



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura
y Urbanismo
Escuela de Pregrado

COREZA

Biomaterial de carozo de cereza
y su aplicación en un producto de diseño

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE DISEÑADORA
CON MENCIÓN INDUSTRIAL Y SERVICIOS

Sofía Aceituno Risueño
Profesora guía: Andrea Wechsler

Santiago de Chile, 2023

COREZA

Biomaterial de carozo de cereza y su
aplicación en un producto de diseño

Proyecto de Título de Diseño
Mención Industrial y Servicios

Sofía Aceituno Risueño
autora

Andrea Wechsler Pizarro
profesora guía

Carrera de Diseño
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile

Santiago, 2023

COREZA

Biomaterial de carozo de cereza
y su aplicación en un producto de diseño

Indice

7	Presentación	44	Caracterización del carozo de cereza y antecedentes de utilización como materia prima	77	2.2 Evaluar trabajabilidad, mecanizado y comportamiento a agentes externos	96	Etapa 2: Caracterizar el material a partir de sus propiedades técnicas, cualidades expresivo sensoriales y sus asociaciones de significado	122	3.1 Revisión bibliográfica: diseño para gatos domésticos
7	Abstract							123	3.1.1 Mascotas en Chile
9	Introducción			80	Caracterización de las cualidades expresivo sensoriales del material			125	3.1.2 Mascotas de compañía
12	Cap. 1: Planteamiento de la investigación	48	Cap 4. Referentes					125	3.1.3 Diseño para animales de compañía
		50	Cáscara de Nuez + Poliuretano biobasado	83	Etapa 3: Validación del material mediante el desarrollo de un producto de diseño	96	2.1 Caracterización de propiedades físico mecánicas del material	128	3.2 Mapa de requerimientos y atributos
14	Pregunta de investigación					96	2.1.1 Densidad		3.3 Propuesta digital mediante sketching y modelos digitales
14	Hipótesis	51	Carozo de durazno + Poliuretano biobasado	83	Análisis de oportunidad de diseño	96	2.1.2 Absorción de agua e hinchamiento		
14	Objetivo de investigación	52	Opniu diseño	83	Identificación de una oportunidad de diseño	98	2.1.3 Flexión	136	Conclusiones y proyecciones a futuro
14	Objetivos específico	53	Reolivar	84	Desarrollo de propuesta conceptual y morfológica				
16	Cap. 2: Marco teórico y discusión bibliográfica	54	Maderón			105	2.2 Caracterización de propiedades físico-mecánicas del material	138	Bibliografía
		55	Material COCOA			105	2.2.1 Ensayos de mecanizado		
18	1. Sostenibilidad y diseño	56	Huskeetech	86	Cap 6. Resultados	105	Perforación		
19	1.2 Ecología Industrial, economía circular y diseño sostenible	60	Cap. 5 Métodos	88	Etapa 1: Diseño y fabricación del material biobasado	105	Lijado		
		65	Etapa 1: Diseño y fabricación del material biobasado	88	1.1 Procesos para la preparación de la materia prima	105	Fresado		
22	2. Biomateriales			88	1.2 Exploración y selección de aglomerantes a trabajar	109	Experimentaciones de impresión con luz solar		
24	2.1 Desventajas y problemas éticos	65	1.1 Procesos para la preparación de la materia prima			109	Moldeado		
25	2.2 Materiales compuestos biobasados	68	1.2 Exploración y selección de aglomerantes a trabajar	90	1.3 Definición de proporciones finales del residuo y aglomerante seleccionado y selección de propuestas granulométricas	118	2.3 Caracterización de las cualidades expresivo-sensoriales del material		
28	3. Diseño en el desarrollo de nuevos materiales	73	1.3 Definición de proporciones finales del residuo y aglomerante seleccionado y selección de propuestas granulométricas	91	Experimentación con Smartbricks	118	2.3.1 Caracterización experiencial (MDD)		
30	3.1 Material Driven Design			92	Experimentación con biopoliuretano	118	2.3.2 Resumen caracterización		
31	3.2 Vinculación afectiva y extensión de ciclo de vida			92	1.2 Exploración y selección de aglomerantes a trabajar para el diseño del material	121	2.3.3 Identificación de conceptos y significados relevantes		
34	4. Criterios de sustentabilidad	75	Etapa 2: Caracterizar el material a partir de sus propiedades técnicas, cualidades expresivo sensoriales y sus asociaciones de significado	92	1.2.1 Elección de aglomerantes mediante evaluación cualitativa de las muestras				
36	Cap. 3: Materia prima: Carozo de cereza					122	Etapa 3: Validación del material mediante un producto de diseño		
38	La cereza en la industria frutícola chilena	75	2.1 Evaluar el material a partir de sus propiedades físico-mecánicas						
40	Producción de residuos de carozo de cereza: caso Rocofrut								

Abstract

En respuesta a la necesidad de materiales sustentables en el campo del diseño, este proyecto de investigación se enfoca en el desarrollo y aplicación de un material innovador que aproveche el carozo de cereza, un residuo generado por la agroindustria chilena. El objetivo principal es identificar las propiedades físicas y experienciales del carozo de cereza como elemento clave para el desarrollo de un producto con criterios de diseño sustentable y una alta vinculación con el usuario. En el margen del creciente interés por el desarrollo de materiales con bajo impacto ambiental, el enfoque en productos sustentables plantea una responsabilidad significativa para los diseñadores, considerando el impacto medioambiental que ha provocado por décadas el consumo desmedido de artefactos fabricados con materiales derivados del petróleo y la falta de perspectiva de ciclo de vida en la fabricación de productos.

Palabras clave: biomaterials, upcycled food waste, design for sustainability

Introducción

Los residuos orgánicos generados por la industria de alimentos representan un grave problema a nivel mundial. Específicamente, se calculan en más de 1.300 millones de toneladas los desperdicios producidos anualmente, siendo las frutas, verduras, raíces y tubérculos los que tienen las mayores tasas de generación (Perotto et al., 2018). La eliminación de estos residuos plantea problemas medioambientales y económicos debido a que muchos de ellos no poseen aplicaciones directas, impactando el medio ambiente por su inadecuado tratamiento, como la quema y su acumulación en vertederos (Santana et al., 2021). En el caso particular de Chile, los residuos sólidos generados por el sector agrícola y forestal se estiman en más de 1,5 millones de toneladas por año y una parte significativa de ellos lo genera la industria frutícola, que por su tamaño hace que sea Chile el principal país productor y exportador de frutas del hemisferio sur (ODEPA, 2017). En todo caso, cabe señalar que el 52% de la producción frutícola de Chile se procesa como productos enlatados, deshidratados, jugos y mermeladas, lo que genera grandes volúmenes de residuos como pulpas, pieles, fibras, tallos, semillas y huesos. Dentro de este campo, sólo las cerezas y duraznos procesados generan anualmente alrededor de 17.000 toneladas de carozos (Nuñez-Decap et al., 2021).

En el contexto general de lo anteriormente planteado este proyecto aborda un aspecto específico, el cual es el aprovechamiento del carozo de la cereza que es desechado por la industria que procesa esta fruta para generar productos derivados de ella (jugo, mermelada, marrasquino, conservas deshuesadas, etc). Durante la última década Chile ha triplicado su producción de cerezas, lo que ha llegado a representar más del 95% de la producción del hemisferio sur, alcanzando durante la temporada de 2014/2015 2,41 millones de toneladas (ODEPA, 2015). En la región del Maule se cosecha anualmente cerca de 5.000 toneladas de esta fruta. En el procesamiento de la misma para la obtención de productos derivados se producen 2.500 toneladas anuales de desechos, mayoritariamente el carozo de la fruta, que constituye un producto sin utilidad industrial y agropecuaria debido a su alta dureza y

contenido de ácido cianhídrico que impiden su utilización como alimento de animales y como abono agrícola (Ceap, 2013).

En el contexto de esta realidad específica de generación de desechos, y de otras similares que enfrenta la industria de alimentos en el procesamiento de frutas y verduras, el carozo de cereza es una oportunidad prometedora como materia prima debido a sus diversos atributos. Por un lado, posee propiedades químicas similares a las de la madera. Además, su contenido de extractivos y lignina es beneficioso en términos de protección, ya que actúa como una barrera natural para salvaguardar la semilla de la fruta. El carozo también destaca por su color claro y tonalidades rosadas, así como por su capacidad de oxidarse y cambiar de apariencia cuando se expone a la luz. Estas características pueden generar una experiencia positiva en cuanto a su utilización, ya que añaden un aspecto estético y sensorial al material. Otro punto a favor es la dureza del carozo y su relativa limpieza en los procesos productivos. Esto lo convierte en un candidato ideal para el desarrollo de nuevos materiales sustentables. Utilizar sus atributos en la creación de alternativas sustentables podría suplantar a los materiales de uso masivo que no lo son, como el plástico. El plástico, como se describe a continuación, representa numerosas amenazas medioambientales, por lo tanto, aprovechar el carozo de cereza como materia prima podría ser una estrategia efectiva para reducir el impacto negativo de los materiales no sustentables y promover un enfoque más responsable hacia el medio ambiente.

Debido a sus propiedades específicas, el plástico es el material más consumido en el mundo, con más de 300 millones de toneladas producidas anualmente en todo el planeta (Santana et al., 2021). Si bien el plástico posee múltiples ventajas y cualidades tales como su liviandad, versatilidad, bajo costo relativo y su carácter inalterable a los agentes atmosféricos, posee al mismo tiempo serios inconvenientes, representando un grave problema ambiental debido a su extenso tiempo de descomposición (calculado en casi 500 años) y a su peligrosa dependencia de la industria del petróleo (Valero-Valdivieso et al., 2013). Es por esto que en las décadas más recientes se ha hecho cada vez más urgente el desarrollo de productos de base biológica y de otras tecnologías innovadoras que puedan reducir la dependencia generalizada de los combustibles fósiles (Almeida et al., 2004). La excesiva utilización del plástico ha causado un grave impacto en el medio ambiente y se estima que sólo el 7 % se recicla, mientras que el resto acaba en vertederos y océanos (Manali et al., 2021).

Dentro de la investigación sobre materiales sustentables, los biomateriales han despertado un gran interés debido a su

potencialidad de mitigación de los efectos ambientales producidos por el uso del plástico convencional (Vázquez et al., 2016), pues éste podría ser reemplazado por biopolímeros degradables obtenidos a partir de fuentes de carbono renovables (Almeida et al., 2004). Sin embargo, pese a estas sugerentes ventajas, la utilización de materiales biobasados no queda al margen de conflictos éticos en temáticas ambientales de producción y utilización de recursos. Como lo plantea Cecchini (2017), un reto importante es la creación de nuevos materiales a partir de residuos alimentarios y no de cultivos especializados, cuya producción también supone un costo medioambiental y social. Bajo este enfoque, la producción de biomateriales permitiría afrontar y mitigar otro gran problema que existe a nivel mundial: los residuos orgánicos que la industria de alimentos genera en todas las etapas de la cadena de suministro.

