipo de materiales. Por su parte, los términos: *material biomimético*, *biocompatible*, *circular*, *reciclable*, *etcétera*, se tratan generalmente de subtipos que, por ejemplo, adquieren diferentes cualidades dados los recursos de los que se componen, sus procesos de transformación, las formas finales que adquieren y en su caso, el grado en que pueden reincorporarse dentro de un nuevo sistema al finalizar su ciclo. Para el presente trabajo se contempló el término *biocomposite* debido a la identificación con el tipo de materiales que se estará explorando y su manejo conceptual tanto en recursos científicos como en buscadores no especializados.

Diversas propuestas han surgido en la última década, enfocadas en emplear recursos alternativos para el desarrollo de productos, como desperdicios orgánicos -upcycling-, malezas, componentes desechados o últimamente con cultivos de celulosa a partir de hongos y bacterias como *mycelium* y *scoby* -comúnmente denominados *biobasados*-, ya sea como una simple exploración material o con una implementación industrial. Las formas más comunes que se buscan y adquieren son tableros, textiles, partes moldeadas de uso específico como en empaques, industria automotiva y de construcción, y recientemente, en la impresión 3d, haciendo uso de estos materiales para dar vida a formas más complejas. Ya sea a través de procesos tradicionales, de baja tecnología, como en la producción de papel artesanal, o haciendo uso de la más alta tecnología al imprimir modelos con *biocomposites*, el fenómeno que se trata de una integración entre el uso de materias primas renovables como se ha hecho desde tiempos inmemorables y procesos tecno-científicos novedosos, se encuentra en expansión, dado que la consciencia ambiental se ha comportado de la misma manera.

Biobases

Al retomar el concepto de *biocomposites* como sistemas materiales (Dos Santos & Lenz, 2013:433) se entiende que estos se componen de una o más fases discontinuas -agente de reforzamiento- incorporadas en una fase continua -matriz o base-. Otros aditivos pueden ser agregados como plastificantes, pigmentos, calor, o estabilizadores de luz, con el fin de proveer ciertas propiedades. Tanto la matriz como el refuerzo en un *biocomposite*, se busca sean provenientes de fuentes naturales, renovables, biodegradables, con el fin de presentar un mejor impacto medioambiental en comparación por ejemplo con los plásticos derivados de fuentes fósiles. De esta forma la matriz o agente aglutinante, es referida como *biobase bioaglutinante*, y consiste en polímeros biodegradables que pueden ser compostados al finalizar su ciclo de vida. Dependiendo de su origen, pueden ser divididos en naturales, sintéticos o microbianos.

En el presente trabajo el enfoque reside en los polímeros naturales. Para Dos Santos y Lenz (2013:434) estos polímeros son formados naturalmente durante el ciclo de crecimiento de los organismos vivos. Se subdividen en proteínas como el colágeno, seda y queratina, y carbohidratos como almidón y glicógeno. Se trata de materiales químicamente inertes, no tóxicos, menos caros que los sintéticos, eco-amigables y ampliamente disponibles. Presentan

desventajas como propiedades térmicas y mecánicas bajas y son obtenidos tanto de plantas como animales como se puede observar a continuación:

Tabla 10: Clasificación de biopolímeros basados en su origen

Vegetal	Carbohidratos	Polisacáridos	Celulosa Almidón Pectina
		Proteínas	Derivados de soya Polipéptidos
		Ligninas	Polifenoles
Animal		Proteínas	Seda Lana Polipéptidos
		Polisacáridos	Quitina Quitosano Glicógeno

Fuente: Dos Santos & Lenz, 2013:435

Selección de biobases

A pesar de la gran disponibilidad de los biopolímeros tanto vegetales como animales, en México existe mayor accesibilidad hacia algunos como la resina de pino, caseína, grenetina, almidón, mucílago y celulosa de papel reciclado. Atendiendo a la recomendación desde la sustentabilidad de buscar los materiales de forma local, se plantean los anteriormente mencionados dada su comercialización local en la Ciudad de México para llevar a cabo los procesos de experimentación. Se encontraron estas alternativas al efectuarse una búsqueda tanto informal en recursos como redes sociales donde un gran número de diseñadores publican sus investigaciones empíricas sobre exploraciones materiales y se complementó con artículos de investigaciones científicas donde se hace uso de los mismos. Cabe mencionar que en el fondo, el objetivo en ambos casos es el mismo: encontrar alternativas de materiales sustentables a través de la investigación-exploración.

Resina de Pino

La resina de pino es una sustancia viscosa y pegajosa, constituida por una mezcla compleja de diferentes tipos de terpenos. Se produce en las células resiníferas y, tras ser expulsada al

exterior del árbol por un estrés biótico o abiótico, se endurece y protege al pino contra patógenos y fitófagos. Actualmente su extracción se lleva a cabo en países de zonas cálidas, donde se hace un corte a los árboles y se coloca un recipiente en el que resbala la resina (Michavila, et al, 2017). En México según datos de Semarnat (2017) la resina de pino es una sustancia natural y renovable considerada Producto Forestal No Maderable. Es demandada por la industria química para múltiples aplicaciones. Michoacán es el principal productor destinando 115 mil hectáreas para su aprovechamiento. Ambientalmente se conoce como una herramienta de conservación activa forestal, ya que los arboles no se derriban y el entorno permanece prácticamente intacto. En 2017 se llegó a una producción de 25 mil toneladas. Existen altibajos en la producción dada la influencia de China en el mercado de la brea. Otro factor que contribuye a la deforestación y con ello una disminución en la producción, es el cambio en uso de suelo, debido a la plantación de aguacate.

Este material fue encontrado en una exploración actual llevada a cabo por la diseñadora Sarmite Polakova, quien crea productos artesanales con la mezcla de resina y otros componentes como corteza de árbol, mediante un proceso de moldeo parecido al de la cerámica, con vaciado en yeso y silicón, en un entorno de taller. Adicionalmente menciona la fragilidad del material como un principal problema en los procesos de fabricación, para el cual, plantea el uso de aditivos como cera de abeja para otorgar fluidez y flexibilidad al *biocomposite*, sin dejar de ser en su totalidad de fuentes naturales.

Uribe, et al (2012) realizan la exploración de un *biocomposite* basado en esta resina y fibras de maíz, y otro con henequén para determinar sus propiedades mecánicas. La resina es calentada a 200° C y vertida en un molde con la fibra para termoprensarse. Concluyen que existen numerosas variables que no pueden controlar a través del proceso empleado, adicionales al tamaño y proporción de fibra por lo que sugieren producir objetos con este compuesto a través del moldeo por inyección. Adicionalmente demuestran de forma analítica que hay un menor impacto ambiental en la producción de este material, comparado con el uso de plásticos y lo proponen como sustituto de plásticos en todo tipo de objetos.

Por otro lado, Ribeiro, et al (2018) exploran un *biocomposite* basado en la resina y fibra de linaza, argumentando el uso de esta matriz dada la abundancia de los árboles de pino en el territorio (Portugal). Para producir las muestras, agregan etilvinilacetato en un 30% para reducir la fragilidad de la resina, estableciendo como objetivo su uso en productos como

mobiliario y lámparas. El agregar una sustancia sintética a pesar de mejorar las cualidades materiales, añade impactos ambientales negativos.

Caseína

De acuerdo con Ling (2019:6) la caseína es una proteína encontrada en la leche de mamíferos y quesos, comúnmente usada como aditivo alimentario y de pinturas, adhesivos y otros productos industriales. Es conocido como un plástico natural y aglutinante. Es permeable en aceite e hidrofóbico. No se encontró información acerca de la producción de caseína como materia prima en México ya que las estadísticas se concentran en productos lácteos como la leche y el queso. Sin embargo se encuentran algunas industrias como Abaquim, Abastecedora de Productos Vallejo, Alcotrade y otras, que comercializan caseína como insumo para el ramo alimentario.

Se planteó su uso a partir de encontrar investigaciones exploratorias de Neri Oxman, Andrea Ling y experimentaciones informales en redes donde se utiliza para la creación de *slime* y bioplásticos. Sin embargo, las formulaciones encontradas hacen uso de sustancias como hidróxido de potasio, sulfuro, metilcelulosa, alcohol polivinílico, cuyo uso en algunos casos debe ser en un ambiente controlado, por lo que se buscarán alternativas de formulación que no resulten tóxicas. El uso del producto se plantea únicamente en términos exploratorios dado que se trata de un producto utilizado para la generación de alimentos y su costo es relativamente elevado; además de tener un impacto ambiental en su producción. Sin embargo actualmente se está generando una alternativa (Pandya y Gandhi, 2015) a través de levaduras modificadas que de manera sintética, producen lácteos y esto puede llevar a la exploración material con menores implicaciones ambientales, éticas y económicas.