Por otro lado y no menos importante, el frenético sistema productivo orientado al hiper consumo y a la rápida sustitución de productos, deja en evidencia una crisis paradójica en nuestra relación con objetos que entran en desuso con demasiada rapidez, productos que se convierten en desecho antes de siquiera otorgar una parte mínima de significado, reemplazados rápidamente por otros de mayor deseo o que son destinados a morir prematuramente (Champman, 2021). Desde una perspectiva de diseño, el desarrollo de materiales innovadores con perspectiva sustentable ha estado acompañado por el progreso de metodologías de diseño que proponen un nuevo paisaje sobre el rol que ejercen los materiales en el desarrollo de productos y en el vínculo con los usuarios (Karana et al., 2015; Karana, 2010). Estas metodologías no sólo estudian las propiedades físicas y técnicas que los materiales pueden ofrecer, sino también establecen un creciente interés por la experiencia que estos generan y el rol que cumplen al momento de influenciar nuestra forma de pensar, sentir y hacer (Veelaert et al., 2020). Los materiales se han convertido en importantes entes en la búsqueda de experiencias significativas en los usuarios más allá de sus cualidades utilitarias (Karana et al., 2015) y explorar el efecto que estos producen en las experiencias y percepciones de los usuarios puede aportar en la generación de productos con mayor significado y vinculación afectiva, lo que posee una importante implicancia en términos de sostenibilidad ya que permite generar productos con ciclos de vida más largos (Rognoli & Ayala, 2018). En este sentido, el rol del diseño en el desarrollo de nuevos materiales que consideren el cuidado del medio ambiente, no sólo radica en la propuesta sustitutiva de otros más perjudiciales, sino que debe profundizar y materializarse en aplicaciones que fomenten conductas de consumo más conscientes y promuevan un mayor vínculo con los usuarios.

Planteamiento de investigación

Cap. 1



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo se puede utilizar el carozo de cereza como materia prima en la creación de un material compuesto sustentable que aproveche tanto sus propiedades físicas como experienciales de manera significativa en el diseño?

HIPÓTESIS

Se plantea que es factible utilizar el carozo de cereza como materia prima en la creación de un material compuesto sustentable que aproveche tanto sus propiedades físicas como experienciales de manera significativa en el diseño. Se espera que este material compuesto, desarrollado a partir del carozo de cereza, presente características y atributos favorables en términos de sustentabilidad, resistencia, cualidades estéticas y sensoriales positivas, así como facilidad de manipulación y procesamiento.

Además, se postula que dicho material tendrá potencial para reemplazar materiales no sustentables en diversas aplicaciones de diseño, promoviendo así prácticas más responsables con el medio ambiente.

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

A partir de lo expuesto, el presente proyecto tiene como objetivo general desarrollar y aplicar un material biobasado que utilice el carozo de cereza como materia prima en un producto sustentable considerando sus cualidades expresivas, las oportunidades que ofrece su proceso productivo y sus principales asociaciones de significado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición y procesos de conformación del material a desarrollar utilizando criterios de diseño sustentable.
- Caracterizar las propiedades técnicas, experienciales y las asociaciones de significado del material desarrollado.
- Desarrollar un producto de diseño basado en el material considerando sus cualidades expresivo sensoriales y hallazgos desarrollados durante el proyecto.

Este proyecto se divide en tres etapas: En la primera etapa, se realizó una revisión bibliográfica y un estudio experimental del desarrollo del material. Esto implicó identificar las temáticas relevantes relacionadas con el proyecto, establecer los criterios de sustentabilidad de interés, caracterizar el carozo de cereza y determinar los procedimientos necesarios para su utilización como materia prima. Además, se llevó a cabo una exploración experimental del material como una primera aproximación.

Posteriormente, se realizó una evaluación física y experiencial del material. Se caracterizaron a sus propiedades físico-mecánicas, su trabajabilidad y sus cualidades expresivo-sensoriales. Esta evaluación permitió comprender mejor las características y el potencial del material en términos de diseño.

Finalmente, se validó el material a través del desarrollo de un producto de diseño. Este producto se diseñó considerando las propiedades rescatadas durante la etapa anterior. Con estas tres etapas, se exploraron y aprovecharon al máximo las propiedades físicas y experienciales del carozo de cereza como materia prima en el diseño de un material compuesto sustentable, y se validó su uso a través del desarrollo de un producto concreto.

Marco teórico y discusión bibliográfica

Cap. 2



1. SOSTENIBILIDAD Y DISEÑO

La sostenibilidad, y en especial el desarrollo sostenible, se encuentran entre los conceptos más ambiguos y controvertidos de la literatura académica (Balboa & Domínguez, 2014). A pesar de ello, es posible identificar algunas características fundamentales que permiten comprender estas palabras. El desarrollo sostenible, también traducido al español como 'desarrollo sustentable' o 'desarrollo duradero' se populariza como concepto en 1987 por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU con la publicación del informe 'Nuestro futuro común'. Como menciona Vergunova (2020), los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible surgen como consecuencia de la intensa explotación de los recursos naturales por parte de la humanidad y frente a la falta de medidas sistemáticas para la recuperación del medio ambiente, así como también de la generación de residuos nocivos a gran escala, que han generado un escenario de catástrofe ecológica. Frente a esta situación, el desarrollo sostenible es planteado como un concepto alternativo de desarrollo, que evidencia la necesidad de cambio y que enfrenta los efectos adversos desencadenados por la 'sociedad de consumo' establecida bajo el postmodernismo (Vergunova, 2020).

El concepto de sostenibilidad se fundamenta bajo factores económicos, sociales y medioambientales (Calvente, 2007), cuya relación propone un equilibrio ambiental. Según Fabel y otros (2005) la sostenibilidad se refiere específicamente a los sistemas artificiales creados por el ser humano, e indica una armonía entre un artefacto y su entorno con una interacción sin efectos perjudiciales mutuos.

Desde una perspectiva histórica, la conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano que se dio lugar en Estocolmo, en 1972, marcó un hito fundamental en la historia del ambientalismo. En ella no sólo se discutió sobre la protección del medio ambiente sino también en torno a la búsqueda de las relaciones comunes entre aspectos ambientales y temas económicos vinculados con el capital, el crecimiento y el empleo (Calvente, 2007). Más tarde, el desarrollo sostenible se definió en el informe de las Naciones Unidas (ONU) titulado 'Nuestro Futuro Común' (comisión Brundtland, WCED) en 1987 como: 'desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades', convirtiéndose en una de las definiciones más citadas y populares para referirse al término. Durante la Cumbre de la Tierra en 1992, la ONU decidió ir más allá y estableció convenios históricos sobre el cambio climático y la biodiversidad, así como principios y compromisos sobre la

erradicación de la pobreza y la justicia social. Sin embargo, a partir de entonces las emisiones han aumentado un 48%, se han talado 300 millones de hectáreas de bosques y la población ha aumentado en más de 1.600 millones de personas (Kandachar, 2013), siendo una temática urgente a trabajar hasta la actualidad.

En cuanto al área del diseño, uno de los cambios más significativos que desarrolló como disciplina durante las últimas tres décadas del siglo XX, fue la inserción de las temáticas vinculadas con el cuidado del medio ambiente, desde los estudios del Club de Roma hasta la integración del concepto de sustentabilidad en la disciplina (Angulo, 2013). Debido a la crisis ambiental, que fue científicamente evidenciada durante los años setenta, se ha generado un cambio paradigmático en los ideales de desarrollo y en los procesos creativos y productivos del diseño industrial (Kandachar, 2013). A medida que el concepto de sostenibilidad se amplía para alinearse con los principios económicos, ecológicos y sociales, el papel del diseñador se extiende más allá del diseño y desarrollo de productos, incorporando consideraciones éticas y socioculturales, que posibilita incidir no sólo en los productos y procesos de diseño sino también en las relaciones de poder y estructuras de producción (Stivale, 2020).

1.1. ECOLOGÍA INDUSTRIAL, ECONOMÍA CIRCULAR Y DISEÑO SOSTENIBLE

La ecología industrial y la economía circular tiene un estrecho vínculo con el diseño sostenible. La ecología industrial considera los impactos que ha generado los sistemas industriales en el medio ambiente, tales como el cambio climático, el agotamiento de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad, la escasez y contaminación del agua, entre otros (Erknam et al., 2001) y busca establecer esquemas de producción y consumo que preserven los recursos naturales, considerando la forma de distribución de materiales, energía y flujos de información (Erknam, 1997). La ecología industrial comprende el estudio de las interacciones e interrelaciones físicas, químicas y biológicas que ocurren tanto dentro de la industria como entre los sistemas industriales y ecológicos (Erknam et al., 2006), permitiendo vislumbrar, en el mediano y largo plazo, el diseño de esquemas de producción y consumo para que evolucionen hacia la preservación de los recursos naturales y así reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente (Balboa & Domínguez, 2013). Se basa en conceptos como la simbiosis industrial y la sinergia de subproductos para cerrar el ciclo de materiales y productos y promover la competitividad



figura 1. Gro Harlem Brundtland (1987). Imagen vía The Elders, Informe Brundtland.

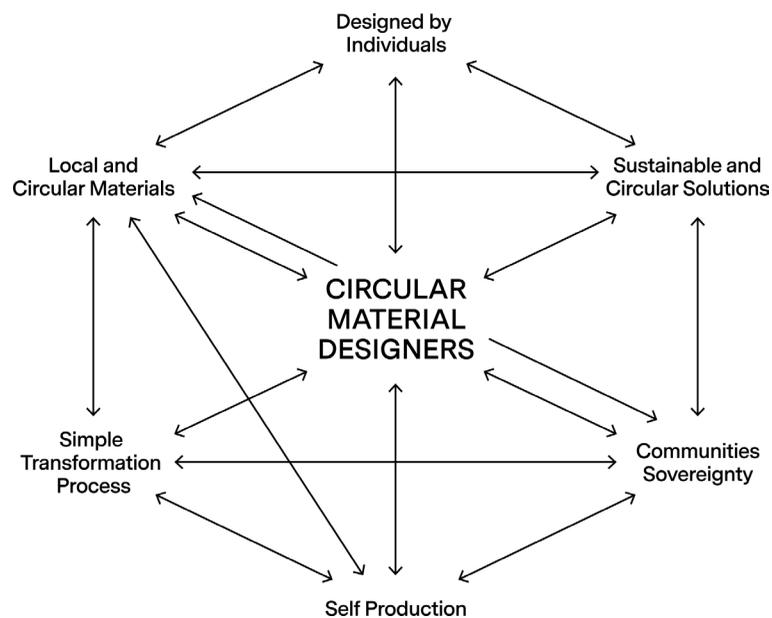


figura 2. Gráfico sobre diseño de Materiales Circulares. Elaborado por Ellen Macarthur Foundation.

económica, de forma que las empresas puedan explotar mejor sus recursos, de forma más eficiente y rentable (Erknam, 1997).