Grenetina

Consiste en un polipéptido de alto peso molecular obtenido por hidrolisis parcial de colágeno derivado de la piel, tejido conectivo y huesos de animales. Es un polímero hidrosoluble utilizado como agente gelificante, espesante, o estabilizante. Por más de 2000 años estas materias primas han sido usadas tanto de forma casera como industrial, para el sector alimentario como para otros productos técnicos (Poppe, 1992: 98). La materia prima de origen animal es obtenida de rastros donde se sacrifican animales para el consumo humano, de ello se argumenta el uso de la gelatina como una forma de aprovechar por completo los restos de

los animales y no solo la piel o carne, contribuyendo a una economía circular, sin embargo, esto es dicho por empresas como *Rousselot*, por lo cual se necesitaría indagar el origen de los recursos evitando sean de fuentes no sustentables.

En México durante el año 2020 se produjeron 21 mil 180 toneladas de grenetina, siendo al menos 10 empresas las responsables de tal cifra, dado el aumento de la demanda del sector farmacéutico para la fabricación de cápsulas principalmente (Sánchez, 2021). Como material de *biocomposites* existen numerosas referencias de aplicación tanto en sectores industriales como en la producción de *biofilms* como productos dirigidos al envase de productos alimentarios, y en trabajos de experimentación de *bioplásticos* y *biotextiles* por ejemplo, como en el caso de *Biologystudio*, Tiare Ribeaux, *FabTextiles*, entre otros.

Almidón

El material a utilizar será el almidón de papa dadas las características que se obtuvieron en la experimentación llevada a cabo por Sánchez (2019) donde mostró mejores propiedades comparado con el almidón de maíz y el de trigo. Además, tiene uno de los costos mas bajos y mayor disponibilidad en el mercado regional, algo por lo que los almidones de yuca, maranta y tapioca fueron descartados.

El almidón de papa es un polisacárido constituido por amilosa y amilopectina que exhibe buenas propiedades como formador de películas, estabilidad química y que puede ser incluso deglutido. Proviene de una fuente renovable, la cual a su vez resulta económica y biocompatible. Aunque han sido señaladas algunas deficiencias en su comportamiento material, se ha propuesto una mejora al mezclarse con grenetina (Podshivalov, et al, 2017). Diversos usos han surgido en los últimos años como la fabricación de envases de comida, cubiertos comestibles y exploraciones de otro tipo de objetos más apegados al ramo artesanal.

De acuerdo con Haro (2019) México es autosuficiente en la producción de papa, se produce todo el año aunque el consumo anual es bajo. Se cultivan alrededor de 68,000 hectáreas obteniéndose un total de 1.8 millones de toneladas. El 29% se destina a la industria, 56% al consumo fresco y 15% para la producción de semilla.

Mucílagos

Nopal

Es un polisacárido fibroso altamente ramificado constituido por arabinosa, galactosa, xilosa, ramnosa y ácido galacturónico. Se considera importante para la industria principalmente de alimentos debido a sus propiedades de viscosidad. Modifica propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de ser un buen gelificante, espesante y emulsificante (Rodríguez, et al, 2011).

En un contexto de producción material, en 2018 se desarrolló en México un bioplástico a partir de nopal de carácter biodegradable. Otros materiales como la “piel vegana” de la marca mexicana *Desserto* y exploraciones en materiales constructivos se han llevado a cabo con el fin de ofrecer alternativas más sustentables y aprovechar la abundante biomasa de este organismo, que de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2019), se producen más de 812,000 toneladas anuales, concentrándose el 90% en la zona centro de México, principalmente en Morelos. Entre sus usos se encuentra en primer lugar como verdura, producción de tunas, seguido de la producción de forraje y recientemente como biomasa para biocombustibles.

Linaza

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2015) menciona que esta planta herbácea se aprovecha en su totalidad de diversas maneras. El tallo principalmente, es empleado para la fabricación textil -lino-. Por su parte la semilla, es empleada para extraer harina y aceite. Otros intereses son el medicinal dados los nutrientes y propiedades que contiene la semilla y usos alternativos como la fabricación de papel. Los principales productores de este recurso son Estados Unidos y Canadá. En nuestro país, el Estado de México produce casi 2 mil toneladas anuales de linaza ornamental.

De manera reciente se ha empleado la fibra de lino en la fabricación de nuevos materiales más amigables con el ambiente dada su producción y carácter biodegradable. Por otro lado, se han encontrado estudios sobre la elaboración de otro tipo de materiales a partir del mucílago obtenido de la semilla. El mucílago de semilla de linaza es una capa de gel que se forma cuando la semilla se sumerge en agua. El polisacárido en la capa epidérmica del recubrimiento de la semilla se vuelve viscoso con el agua. El mucílago consiste en

rhamnogalacturonan I (pectina) y arabinoxylan (hemicelulosa) con nuevas sustituciones de grupos laterales que forman grandes agregados en solución y contribuyen a su propiedad gelatinosa (Yee et al., 2016). Existen estudios del empleo del mucílago en biopelículas donde se combina con plastificantes como el glicerol para mejorar su elasticidad.