Por otro lado, la economía circular propone un modelo de producción que tiene como objetivo maximizar la reutilización y el reciclaje de los recursos, surge frente al problemático sistema de economía lineal actual, basado en el modelo de 'tomar-hacer-desechar', patrón que ha significado un sobreconsumo de recursos, generando una gran cantidad de residuos y agotamiento de recursos naturales (Wechsler, 2018). Por el contrario, la economía circular se enfoca en la reorganización, maximizando la reutilización y el reciclaje de los recursos, prolongando el ciclo de vida de los productos y reduciendo los residuos (Di Bartolo, 2021). Inspirada en los ciclos naturales, la economía circular cierra el ciclo de los flujos de materiales industriales al utilizar lo que se considera como desperdicio, creando nuevos productos y servicios, tanto a nivel local como en sistemas de producción y consumo más amplios (Rognoli et al., 2021).

El diseño sostenible busca aplicar principios de la economía circular y la ecología industrial. Esto implica considerar el ciclo de vida completo de un producto, su impacto en el mercado, el medio ambiente y la sociedad (Maher, 2021; Stivale, 2020). El desafío



figura 3. Basura en río Mapocho evidenciada luego de las lluvias de junio de 2023. Fotografía por Claudio Orrego.

del diseño sostenible radica en modificar los procedimientos convencionales de diseño y fabricación para integrar consideraciones medioambientales de manera efectiva (Maher, 2021), considerando el desarrollo de productos que puedan ser recapturados, procesados de manera eficiente y reintegrados al sistema natural de forma segura. Bajo este contexto, la investigación, selección y desarrollo de materiales cumple un rol fundamental en este enfoque, ya que el diseño del ciclo de vida de los materiales permite definir su impacto ambiental y optimizar los recursos, evitando acumulaciones de desechos (Wechsler, 2018).

En resumen, la ecología industrial, la economía circular y el diseño sostenible convergen en el desarrollo de un enfoque más sustentable y responsable en la producción y consumo de materiales y recursos. Lo anterior implica considerar el ciclo de vida completo de los productos, fomentar la reutilización y reciclaje de recursos y seleccionar y desarrollar materiales que permitan una administración más eficiente y sostenible de los mismos.

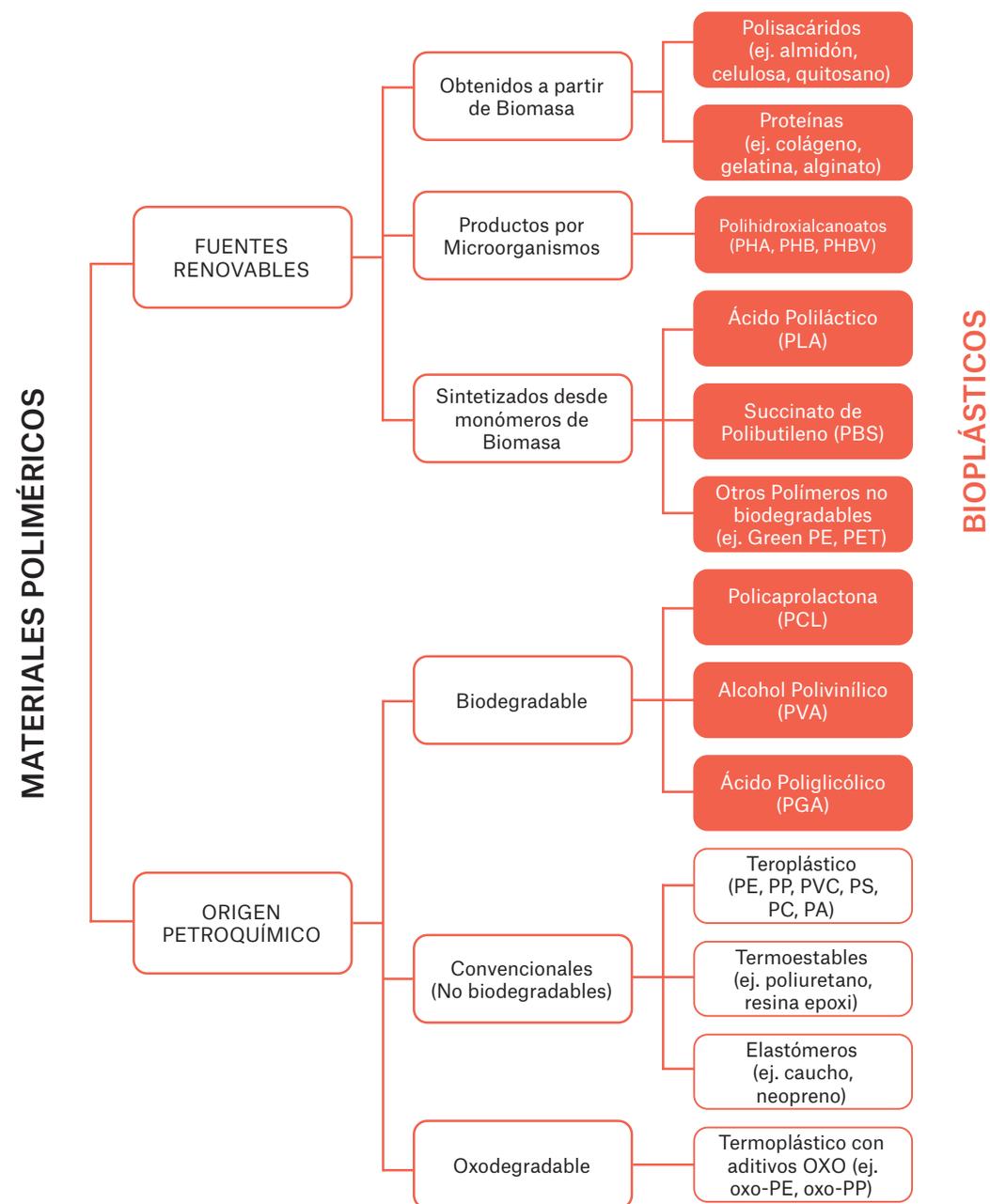
2. BIOMATERIALES

El prefijo 'bio' define un extenso panorama de terminologías específicas en otros sectores además del diseño; el término 'biomaterial' nace en el campo de la medicina para precisar la fabricación o reparación de células vivas, sin embargo, en el campo del diseño, corresponde a la base de un enfoque multidisciplinar y visionario que surge ante la evidencia del daño medioambiental que ha provocado un sistema lineal de producción y consumo (Pollini, 2021). Una de las definiciones mayormente utilizadas para los biomateriales es la que realiza la organización europea Bioplastics, la cual menciona que estos no corresponden a un solo material, sino que comprenden una gran familia de materiales con diferentes propiedades y aplicaciones. Para que un biomaterial se considere como tal, su polímero base debe ser biobasado, biodegradable, o ambos. El término 'biobasado', por un lado, es el que define a los materiales derivados de la biomasa y, por otra parte, 'biodegradable' una propiedad inherente de ciertos polímeros, resultado de un proceso químico en donde los materiales, con la ayuda de microorganismos, pueden metabolizarse en agua, dióxido de carbono y biomasa (European Bioplastics, 2020).

Según Rimac (2019), los materiales biobasados pueden clasificarse según su origen, y dentro del análisis de los que poseen mayor potencial en el mercado, se encuentran tres subgrupos importantes: (1) polímeros basados en recursos renovables o directamente extraídos de la biomasa (almidón y celulosa); (2) polímeros biodegradables basados en monómeros bioderivados (aceites vegetales y ácido láctico); y (3) biopolímeros sintetizados por microorganismos (PHA) (Valero-Valdivieso et al., 2013). Sin embargo, los costos asociados a la producción de biomateriales a partir de recursos microbianos sigue siendo más alto que el producido a partir de recursos renovables. Por esta razón la mayoría de los fabricantes de este tipo de material se han centrado en la producción a través de recursos renovables (Bezirhan & Bilgen, 2019).

Actualmente, los biomateriales se consideran una oportunidad prometedora, no sólo porque pueden disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir problemas ambientales, sino también porque su uso más generalizado supondría una salida de productos del sector agroalimentario hacia otros mercados, abriendo así nuevas oportunidades de negocio (Pérez et al., 2007). Esto es importante a la hora de pensar en los biomateriales como una forma de gestionar residuos orgánicos y proporcionar oportunidades de desarrollo dentro de la industria, más aún en temas que se perfilan con gran importancia hacia el futuro, como la producción sustentable.

Página siguiente. figura 4. Gráfico de materiales poliméricos. Elaboración propia a partir de Versino (2017).



2.1. DESVENTAJAS Y PROBLEMAS ÉTICOS

A pesar que aparentemente la utilización de biomateriales supone disminuir las problemáticas ambientales provocadas por polímeros convencionales (como el plástico), la materia prima que se utiliza para su fabricación es de gran importancia en lo que respecta a su impacto al medioambiente y a las preocupaciones éticas. El material más utilizado para la producción de bioplásticos es el maíz, lo cual sugiere una importante pregunta acerca si es correcto utilizar para otros fines un cultivo que proporciona un sustento alimenticio básico para una gran parte de la población mundial, a lo que se suma un gran acaparamiento de tierras de cultivo por parte de naciones ricas en países pobres (Cecchini, 2017). Por esta misma razón, la utilización de recursos renovables en la industria de bioplásticos también puede significar la disminución de tierra disponible para la producción de alimentos o, con el objetivo de crear tierra cultivable, puede aumentar los incentivos para talar zonas boscosas (Bezirhan & Bilgen, 2019). Por esto uno de los desafíos más contingentes en materia de biopolímeros es crear, para su producción, materiales a partir de residuos alimenticios y no de monocultivos específicos.

Los biorresiduos se definen como los desperdicios de alimentos generados en los hogares, restaurantes, comercios minoristas y los residuos de plantas de procesamiento de alimentos (EPC, 2008). Millones de toneladas de biorresiduos se generan cada mes, parte de ellos es destinada a vertederos y la otra es exportada a países del tercer mundo, lo cual tiene un impacto considerable, en particular sobre la vida silvestre, los ecosistemas y la salud humana (Choi et al., 2015). Asimismo, el volumen de los residuos generados por la agroindustria son altamente contaminantes y generan impactos medioambientales tales como plagas, gases emanados por la quema y altos costos de traslados a vertederos (Donoso & Wechsler, 2020).