Periódico reutilizado

Los residuos de papel están compuestos principalmente por fibras de celulosa y pueden ser empleadas para producir papel reciclado y materiales de biomasa -sin emplear materias primas nuevas-. Al no ser necesario eliminar la tinta ni blanquear la pulpa -debido a que no se fabricará papel blanco- no es necesario emplear químicos que pueden resultar peligrosos en el agua residual (Guo, et al, 2015).

En años recientes se han investigado nuevos *biocomposites* que resulten sustentables y baratos, empleando materiales como celulosa, buscando a su vez un desempeño mecánico óptimo. Reciclar papel ha sido una iniciativa principal de conservación de recursos naturales, disminución de emisiones de efecto invernadero, ahorro de energía y mantenimiento de espacio libre en vertederos (Madyira et al, 2017). Se ha encontrado en algunos estudios como el anteriormente citado, el uso de residuos de papel para la generación de *biocomposites*, aunado a ello, elaboraciones artesanales como el papel maché y el proyecto “paper pulp” de la diseñadora Debbie Wijskamp se tienen como referencia en la utilización de este material como un agente aglutinante sustentable que adicionado al lirio acuático, se pretende que mejoren las propiedades del producto final, llegando a un grado de proporción óptima a través de la experimentación.

Aditivos

Existen aditivos que en sinergia con los materiales como el almidón, la grenetina y mucílagos, mejoran las propiedades materiales del bioplástico formulado. Para este trabajo se estudian dos: el ácido acético (contenido en el vinagre blanco que se empleará en este estudio) y el glicerol o glicerina vegetal. Su uso ha sido encontrado en diferentes artículos científicos sobre el desarrollo de bioplásticos, así como en experimentaciones materiales empíricas de algunos diseñadores o estudios.

El vinagre, de acuerdo con Dunne (2018) es un ácido que ayuda a romper la amilopectina, lo cual otorga mayor flexibilidad al bioplástico seco. Es por ello que se utiliza en la fabricación principalmente de biotextiles, los cuales deben de poseer gran flexibilidad para desempeñar sus funciones. Además de este mejoramiento, en los resultados del artículo de Tengku, et al (2010) el agregado de ácido acético en compuestos materiales mejoró la fuerza de tensión, elongación y el módulo de elasticidad longitudinal. Por otro lado en una fuente de carácter empírico sobre la experimentación de bioplásticos, se menciona que el vinagre ayuda a disolver más fácilmente el almidón al agregar iones a la mezcla. Y en estudios sobre *biofilms* se establece que el vinagre coadyuva como agente antimicrobiano en los compuestos.

La glicerina por su parte, en Dunne (2018) se trata de un agente plastificante que crea espacios entre las cadenas poliméricas, debilitando las fuerzas intramoleculares y reduciendo la rigidez. Tiene la formula molecular $C_3H_8O_3$ y se encuentra de forma natural en lípidos tanto de plantas como animales. A un mayor porcentaje de glicerina, se aumenta la flexibilidad del bioplástico. De igual manera se corroboró la información en otras fuentes y sus usos. Tanto en biotextiles como en *biofilms* se estudio su utilización y su compatibilidad con alimentos, siendo una sustancia no toxica aprobada por la Food and Drug Administration como *generalmente reconocida como segura*.

Fibra de refuerzo

La fase discontinua o agente de reforzamiento es el otro componente de un *biocomposite*. De acuerdo con Dos Santos y Lenz (2013:442) los refuerzos poliméricos son empleados generalmente para proveer rigidez y fuerza a la matriz polimérica, dando como resultado el mejoramiento de las propiedades mecánicas para los *biocomposites* obtenidos. Recientemente se ha evidenciado un gran interés en el uso de fibras naturales con este fin. Los mismos autores mencionan que las fibras vegetales, en contraste con las fibras sintéticas como fibra de vidrio o de carbono, presentan una gran abundancia natural, reciclabilidad, biodegradabilidad, no-toxicidad, no-abrasividad en los procesos de moldeo, fácil pigmentación, bajo costo, baja densidad y bajo consumo energético en su producción, por lo cual sugieren una gran alternativa ante las problemáticas ambientales.

Las fibras cultivadas como linaza, cáñamo, sisal, etcétera, están recibiendo considerable atención en la última década para la manufactura de compuestos poliméricos. Junto con las ventajas antes mencionadas, una más, señalada por Kandachar en Karana, (2013:100) reside

en la perspectiva de salud y seguridad ocupacional, durante el manejo y ensamble de productos, ya que las fibras naturales son preferidas ante la fibra de vidrio debido a una menor abrasividad al maquinarse y a los problemas principalmente respiratorios ocasionados por ésta última en su forma de polvo. Por otro lado alguno de los problemas que enfrenta el uso de fibras naturales, señalados por el autor, son la variada consistencia en la calidad de las fibras, estabilidad térmica, habilidad de absorber humedad y limitada fuerza de impacto al ser empleadas en *biocomposites*. Adicionalmente hay una falta de información técnica en comparación con las fibras sintéticas, además de haber posibles consecuencias de degradación y ataque de hongos y moho. Para el presente trabajo se ha propuesto al lirio acuático como recurso para la obtención de fibras de refuerzo en los *biocomposites* a desarrollar. En investigaciones de reciente publicación, como en el caso del tablero biodegradable de lirio propuesto por Rahmawati et al, (2018) se plantea el uso de lirio como alternativa al uso de madera para la obtención de celulosa. Se menciona que el lirio es una planta flotadora que llega a crecer generalmente hasta 0.5 metros; su composición consiste en promedio: humedad 95.4% en fresco, con un rendimiento de pulpa seca de 3.6%. Aproximadamente en $1m^2$ puede haber hasta 28kg de lirio fresco, siendo 84% de tallos. Bajo en lignina (10%), alto en celulosa (60%) y hemicelulosa (33%).

Anexo III. Metodología de simulación prospectiva

A partir de lo anterior, se considera que:

- Se comienza con la configuración de un futuro deseable, aludiendo al acto imaginativo. Esta perspectiva desde el futuro considera variables cualitativas, relaciones dinámicas, creatividad y participación y una actitud activa hacia el porvenir.
- Al existir diferentes futuros posibles, se realiza una confrontación de las alternativas y se selecciona la más deseable, posible y probable.
- A partir del futuro planteado, se hace una reflexión sobre el contexto actual; se toma conciencia de la situación para actuar de forma eficaz, se prepara el camino orientando el desenvolvimiento hacia el futuro objetivado.
- Las estrategias que derivan de la articulación y convergencia de las expectativas y deseos de los participantes funcionan como guía para las acciones presentes que permitirán el logro del futuro deseado.

Figura 64:



Fuente: Miklos & Tello, (2007)

Para desarrollar cada una de las etapas, se cuenta con elementos de igual manera propuestos por los autores, herramientas que en este caso, sirven para plantear un panorama preliminar respecto a lo que se espera conseguir con un trabajo posterior. En un inicio se considera una revisión bibliográfica en conjunto con entrevistas a expertos sobre el tema para conocer el contexto. Posteriormente se realiza una toma de postura desde la teoría para el abordaje de la problemática y se conocen más a fondo los antecedentes de la situación en cuestión, para

ser conscientes de todas las variables. Una vez conocida la complejidad del objeto de transformación, se comienza a construir el futuro de la forma en que se encuentra la imagen:

Figura 65: MODELO GENERAL DE PLANEACIÓN



Fuente: Miklos y Tello, (2007).

Al vislumbrar el futuro deseable, se comienzan a emplear otras herramientas para validar la alternativa; una de ellas es el análisis FODA, con el que se conocerá la situación interna y externa de la organización. Esto daría a conocer el escenario que se prevé en que se sitúa la problemática, describiéndola y el camino de acontecimientos que llevaría de la situación A a la situación B, ilustrando decisiones, eventos y consecuencias.

Tabla 11: Guía para escenario en productos de diseño

DESARROLLO DE ESCENARIOS DE FUTURO	
Descripción de la morfología del escenario	¿Dónde estaré?
Pautas de conducta frente al escenario	¿Cómo me comportaré?
Directrices para el diseño de productos	¿Qué necesitaré?

Fuente: Colomer & Martínez, (2011)

Es en este momento en que se desarrollan las estrategias que se tomarán en el presente para lograr el futuro propuesto:

Tabla 12: Acciones previas para organizar un ejercicio prospectivo

Objeto	Acciones
Organización formal	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a la comunidad implicada • Identificar a los grupos de trabajo • Constituir un comité de pilotaje • Construir un equipo de gestión • Reclutar especialistas y expertos
Procesos de decisión	<ul style="list-style-type: none"> • Definir el tipo de gestión • Precisar el tipo de plan de acción • Definir objetivo de cada grupo • Determinar y programar las formas de interacción • Determinar y programar los productos a obtener
Obtención de financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar promotores • Identificar patrocinadores • Procurar financiamiento • Identificar los recursos necesarios • Obtener y administrar financiamiento(s)

Fuente: Miklos y Arroyo, (2008)

“De cada escenario identificado se derivan una serie de pautas o comportamientos del usuario en el contexto hipotético descrito... El diseño... formaliza estas variables que caracterizan los escenarios y las materializa en un todo continuo a nuestro alrededor. Son los espacios que habitamos y atravesamos, los objetos que los pueblan y que manejamos... El diseño es en consecuencia una disciplina proyectual que se orienta hacia la resolución de problemas que el hombre se plantea en su continuo proceso de adaptación al entorno según sus necesidades físicas y espirituales. Por tanto, ante diferentes entornos, diferentes conductas, necesidades y distintas alternativas de diseño” (Colomer y Martínez, 2011).