Estos residuos, presentes en los alimentos desperdiciados y restos de vegetales que las personas no suelen consumir, son potencialmente útiles para la extracción de carbohidratos y fibras de celulosa (Cecchini, 2017), y hacen posible la utilización del almidón y elementos como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina (Bansal, 2018), recursos que al ser utilizados, también ayudarían a reducir los residuos sólidos y líquidos producidos por la elaboración de alimentos, generando sinergias positivas entre la industria y el sector agroalimentario.



figura 5. Desperdicios de la agroindustria chilena. Fotografía por Fundación Chile (2018)

2.2. MATERIALES COMPUESTOS BIOBASADOS

Con respecto al contexto presentado, para entender cómo se desarrolla y compone una gran cantidad de biomateriales es importante considerar cómo es su composición y por qué en su gran mayoría corresponden a materiales compuestos. El término material 'compuesto' o 'composite material' en inglés, corresponde a los materiales que combinan dos o más componentes obteniendo como resultado un mejor comportamiento mecánico y mejores propiedades que los materiales constituidos separadamente. En la estructura de los materiales compuestos se pueden distinguir dos componentes: la matriz (fase continua) y el refuerzo (fase discontinua). La matriz es el volumen que alberga al refuerzo, es continuo y permite la cohesión en el material. Por otro lado, el refuerzo, o fase discontinua, otorga rigidez y resistencia. Este puede clasificarse en fibras y partículas. Los refuerzos de fibras tienen un mejor resultado en cuanto a propiedades mecánicas, mientras que los de partículas muestran una menor resistencia pero una mejor isotropía en el material (Pino, 2011). La compatibilidad entre el

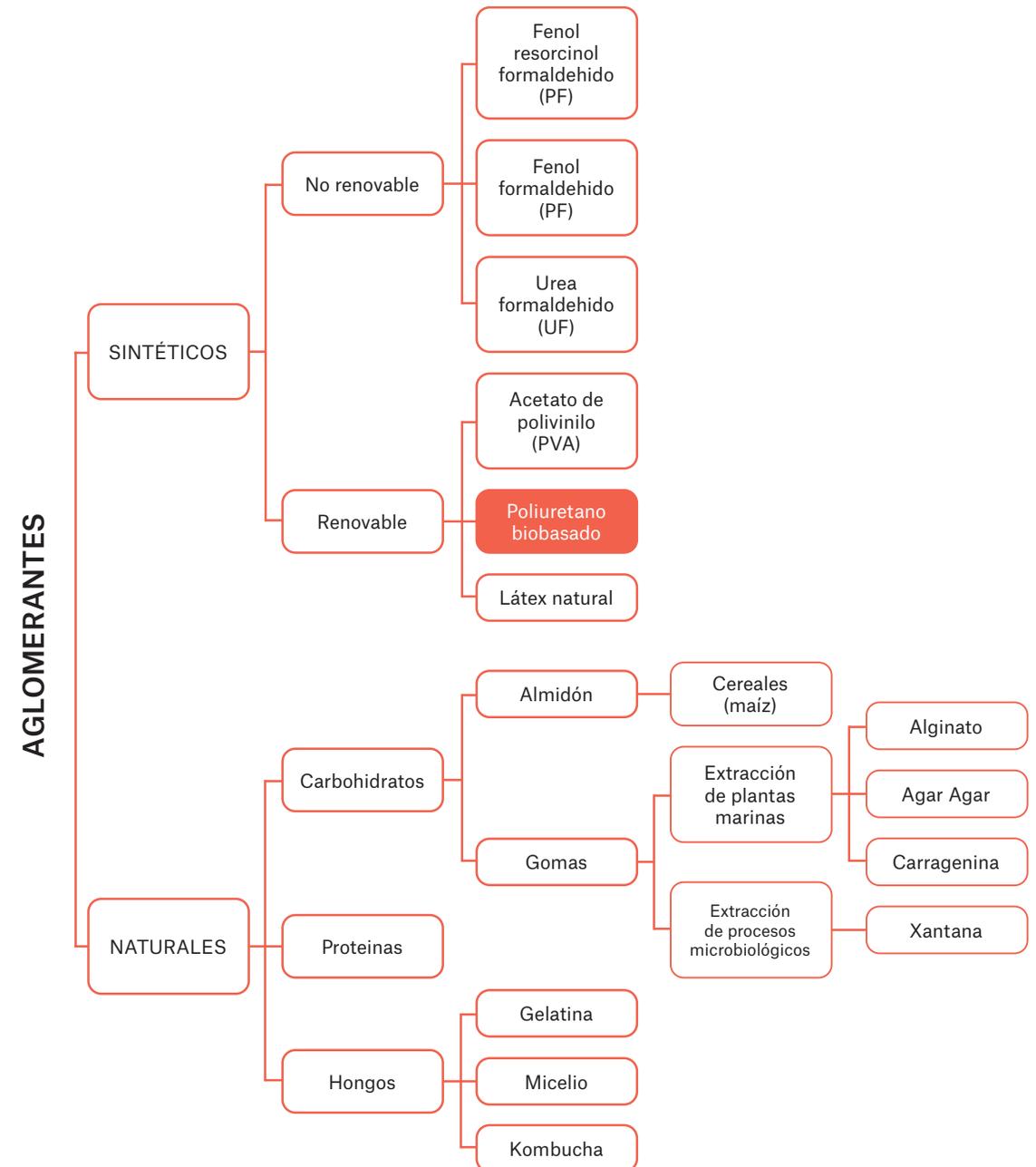
refuerzo y la matriz determina las propiedades del material (Yang et al., 2019).

Los materiales compuestos se han planteado como una alternativa ecológica por la posibilidad de incorporar componentes orgánicos como refuerzos en matrices poliméricas, y por la posibilidad de reemplazar matrices poliméricas convencionales por otras de fuentes renovables. Esto es un área que requiere investigación respecto de las características y propiedades de estos materiales que puedan ser útiles en diferentes aplicaciones de diseño (Versino, 2017). La utilización de refuerzos de residuos lignocelulósicos se ha destacado por su potencial en la disminución de consumo energético y contaminación asociadas, además de mejorar la biodegradabilidad por la sustitución de materiales sintéticos, siendo además los componentes lignocelulósicos y la lignina dos de los biorecursos más importantes del mundo (Yang et al., 2019).

Página siguiente, figura 6. Gráfico de clasificación de aglomerantes. Elaboración propia a partir de Plataforma Web Materiom, 2021; Gaurav, 2019; Parodi, 2016; Muñoz, 2019; Moreno, 2019; Bustamante 2020 & Fiquitex, 2021.

2.3. BIOAGLOMERANTES

Los aglomerantes de policondensación a base de formaldehído son frecuentemente utilizados como matriz junto a refuerzos lignocelulósicos debido a su alta reactividad, adherencia, versatilidad química y costos competitivos (Norström, 2018). Sin embargo, desde la década de los 70 se ha evidenciado que las emisiones generadas por estos adhesivos representan un riesgo para la salud. Actualmente el formaldehído se encuentra clasificado como compuesto cancerígeno por el reglamento europeo de clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas (CLP), lo que ha intensificado la búsqueda de alternativas más ecológicas y sostenibles, donde los biopolímeros procedentes de recursos renovables se presentan como una opción prometedora, ofreciendo valiosos atributos en términos de sostenibilidad y rendimiento, fomentando el avance hacia adhesivos más respetuosos con el medio ambiente (Heinrich, 2019; Solt et al., 2019).



3. EL DISEÑO EN EL DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES

Los materiales trasladan nuestras ideas al mundo real y permiten que los objetos se vuelvan tangibles. Hoy los conceptos de diseño se ven influidos principalmente por su materialidad, ésta es portadora de una gran variedad de información y entra en un constante diálogo con su entorno, siendo informativa o incluso intuitiva (Kretzer & Mostafavi, 2021). Durante el proceso de diseño de un producto, además de la atención y consideraciones básicas de funcionalidad, ergonomía y rentabilidad, existe también una atención importante hacia las cualidades expresivo sensoriales que pueda tener, las cuales se rigen, sobre todo, por las necesidades de los consumidores, y se integran en la vida física y material de cada individuo (Vergunova, 2020). Por ello el manejo y conocimiento de las cualidades de los materiales por parte de los diseñadores representa una competencia importante, ya que dominar un material no sólo significa comprender sus propiedades y la forma en que puede ser procesado y transformado, sino que también implica crear conocimiento de nuevos procesos de producción, morfologías, identidades y experiencias (Rognoli et al., 2021). Es así que los materiales contribuyen notablemente en la percepción final de un producto y en las relaciones emocionales que se generan durante su ciclo de vida (Rognoli & Ayala, 2018).

Como describe Rognoli et al. (2011), la interacción entre las personas y materiales se origina, principalmente, en la percepción sensorial, que es responsable de recoger e interpretar los estímulos de los objetos que nos rodean. Al mismo tiempo, la experiencia sensorial se encuentra cargada de valoraciones subjetivas y de características intangibles (tales como percepciones, asociaciones, significados culturales, tendencias y un largo etcétera), lo cual conlleva a la interpretación estética, la obtención de emociones y el placer. Por ello las experiencias de estas valoraciones son parte de la generación de significados, los cuales atribuyen etiquetas o cualidades a productos y materiales, y, al igual que nuestras emociones y respuestas estéticas, estos significados surgen en la interacción y son sensibles al contexto (Karana et al., 2009). Es por ello que las características intangibles presentes en los materiales y sus propiedades sensoriales son fundamentales en el diseño de productos.

Frente a lo anterior, a pesar del desarrollo de condiciones fiables, los biomateriales aún presentan dificultades para posicionarse en el mercado de productos. Esto se debe no solo a que aún no se han desarrollado un proceso de producción que compita con los plásticos tradicionales, sino también posiblemente a un problema de aceptación, relacionado a la falta de conciencia e identidad, así



figura 7. Fragmento de afiche publicitario para Tupperware, marca fundada por Earl Tupper.

como a una falta de experiencia con el material por parte de las personas (Rognoli et al., 2011). Esto principalmente tiene su origen en que muchas de las asociaciones de significación ocurren dentro de las sociedades basadas en el uso frecuente de un material en un contexto determinado, existiendo de manera inevitable variaciones culturales respecto a las asociaciones de significado.

A pesar de ello, algunas asociaciones parecieran tener un carácter universal debido a que se encuentran enraizadas en experiencias sensoriales que permiten el desarrollo de significados 'intrínsecos' del material, tal como ocurre con los materiales más tradicionales, por ejemplo, la asociación de calidez a la madera (Karana et al., 2013). Por lo anterior, y siguiendo a Rognoli y otros (2011), a diferencia con lo que ocurre en el desarrollo de nuevos materiales (como los bioplásticos), materiales como la madera, piedra o metal poseen una identidad mucho más establecida y se relacionan con interacciones estéticas definidas. Estos materiales establecidos forman parte de un imaginario colectivo: esa reiteración de la experiencia ha significado que se vuelvan reconocibles y aceptados, a diferencia de materiales con una historia mucho más corta, cuyos significados todavía tienen que ser aprehendidos (Karana, 2010).