Como se pretende desembocar en una organización con el diseño como actividad central, al final se consideran pautas, propuestas por Prodesignlab, como “directrices para el diseño de producto”, basadas en el consumidor: ¿Qué compra? ¿Quién compra? ¿Por qué compra? ¿Cómo lo compra? ¿Cuándo compra? ¿Dónde compra? ¿Cuánto compra? ¿Cómo lo utiliza? Y de este modo proseguir hacia la experimentación material, o como lo mencionan los autores: “fase creativa” a través de metodologías que generen alternativas de diseño -ideación- y que conlleven a la generación de prototipos, para después, establecer una estrategia de producción en cantidades mayores logrando los fines ambientales, sociales y económicos objetivados.

Anexo IV

Una manera de identificar algunas de las acciones que se pueden considerar como parte de una estrategia de ecoeficiencia durante cada etapa en el ciclo de vida del producto se concentran en el siguiente cuadro:

Tabla 13: Oportunidades de ecoeficiencia

Obtención de materiales	Conservación de recursos	Minimización
		Renovables
		Reciclables y reciclados
		Valoración de desechos
	Bajo impacto material	Evitar sustancias tóxicas
		Evitar los que dañan la capa de ozono
		Evitar gases efecto invernadero
		De bajo contenido energético
Producción	Favorecer Producción más limpia	Control, simplificación, prevención
Distribución	Eficiencia	Reducción del peso
		Envase reusable o reciclable
		Transportes más eficientes
Uso	Eficiencia energética	Sinergias, Media Carga, Pérdidas
	Ahorro de agua	Minimizar/promover optimización
	Minimización de auxiliares	Disminuir la necesidad de complementos
	Prevención de contaminación	Evitar que emitan sustancias peligrosas
	Mayor durabilidad	Alargar la vida útil
	Fin de ciclo de vida	Desmontaje, reparación, reutilización, disposición, biodegradabilidad

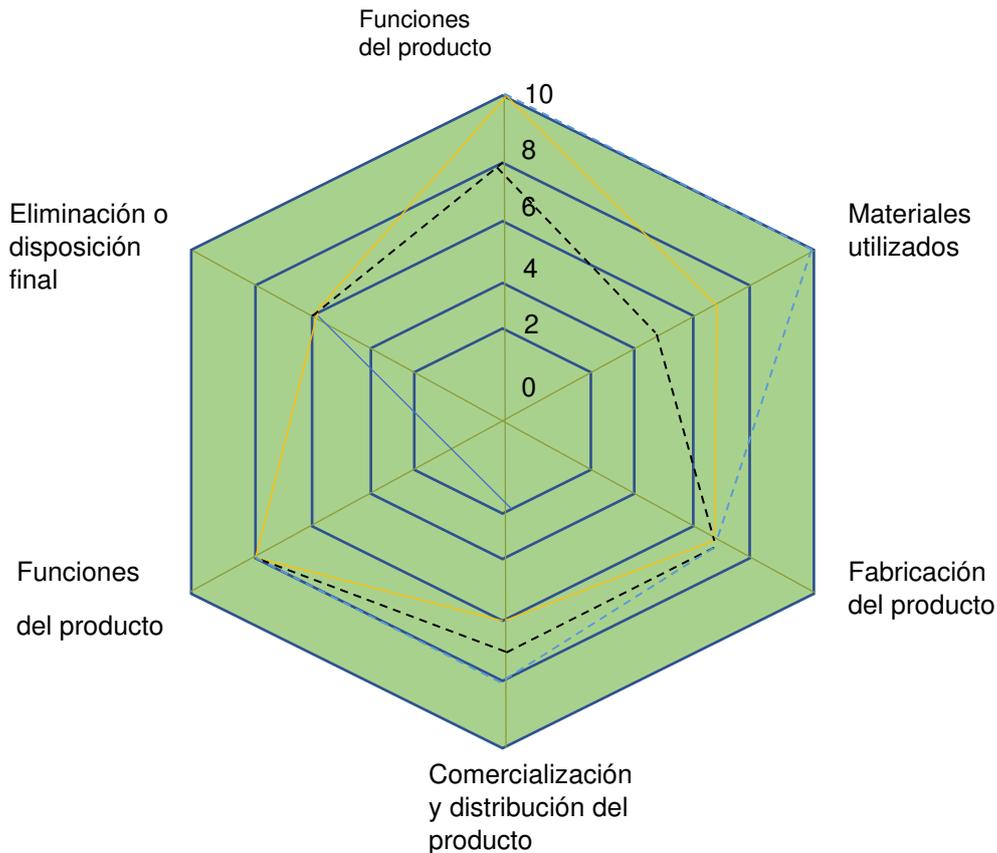
Fuente: Elaboración propia, basado en González (2013)

Tabla 14: Matriz MET

Etapas del ciclo de vida	Materiales	Uso de energía	Emisiones Tóxicas
Extracción de recursos			
Producción			
Distribución			
Utilización			
Desecho			

Fuente: García (2008)

Figura 66: Ejemplo de ecoperfil de producto



Fuente: González (2013)

A través de estos elementos de análisis se pueden establecer comparativas entre alternativas de productos con el fin de elegir la más viable y a su vez sustentable. Estas herramientas son por demás importantes para la generación de las propuestas de diseño que surgirán para el presente trabajo, tanto para la evaluación de materiales obtenidos como para los objetos en los que se estarán aplicando.

Anexo V. Propuestas de diseño integral sustentable desde el campo de la arquitectura

El grupo de la licenciatura en arquitectura, cuyo proyecto final se llevó a cabo en el último año (2020-2021, generación 2017-2021) teniendo como eje al mejoramiento barrial el San Gregorio Atlapulco y asesorados por: Dr. José Luis Lee Najera, Mtra. Catalina Morales Canales, Mtra. Noemi Bravo Reyna y el Dr. José Miguel Riveras Rojas, dio lugar a espacios sustentables entre sus propuestas en los barrios de El Calvario y San Sebastián, teniendo en cuenta al presente proyecto como una iniciativa ecopuntual para la zona.

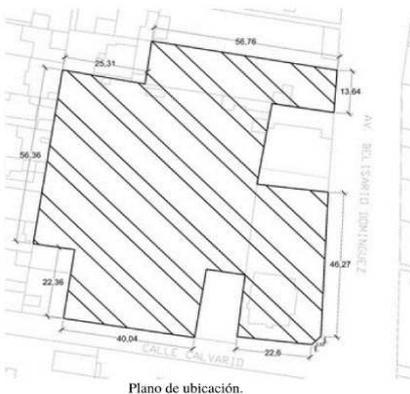
Figura 67: Propuesta de intervención: Barrio El Calvario

DIMENSIÓN Y ÁREAS

El terreno cuenta con una forma totalmente irregular, con un área total del conjunto de 6,469.13 m2 de superficie total. Así mismo cuenta con dos fachadas, la principal de 40.04m, una secundaria de 46.27m. Y con dos colindancias, una trasera de 82.07m acuerdo a la fachada principal, y una lateral de 78.72m.

Actualmente la mayoría del terreno total se encuentra baldío y una pequeña parte contiene diversas construcciones que posteriormente serán reubicadas dentro del barrio.

La intención es aprovechar este terreno para los pequeños comerciantes y así mismo mejorar la calidad y accesibilidad a los productos de despensa básica de las personas del barrio del Calvario.

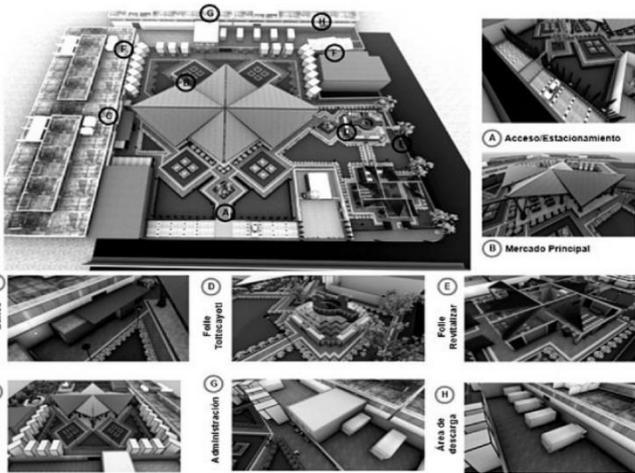


Parte importante de la actividad investigativa del grupo fue el diagnóstico, trabajo de campo y documental desarrollado a lo largo del año de proyecto terminal. Con lo anterior, se identificaron espacios potenciales para la implementación de la propuesta de ecodesarrollo de biocomposites en San Gregorio Atlapulco, como el predio mostrado en la figura 67.