Cuando aparecieron por primera vez, los plásticos eran percibidos como baratos, de baja calidad y carecían de autenticidad, resultando en experiencias insatisfactorias para los usuarios. Sin embargo, en los años 50, los productos tupperware introdujeron los plásticos como un material flexible, ligero y suave al tacto, ofreciendo una nueva experiencia táctil y una nueva forma de cerrar la tapa de un recipiente, que lo distinguía de sus competidores. En consecuencia, Tupperware se asoció con las 'amas de casas modernas' y la 'cocina moderna', la manipulación física y estética del material se tradujo en una aplicación adecuada que desplegaba una experiencia material significativa para el usuario final. Aunque el principio de utilizar materiales con funcionalidades superiores o credenciales ambientales en el diseño de producto es lógico, la percepción de los usuarios es lo que determina su éxito comercial final. (Ashby y Johnson, 2009; Karana et al., 2014).

Junto a la discusión anterior, el desarrollo de nuevos materiales también se ha enfrentado a otra discusión importante. Como explican Rognoli y Ayala (2018), la mayor parte de nuestra experiencia material se rige por el hecho de que todo aquello con lo que entramos en contacto proviene de una producción industrial en masa, que está basada en materiales industriales desarrollados para ser coherentes con formas eficientes de producción a gran escala. Dentro de aquella producción, un ámbito importante que ha impulsado el desarrollo de materiales en la industria, tiene que ver con el concepto de sustituto (Rognoli y Levi, 2015). Este tiene que ver con cómo todos los materiales, en diferentes escalas, han sido reemplazados por otros que, al principio de su desarrollo y aplicación, se consideran reemplazantes. Los valores atribuidos a estos materiales no sólo tienen que ver con ámbitos económicos, sino también expresivos, estéticos, imaginarios y referidos a la calidad. Sin embargo, pueden entenderse también como 'imitadores', pues carecen de innovación en el lenguaje, lo que es muy común en el mundo de los materiales industriales (Rognoli & Ayala, 2018). Esto último resulta en un escenario poco estimulante para el desarrollo de materiales por parte de diseñadores, ya que las posibilidades sensoriales y expresivas se limitan a los que la industria pueda proporcionar, disminuyendo espacio para la innovación (Rognoli, 2004; Rognoli & Ayala, 2018).

3.1. MATERIAL DRIVEN DESIGN

Durante los últimos años, ha habido una fuerte atención en la investigación por el desarrollo de consideraciones sobre la experiencia de los materiales en el diseño de productos. Esto ha hecho posible el desarrollo de herramientas que permiten a los diseñadores explorar, evaluar, manipular y reflexionar sobre las propiedades sensoriales y expresivas de los materiales (Camere & Karana, 2018). El método Material Driven Design (MDD) es una herramienta destinada a facilitar el diseño de experiencias materiales, la cual evalúa al material no sólo por lo que es, sino también por lo que hace, expresa, provoca y nos impulsa a hacer, permitiendo identificar y generar experiencias significativas para los usuarios más allá de su utilidad práctica. Este método busca ayudar a diseñadores a estructurar, comunicar y reflexionar sobre sus decisiones en el diseño de experiencias materiales (Karana et al., 2015).

El método MDD contempla un viaje que comienza en el análisis de las propiedades y cualidades del material hasta la materialización de

posibles productos, identificando sus potencialidades y limitaciones. Esta metodología se organiza en cuatro etapas principales:

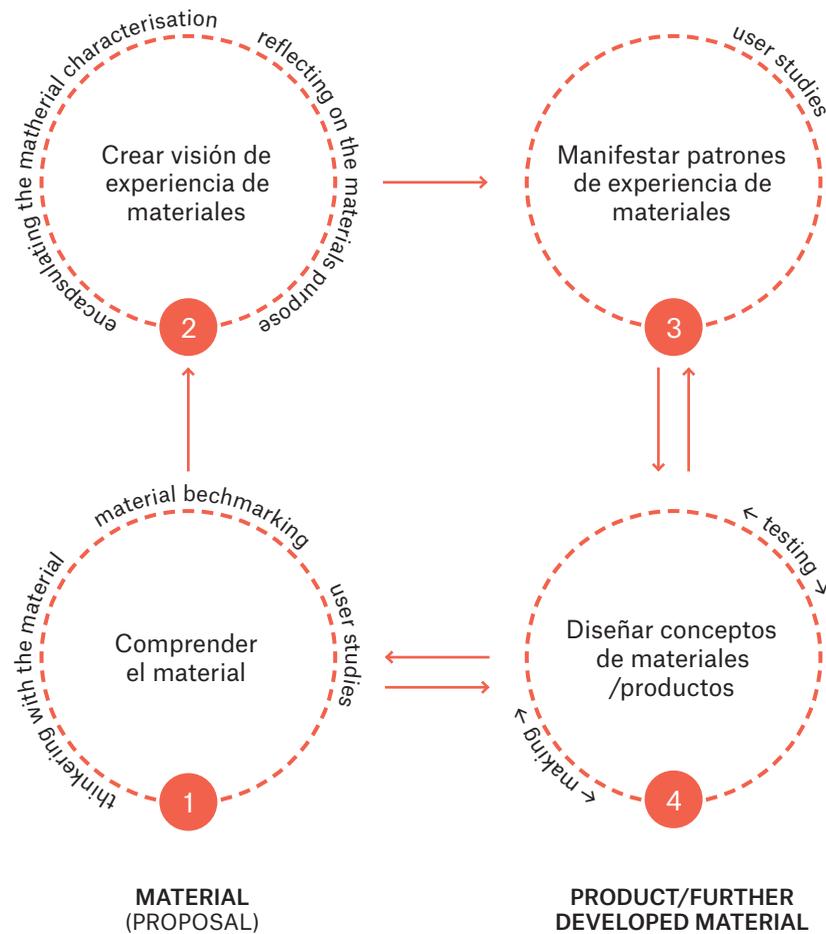
- Comprender el material a través de su caracterización técnica y experiencial.
- Crear una visión de la experiencia con los materiales.
- Identificar patrones de experiencia de materiales.
- Diseñar conceptos de materiales/productos.

3.2. VINCULACIÓN AFECTIVA Y EXTENSIÓN DEL CICLO DE VIDA

Un análisis muy interesante respecto a este tema es el que realizan Salvia y otros (2010) quienes plantean cómo el redescubrimiento del vínculo afectivo con los objetos puede conseguir beneficios medioambientales debido a la extensión de su vida útil. Las 'entidades mutantes vivas', como nombran a los artefactos, pueden adquirir valor al evolucionar, ya que el desarrollo de un aspecto único obtenido a partir de imperfecciones, el tiempo y los signos de uso, puede generar acumulación de significado y apego. Esta percepción de una vitalidad interna en los artefactos puede estimular al usuario a conservar los productos para distinguirlo individualmente, aplazando su desecho (Salvia et al., 2010).

Este planteamiento resulta especialmente interesante en la propuesta y desarrollo de nuevos materiales. Los biomateriales desarrollados fuera del marco de los procesos de producción industriales convencionales han abierto un campo de nuevas experiencias estéticas, muchas veces asociadas a lo imperfecto o único debido a la diversidad y heterogeneidad de sus superficies, colores, texturas, morfologías, etc. La exploración y análisis de estas cualidades expresivas pueden plantear nuevas posibilidades de interacción y vínculo con los usuarios, generando oportunidades de innovación en el diseño desde una mirada sostenible.

Otra análisis relevante es el que realizan Sauerwein y otros (2017), quienes plantean que si bien se ha enfatizado en la estética nueva o mejorada del desarrollo de materiales como una forma importante para fomentar sostenibilidad en las sociedades, en la actualidad la mayoría de los materiales sostenibles toman dos direcciones: por un lado, expresar plenamente su naturaleza evitando, por ejemplo, el uso de colorantes, o, por el otro lado, ocultan su origen natural



e imitan un material convencional. Sin embargo, ninguno de estos enfoques parece haber logrado una amplia aceptación por los usuarios. Siguiendo al autor, los materiales que expresan sus patrones naturales, suelen hacer mucho hincapié en la 'estética verde', lo cual no siempre es deseada por la gente, mientras que, los materiales que ocultan su origen natural no transmiten de forma clara su diferencia con materiales convencionales. En ambos casos, la apreciación de estos materiales con enfoque sostenible se limita a nichos de usuarios en las sociedades (Sauerwein et al., 2017).

Si bien se rescatan ambos planteamientos como aspectos importantes a considerar en la futura implementación de biomateriales en nuestra cultura cotidiana, es relevante recalcar el rol que poseen los diseñadores en esta área. El diseño tiene un papel importante en el desarrollo y establecimiento de nuevos valores en la sociedad, es por ello que presentar nuevos materiales en diferentes contextos y morfologías en los artefactos puede contribuir a la estimación de determinados enfoques estéticos y afectar el comportamiento de las personas (Giorgi et al., 2011).

El desarrollo y exploración de materiales ha permitido ampliar nuestro imaginario sobre las posibilidades que los materiales nos pueden otorgar y hacer sentir, lo cual corresponde a una gran motivación en el desarrollo de este proyecto. Sin embargo, desde una mirada de diseño de producto, es importante proponer la posibilidad de serialización y plantear las formas en que estos artefactos pueden interactuar y generar vínculos con las personas, no sólo mediante el cumplimiento de su funciones prácticas o a partir de propuestas de materiales con perspectiva medioambiental.

figura 8. Gráfico de método de diseño basado en materiales. Elaboración propia a partir de Karana et al. (2015)

4. CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD

A partir de la discusión y análisis bibliográfico anterior, y con el objetivo de enfocar la investigación, se establecen criterios de sustentabilidad de interés para el proyecto como un marco para el desarrollo de un material de bajo impacto ambiental y su posterior aplicación en un producto de diseño.

1. Fuentes de uso renovables: Uso preferente por fuentes renovables que minimicen el agotamiento de los recursos no renovables. Los recursos renovables son aquellos que se generan naturalmente y que su tasa de extracción no supera a la de su degradación (Vezzoli, 2013).
2. Uso de residuos: Se busca trabajar con residuos de la agroindustria que actualmente no posean una valorización como materia prima o no contengan una reinserción en el sistema productivo; son materiales que suelen terminar en vertederos, como el carozo de cereza.
3. Biodegradable: Enfocado en la reintegración del material en los ecosistemas naturales luego de su vida útil, evitando contaminación o generación de más residuos.
5. No contaminante: El material desarrollado no debe generar un impacto en la salud humana y debe evitar la generación de sustancias tóxicas o nocivas para el medio ambiente o un impacto negativo en otras industrias.
6. Durabilidad: Al considerar la tipología de residuo seleccionado, se considera la visión de mejorar la vida útil de los materiales para evitar que su deterioro prematuro provoque su desecho anticipado y nuevos procesos de producción (Vezzoli, 2013).
7. Generación de apego o ganancia de significado: Enfocado en la utilización de las propiedades del material y sus oportunidades, permitiendo generar un vínculo con el usuario.