PROYECTO

MASTER PLAN

- (A) Acceso/Estacionamiento
- (B) Mercado Principal
- (C) Baños
- (D) Folie Toltecatyotl
- (E) Folie Revitalizar
- (F) Locales
- (G) Administración
- (H) Área de descarga



Fuente: Tesina grupal de arquitectura, generación 2017-2021, (2021)

Ubicado estratégicamente con acceso por vías principales, se propone para albergar comerciantes informales reubicados en un

solo espacio y que además cuente con otras instalaciones públicas o para el desarrollo de proyectos sustentables.

Por otro lado se considera también como una locación estratégica al barrio de San Sebastián, donde se proyectó un parque ecológico, como una barrera ante la expansión de la mancha

Ecodesarrollo de biocomposites con lirio acuático

urbana y la zona de conservación y patrimonio biocultural. Aprovechando terrenos amplios y la vegetación abundante del sitio, se considera un espacio óptimo para el desempeño de

Figura 68: Propuesta de intervención: Barrio El Calvario

Se elaboró un diagnóstico de San Gregorio, Atlapulco, específicamente del barrio San Sebastián, con el fin de poder desarrollar la propuesta de proyecto.

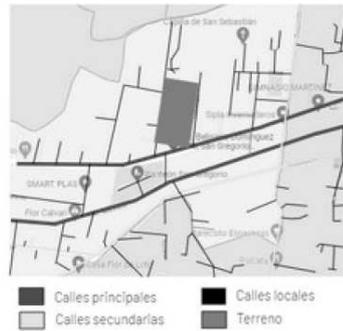
Tomando como punto de partida el aspecto científico-tecnológico, se ha expresado ese concepto a través de infraestructura dedicada a la investigación e implemento de nuevas tecnologías y materiales, como el uso del lirio acuático como materia prima.

DIMENSIÓN Y ÁREAS

El terreno en su totalidad cuenta con 27,704 metros cuadrados de superficie, con una fachada de 116.98 metros y colindancias de 291.68 metros y 249.61 metros en el lado izquierdo y derecho, respectivamente.

Actualmente el terreno es un espacio sin uso, con viviendas en el perímetro derecho y en la fachada principal que se reubicarán como parte del proyecto.

Así, se generará un espacio para la comunidad, aprovechando los espacios que los rodean de una manera benéfica y sustentable, dando un paso hacia el estilo de vida amigable con el medio ambiente, lentamente iniciando a integrarse en el entorno urbano.



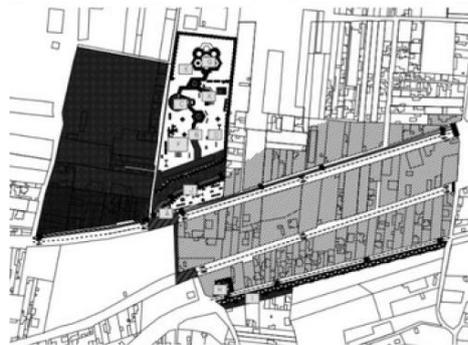
Plano de ubicación.

proyectos en sintonía con el aspecto ambiental. De una manera mas avocada al proyecto de carácter tecnológico, respecto a la propuesta en el barrio El Calvario, se sugiere este terreno -por parte de los alumnos- como de mayor conveniencia para el inicio de actividades que se tienen planteadas para un estudio posterior al de este trabajo, a manera de proyecto piloto de ecodesarrollo de *biocomposites*, complementándose con otras estrategias de recuperación ecológica, paisajismo, fomento al transporte sustentable, entre otras.

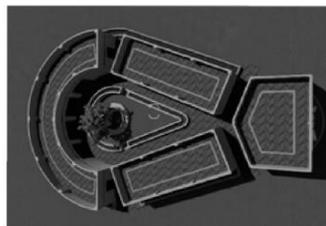
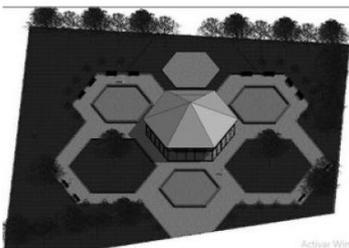
PROYECTO

MASTER PLAN

1. Estacionamiento de bicicletas
2. Folie Pabellón
3. Folie MiET
4. Juegos Infantiles
5. Espejo de agua
6. Estancias
7. Ajolotario
8. Folie Centro de Investigación
9. Folie acueducto
10. Ciclovía
11. Baños



Plano de conjunto completo de propuesta de mejoramiento barrial en San Sebastián



Active Wire

Fuente: Tesina grupal de arquitectura, generación 2017-2021, (2021)