Materia prima:
Carozo de cereza

Cap. 3



5.1. LA CEREZA EN LA INDUSTRIA FRUTÍCOLA CHILENA

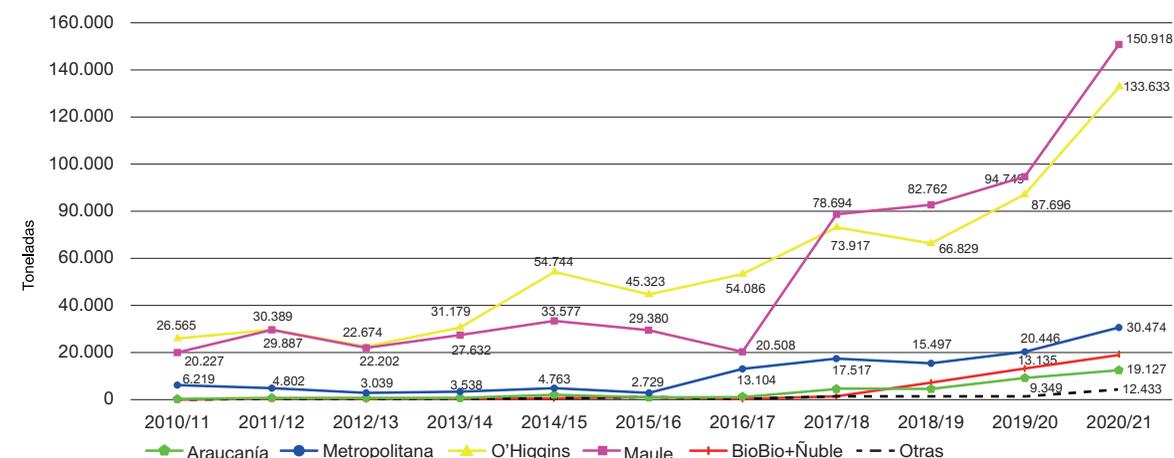
Chile cuenta con una superficie agrícola que alcanza a casi un tercio de la superficie continental del país, dentro de sus cadenas productivas destacan la fruticultura, la producción de celulosa, maderas, la ganadería, la vitivinicultura, entre otras (CONICYT, 2007).

Chile se posiciona como el principal país productor y exportador de frutas del hemisferio sur (ODEPA, 2017), sólo durante el periodo enero-junio de 2021 se registró un total de 2,04 millones de toneladas exportadas: de este total el 81% corresponde a fruta fresca, 15% a fruta procesada (jugos, aceites, conservas, congelados, deshidratados) y 4% a frutos secos (nueces, almendras, avellanas, entre otros). La actividad frutícola del país se concentra fuertemente en la zona centro-sur, entre la Región de Valparaíso y la Región del Maule, donde se localiza más del 80% de la superficie plantada (CONICYT, 2007).

La superficie de cerezos en Chile se concentra en las regiones de O'Higgins y del Maule, concentrando más de 80% de la superficie de cerezos de Chile, la cual ha desarrollado un importante crecimiento, pasando desde 18.150 ha. en 2011 hasta las 30.237 ha. en 2017 (ODEPA, 2015; ODEPA, 2018). Esto se debe a que esta fruta ha aumentado significativamente su demanda extranjera durante los últimos años, y actualmente la cereza se ha convertido en líder de las exportaciones frutícolas, registrando una cifra récord de 352.949 toneladas durante la temporada de 2020/21 (un aumento de 54,4% con respecto a la temporada anterior), transformándose en el 96,2% de la oferta exportada por el hemisferio sur, siendo China uno de los principales compradores y destinos. Bajo este escenario, la superficie de cultivo de cerezas en el territorio nacional se calculó en 59.000 hectáreas para el año 2023 (ODEPA, 2021; Iqonsulting, 2021).

Además de su formato como fruta fresca, su consumo en conserva a nivel nacional ha aumentado considerablemente, y en la región del Maule se producen 5.000 toneladas de este producto, de las cuales cerca de 2.500 corresponden a residuos. Los carozos de cerezas que se extraen en la producción de marrasquinos, mermeladas, pastas, conservas deshuesadas, frutas deshidratadas, son algunos de los tantos desechos de esta industria, y actualmente poseen poca utilidad industrial y agropecuaria, ya que por su alta dureza y contenido de ácido cianhídrico, no puede usarse para alimento animal, ni como abono agrícola, debido a su larguísimo período de descomposición, por lo que se es considerado un contaminante ambiental (CEAP 2013).

Página siguiente. figura 10. Gráfico de de exportación de cerezas en Chile. Fuente: iQonsulting.



5.2. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DE CAROZO DE CEREZA: CASO ROCOFRUT

Rocofrut es una empresa formada en 1976 como exportadora de cerezas frescas y sulfitadas. Sus principales instalaciones de procesamiento se encuentran en Romeral, cerca de Curicó en el valle central de Chile. Actualmente, dentro de la línea de producción y procesamiento se encuentran productos como cerezas para cóctel de fruta, marrasquino, confitadas, amarena, en jugo, en alcohol y en conserva, además de mermeladas y pulpas

La temporada de cereza parte en noviembre y termina a finales de diciembre. En una entrevista realizada a Juan Piña (2021), jefe de patio de la empresa ubicada en Curicó, se obtiene información acerca de los principales procesos desarrollados por la empresa en el procesamiento y fabricación de sus productos. En el caso de la cereza al marrasquino, se producen alrededor de unas 1.000 toneladas anuales de este producto, en donde se utilizan dos especies de cereza: la cereza negra y la corazón de paloma.

Los procedimientos realizados a la cereza marrasquino comienza con el acopio de cereza entre los meses de noviembre y enero y los procesos realizados se dividen en siete etapas (ver fig. 19)

En cuanto a los residuos generados durante el proceso de fabricación de cereza al marrasquino en la industria Rocofrut, el 2% corresponde al pedúnculo, generando 0,3 toneladas semanales y el 15-10% al carozo, el cual genera aproximadamente 2,5 toneladas a la semana durante la temporada de procesamiento. El tratamiento de estos residuos se lleva a cabo por empresas certificadas quienes realizan su traslado al compostaje, estos residuos se retiran mezclados ya que no se realiza ningún proceso de separación previo. La empresa declara su interés en cuanto a proyectos de innovación, dispuesta a brindar posibilidades para el desarrollo de productos con valor agregado a partir de sus residuos, por ejemplo, sumando a sus procesos una etapa de separación de los residuos generados.



figuras 11 y 12. Industria de la cereza en Chile. Fotografías por La Tercera.





figura 13. Llenado de nidos de descarozado.



figura 14. Carozos retirados.



figura 15. Carozos acumulados.



figura 16. Blanqueamiento de cerezas.



figura 17. Cerezas blanqueadas.



figura 18. Marrasquinos impregnados.

PRESERVACIÓN

La cereza colectada ingresa a estanques con solución preservante, esto se realiza debido a que tiene una vida útil corta y los procesos posteriores son invasivos, por lo cual es necesario realizar un tratamiento a la fruta para que esta se mantenga hasta ser procesada.

1

DECOLORACIÓN

La cereza pasa por un proceso de decoloración, obteniendo una tonalidad amarillenta. Dentro de este proceso la cereza adquiere mayor firmeza a partir de la aplicación de calcio, dejándola en reposo por 45 días.

2

CALIBRADO

La fruta traspasa un proceso de calibrado donde se separa de acuerdo a su tamaño por medio de varillas engomadas. En esta etapa la fruta pierde su pedúnculo y posteriormente su carozo mediante una máquina deshuesadora. Luego de esto, la cereza se vuelve a preservar preparándose para su siguiente proceso.

3

BLANQUEAMIENTO

La fruta entra en una solución potente de cloro durante 16 a 24 horas. Se blanquea y posteriormente se enjuaga hasta perder toda su pigmentación. Se destaca que si la cereza posee un tono amarillento de forma uniforme pasa directamente al proceso de impregnación de color.

4

COLORACIÓN

Se realiza un teñido por medio de una solución de colorante conocido como rojo 40, procedimiento que se realiza durante 6 horas en estanques de impregnación. Durante el 50% del tiempo, se disminuye el pH a la cereza y finalmente se fija el color.

5

ADICIÓN DE AZÚCAR

La fruta se somete a una solución azucarada de entre 10 a 15 brix, posteriormente se realizan soluciones para aumentar este valor. La fruta absorbe azúcares y elimina agua.

6

EMBALAJE

Finalmente se realiza el pesaje neto de la fruta, para luego ser depositada en envases de hojalata y embalada dentro de cajas de cartón con una capacidad de 6 unidades cada una.

7

figura 19. Diagrama de procesos de producción de cereza al marrasquino. Elaboración propia.



figura 20. Morfología de la cereza en sección. [1: Semilla / Pericarpo; 2: Endocarpo, 3: Mesocarpo, 4: Exocarpo]. Elaboración propia.

5.3. CARACTERIZACIÓN DEL CAROZO DE CEREZA Y ANTECEDENTES DE SU UTILIZACIÓN COMO MATERIA PRIMA

Prunum avium, comúnmente conocido como cerezo silvestre o cerezo dulce, es una especie nativa de Europa y el occidente asiático, del cual se derivan la mayoría de los cultivos comerciales de cereza. El fruto es un tipo de drupa, de forma globosa con un carozo esférico y liso. Una drupa consiste en un tipo de fruto simple que consta de un mesocarpo carnoso o fibroso que rodea un endocarpo leñoso.

Actualmente no existe mucha información acerca de las propiedades y desempeño del carozo de cereza como materia prima. Algunos estudios como los realizados por Núñez y otros (2021) revelan un perfil bioquímico realizado en el carozo de cereza junto al carozo de durazno y pino radiata. El carozo de cereza, al ser un residuo lignocelulósico, presenta componentes similares a la madera, tales como lignina, celulosa y hemicelulosa, además se observa que presenta una mayor cantidad de extractivos en comparación a los otros.

Perfil químico	Extractivos%	Lignina soluble (%)	Lignina insoluble (%)	Holocelulosa (%)	α celulosa (%)
Carozo de durazno	3.5	3.2	36.4	56.7	24.7
Pino radiata	2.2	2	28	68.1	52.6
Carozo de cereza	14.9	2.2	30.4	50.1	19.3

Por otro lado, se han realizado investigaciones acerca del carozo de cereza como fuente energética de biomasa y como almacenamiento de calor bajo convección natural (Bryś et al., 2020; Abuşka et al., 2020), sin embargo, no existen muchos antecedentes de su utilización como materia prima para el desarrollo de materiales de diseño.

Durante la práctica profesional, realizada en el FabLab de la Universidad de Chile, se hicieron los primeros avances en la utilización de este residuo como materia prima. La práctica se lleva a cabo en el marco del proyecto "Nodo de Biofabricación Digital" centrado en la problemática del manejo de residuos orgánicos de nuestro país, proponiendo un conjunto de tecnologías con código abierto que permitan fabricar productos biodegradables utilizando residuos de la industria local. Bajo este contexto, la práctica se enfocó en la experimentación y caracterización de biopolímeros fabricados a partir de carozo de cereza utilizando una mezcla base que fue escogida por el equipo de trabajo, la que incluía agua, glicerina, agar-agar y propionato de sodio para evitar el desarrollo de hongos.

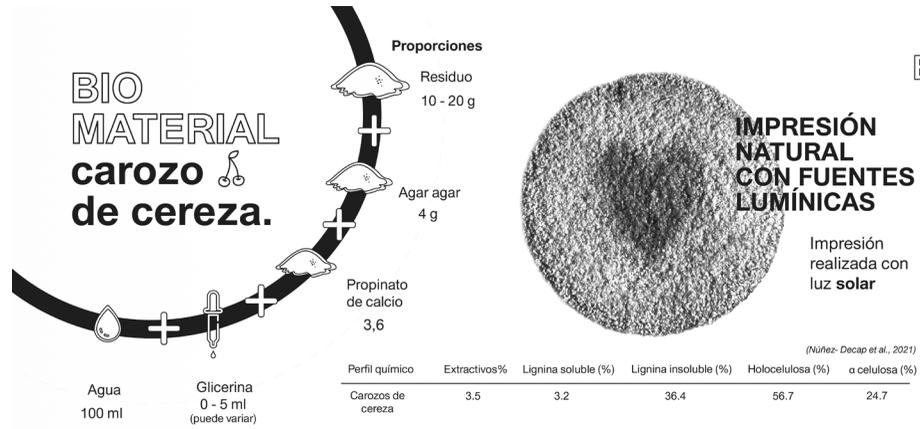
Durante las experimentaciones, se reveló una interesante interacción del material frente a estímulos lumínicos, el cual evidenció un cambio de apariencia frente al tiempo y la exposición lumínica durante su proceso de secado. Este hallazgo fue un hito significativo que permitió explorar esta variable como una propiedad atribuible al material, permitiendo guiar las exploraciones y estimular el material frente a fuentes de luz natural y artificial. Estas experimentaciones permiten caracterizar al material como fotosensible además de identificar a la luz solar como el método de mayor eficiencia para generar una impresión en él, debido a su disponibilidad sin costo y por generar resultados más rápidos en época de verano.

figura 21. Análisis químico de carozos de durazno y cereza y madera de pino radiata. Realizado por Nuñez-Decap et al. (2021)



figura 22. Reproducción de un cuadro del botánico sueco C. A. M. Lindman (1856-1928), extraído de su libro *Bilder ur Nordens Flora* (primera edición publicada en 1901-1905).

BIO MATERIAL carozo de cereza.



Este **residuo** se genera a nivel nacional en la producción de **conservas, jugos y mermeladas**. Puede adquirirse **limpio y seco**, lo que facilita su **preparación** para la fabricación del biomaterial.

El carozo de cereza posee componentes similares a la madera, como la **lignina**, la **celulosa** y la **hemicelulosa**, ya que es un residuo lignocelulósico.

Se ha observado que este material es **fotosensible**, posiblemente debido a un proceso de oxidación. Su **color se oscurece** ante la exposición lumínica.

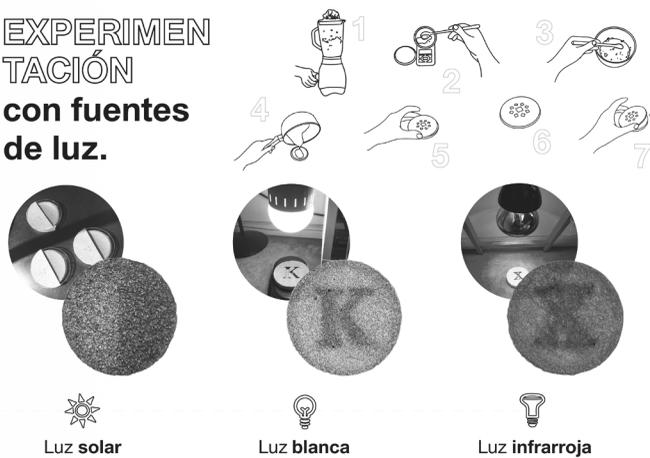
Ejecución.

- 1 Destrozar, moler y tamizar el carozo
- 2 Incorporar ingredientes y calentar mezcla a fuego lento hasta los 70-80°C
- 3 Verter en molde o bandeja
- 4 Dejar secar una noche
- 5 Colocar stencil sobre la muestra y exponerla a una fuente de luz
- 6 Dejar secar completamente (3-10 días dependiendo de la temperatura y estación)
- 7 Retirar stencil una vez seca la muestra

IMPRESIÓN NATURAL CON FUENTES LUMÍNICAS

Impresión realizada con luz solar

EXPERIMENTACIÓN con fuentes de luz.



La **luz solar** fue el método más **eficiente** para generar una impresión, debido a ser un recurso gratuito y tener resultados más rápidos en época de verano.

Variables.

- Concentración del residuo:** A menor concentración, mayor será la deformación del material y se obtendrá un color más oscuro (ej. 5-10 g)
- Tamaño del grano:** Determinará la nitidez y claridad de la impresión, mientras más fino el grano, mayor será la precisión.
- Tipo y cantidad de exposición lumínica:** Con luz solar (especialmente en verano) se obtienen resultados más rápidos y visibles debido a una mayor potencia lumínica y a mayor temperatura durante el día.
- Posición del stencil:** Debe estar directamente sobre la muestra o lo más cerca posible para mayor precisión de la impresión.
- Temperatura:** A mayor temperatura, el tiempo de secado será más rápido pero aumentará la posibilidad de deformación del material, entre 30-40° C puede secarse en menos de 3 días pero puede variar su forma significativamente.
- Molde:** Es importante que el molde no tenga espacios donde el material pueda quedar atrapado, esto puede provocar enganches, resequedad y cambios bruscos de color.



Página anterior, figuras 23 y 24. Láminas de información: Impresión con fuentes lumínicas sobre biomaterial de carozo de cereza y agar. Elaboración propia (2021)



figuras 25 y 26. Resultados de impresión con fuentes lumínicas naturales y artificiales sobre biomaterial de carozo de cereza y agar. Elaboración propia (2021)

Referentes

Cap. 4





figura 27. Material compuesto basado en cáscara de Nuez + Poliuretano biobasado. Desarrollado por Dominique Bustamante (2020).

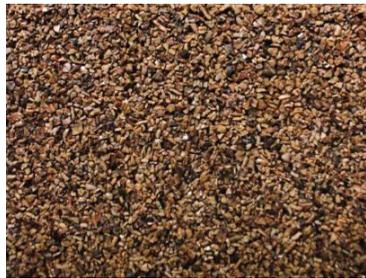


figura 28. Cáscara de Nuez como materia prima principal del biomaterial. Desarrollado por Dominique Bustamante (2020).

1. Material compuesto basado en cáscara de Nuez + Poliuretano biobasado (Dominique Bustamante, 2020)

Investigación desarrollada por Dominique Bustamante (2020). Se utiliza como materia prima la cáscara de nuez, proveniente de la industria frutícola en Chile y un poliuretano biobasado de la marca Kehl como adhesivo para el material compuesto. Se destaca la propiedad moldeable del material, sus pruebas de teñido y terminaciones superficiales.



figura 29. Luminaria interior YAFÜN, a partir de material basado en cáscara de durazno. Elaborado por Lorena Muñoz (2019).

2. Carozo de durazno + Poliuretano biobasado (Lorena Muñoz, 2019)

Investigación desarrollada por Lorena Muñoz (2019). Se utiliza como materia prima la cáscara de durazno, proveniente de la industria frutícola en Chile, y es aglomerado con un poliuretano biobasado de la marca Kehl, de origen orgánico. Se destaca su capacidad de moldeabilidad y permeabilidad, su tonalidad cálida y textura rugosa.

Se descubrió, que bajo la utilización de una granulometría gruesa, el material es permeable al agua. El material es moldeable, se puede teñir, y es posible mecanizar mediante corte, perforado y lijado. Se puede lograr una buena terminación superficial, además, si se varía el espesor, sus propiedades cambian de rígido y opaco a semi translúcido y flexible.



figura 30. Taburete YAFÜN, a partir de material basado en cáscara de durazno. Elaborado por Lorena Muñoz (2019).

figura 31. Experimentaciones morfológicas a partir de biomateriales. Realizado por Opniu Diseño.



figura 32. Lámpara hecha a partir de un biomaterial de cáscara de almendra. Realizado por Opniu Diseño.

3. Opniu diseño

Pyme chilena destinada al desarrollo y experimentación de diferentes materiales compuestos por aserrín de maderas nativas, residuo proveniente del trabajo artesanal en Chile, y residuos lignocelulósicos como la cáscara de almendra, nuez y bagazo. La empresa destaca por el desarrollo de un biopolímero basado en PVA y almidón llamado Smarbricks, este adhesivo otorga diferentes propiedades y posibilidades de trabajabilidad al resultado material, tales como la posibilidad de ser reparable, reciclable, auto-adhesivo, ignífugo, moldeable, termoformable e inyectable.

A pesar de que las propuestas materiales de la empresa aún se encuentran en desarrollo, Opniu posee a la venta productos como maceteros y luminarias de interior.



figuras 33 y 34. Taburete infantil 'Nontalo Kids' a partir del biomaterial 'Reolivar'. Desarrollado por NaifactoryLAB.

4. Reolivar (NaifactoryLAB)

El biomaterial 'Reolivar' es fabricado por la Empresa de biomateriales NaifactoryLAB, Barcelona, está basado en cuesco de aceitunas y aglomerantes orgánicos, es 100% biodegradable y posee destacados resultados en moldeabilidad y mecanizado.

Han desarrollado múltiples productos, entre ellos luminarias, colgadores de pared y mobiliario infantil. Se destaca el diseño del taburete 'Nontalo kids', un producto modular y fabricado 100% con el material, descartando el uso de tornillos, lo cual facilita su producción, reciclaje y fin de vida del producto.

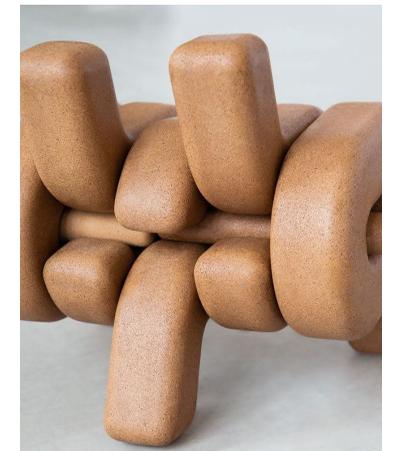




figura 35. Folleto de presentación de 'Maderón'. Desarrollado por Silio Cardona (1993).

5. Maderón (Silio Cardona, 1993)

Este material compuesto utiliza la cáscara de almendra y otros materiales lignocelulósicos como materia prima, es reciclable y biodegradable. Inicialmente fue aplicado en la fabricación de ataúdes de una empresa familiar, sin embargo hoy se ha abierto a un amplio universo de aplicaciones en la fabricación de productos. La cáscara de almendra es triturada hasta convertirla en polvo y se mezcla con resinas para obtener una pasta moldeable. El material resultante tiene propiedades similares a la madera y puede replicar su apariencia. Fue necesario un proceso de más de diez años para perfeccionar el material e identificar y desarrollar la tecnología específica para su fabricación. El material ha sido aplicado en mobiliario, iluminación y dispositivos tecnológicos.



figura 36. Proceso de trituración de la cáscara de almendra. Desarrollado por Silio Cardona (1993).



figura 37. Material 'COCOA' desarrollado a partir de residuos industriales del chocolate. Desarrollado por Paula Nerlich (2020).

6. Material COCOA (Paula Nerlich, 2020)

El material desarrollado por esta diseñadora está fabricado con un 40% de residuos provenientes de la producción industrial de chocolate. Todos los demás ingredientes son veganos, biodegradables y no dañinos para el medio ambiente. COCOA puede volver a moldearse varias veces sin pérdida de material, posee un bajo consumo de energía y un gran potencial para la impresión 3D. En el año 2020 como resultado de la cooperación de Priestmangoode, el material se aplicó en el diseño de una serie de contenedores reutilizables dirigidos al transporte de alimentos. El envase 'Zero' fue diseñado bajo el propósito de disminuir el impacto ambiental provocado por los envases de plástico utilizados en las entregas de comida. La solución planteada fue fomentar un cambio positivo de comportamiento, creando envases que se consideren objetos reutilizables y deseables en lugar de desechables. Esto sin duda corresponde a un aspecto muy valioso del proyecto, ya que materializa la posibilidad de aplicación de biomateriales en objetos cotidianos proponiendo al mismo tiempo nuevas propuestas y conceptos de diseño. La morfología de 'Zero', inspirada en las bento boxes, disminuye además la cantidad de material utilizado ya que elimina las tapas.



figura 38. Propuesta de la bento box 'Zero' a partir del material 'COCOA'. Desarrollado por Paula Nerlich (2020).

figura 39 y 40. Propuesta para una taza de café 'HuskeeTech', desarrollada a partir de residuos de la cáscara de café.



Siguiente página. figura 41. Tabla de resumen de Referentes. Elaboración propia.



7. HuskeeTech

La taza de café HuskeeTech se fabrica íntegramente con residuos de cáscara de café, un subproducto que se genera durante la molienda y tiene poco valor económico. Este diseño de taza es reutilizable, reciclable y aprovecha la capacidad de la cáscara de café para retener el calor. Además de su funcionalidad, la taza presenta un atractivo diseño estético y es apta para lavavajillas. La marca continúa investigando y planea el uso de microorganismos para producir el polímero que une las cáscaras de café, lo que permitirá capturar carbono en el proceso.

Producto / Material	Conformación	Aplicación	Observaciones
Material basado en cáscara de nuez + Poliuretano biobasado (Dominique Bustamante)	Cáscara de nuez (90%) y Poliuretano biobasado Kehl (10%)	Juego para niños y recubrimiento de pared	Alto porcentaje de uso de residuo, biodegradable
Material basado en carozo de durazno + Poliuretano biobasado (Lorena Muñoz)	Caroza de durazno (90%) y Poliuretano biobasado Kehl (10%)	Taburete, macetero permeable y luminaria de interior	Alto porcentaje de uso de residuo, biodegradable, posibilidad de ser semitraslúcido
Opniu Diseño	Smartbricks (PVA + almidón) y residuos lignocelulósicos (aserrín, cáscara de nuez y almendra, otros)	Maceteros y luminarias	Auto-adhesivo, reparable, ignífugo, biodegradable
Reolivar (NaifactoryLAB)	Cuesco de aceituna y aglomerante desarrollado con agar, gelatina y resina de pino	Luminarias, juegos infantiles, mobiliario de interior, entre otros	Biodegradable y reutilizable, destaca sus aplicaciones de diseño en productos lúdicos modulares
Maderón (Silio Cardona)	Cáscara de almendra y otros residuos lignocelulósicos, aglomerante desconocido	Ataúdes y mobiliario	Reciclable y biodegradable, replica la apariencia de la madera
Material COCOA (Paula Nerlich)	Residuos de la industria del chocolate (50%), aglomerante desconocido	Packaging para alimentos y cosmética	Reciclable, fomenta cambio positivo de consumo en el diseño de envases reutilizables
HuskeeTech	Cáscara de café, aglomerante desconocido	Tazas de café	Reutilizable, reciclable, aprovecha las propiedades del material (retención de calor)

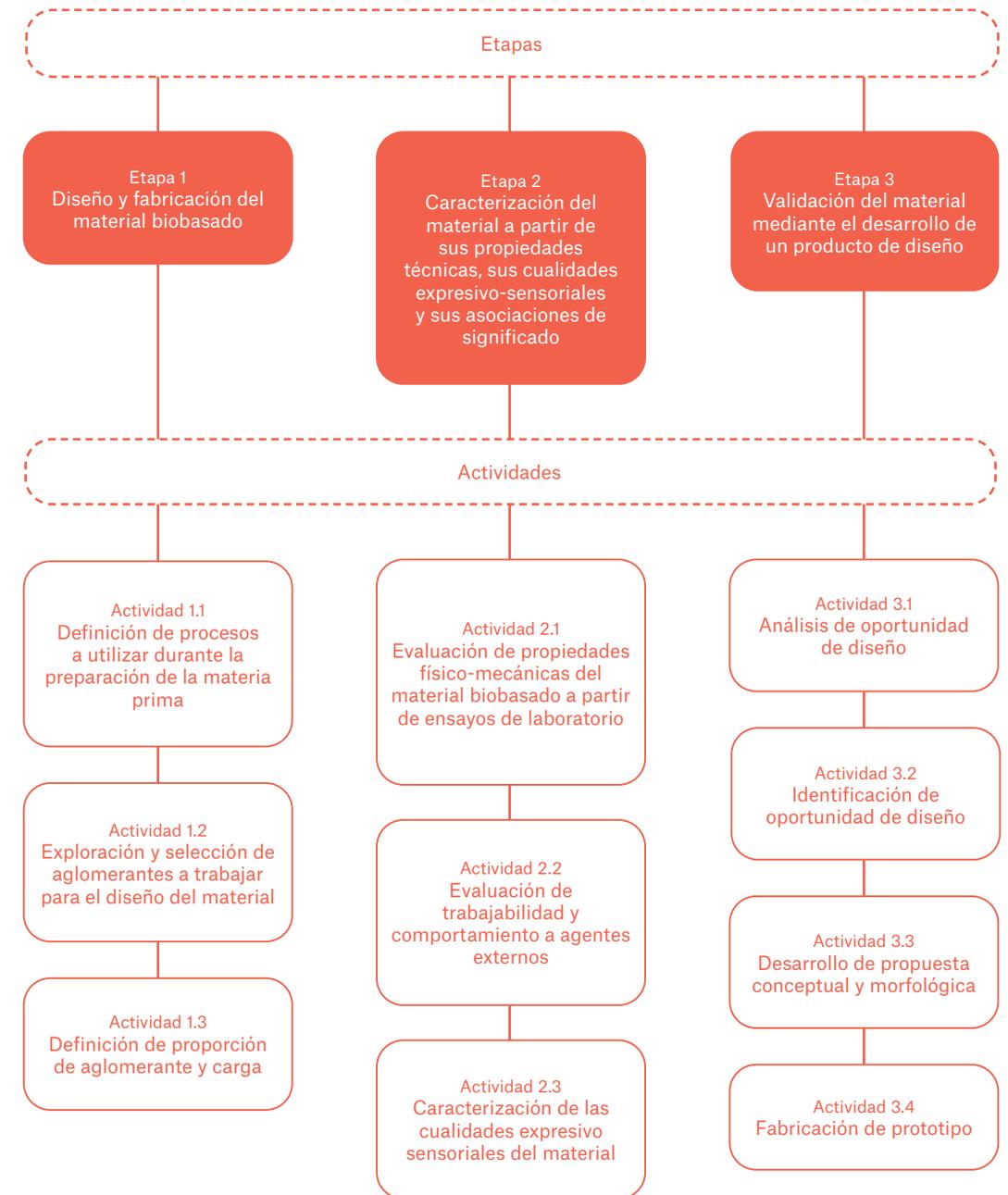
A partir de la revisión de los referentes anteriores, se puede evidenciar la existencia de innovaciones en el uso de residuos provenientes de la agroindustria con una mirada circular y sustentable. Estas innovaciones no solo se enfocan en el desarrollo de productos, sino también en aplicaciones de diseño que buscan cambiar los hábitos de consumo de los usuarios. Por ejemplo, se menciona el caso de HuskeeCup, que crea tazas de café reutilizables aprovechando las propiedades del material para mantener el calor de la bebida. Otro ejemplo es el envase 'Zero' de la propuesta material Cocoa, que presenta un atractivo diseño estético y fomenta la reutilización, extendiendo la vida útil del producto. Los referentes presentados en este capítulo demuestran que los residuos tienen el potencial de ser utilizados más allá de su contexto de extracción original, lo que amplía sus posibles aplicaciones. Es relevante mencionar que muchos de estos referentes conservan las propiedades de biodegradabilidad de los residuos utilizados, lo cual es importante en el fin del ciclo de vida de estos productos. Sin embargo, esta investigación busca no solo desarrollar un material de bajo impacto ambiental, sino también potenciar las cualidades expresivas y sensoriales del material en proceso de desarrollo. Se busca que el material adquiera un significado y una conexión emocional para los usuarios, convirtiéndose en una herramienta para prolongar el ciclo de vida del producto y la generación de apego.

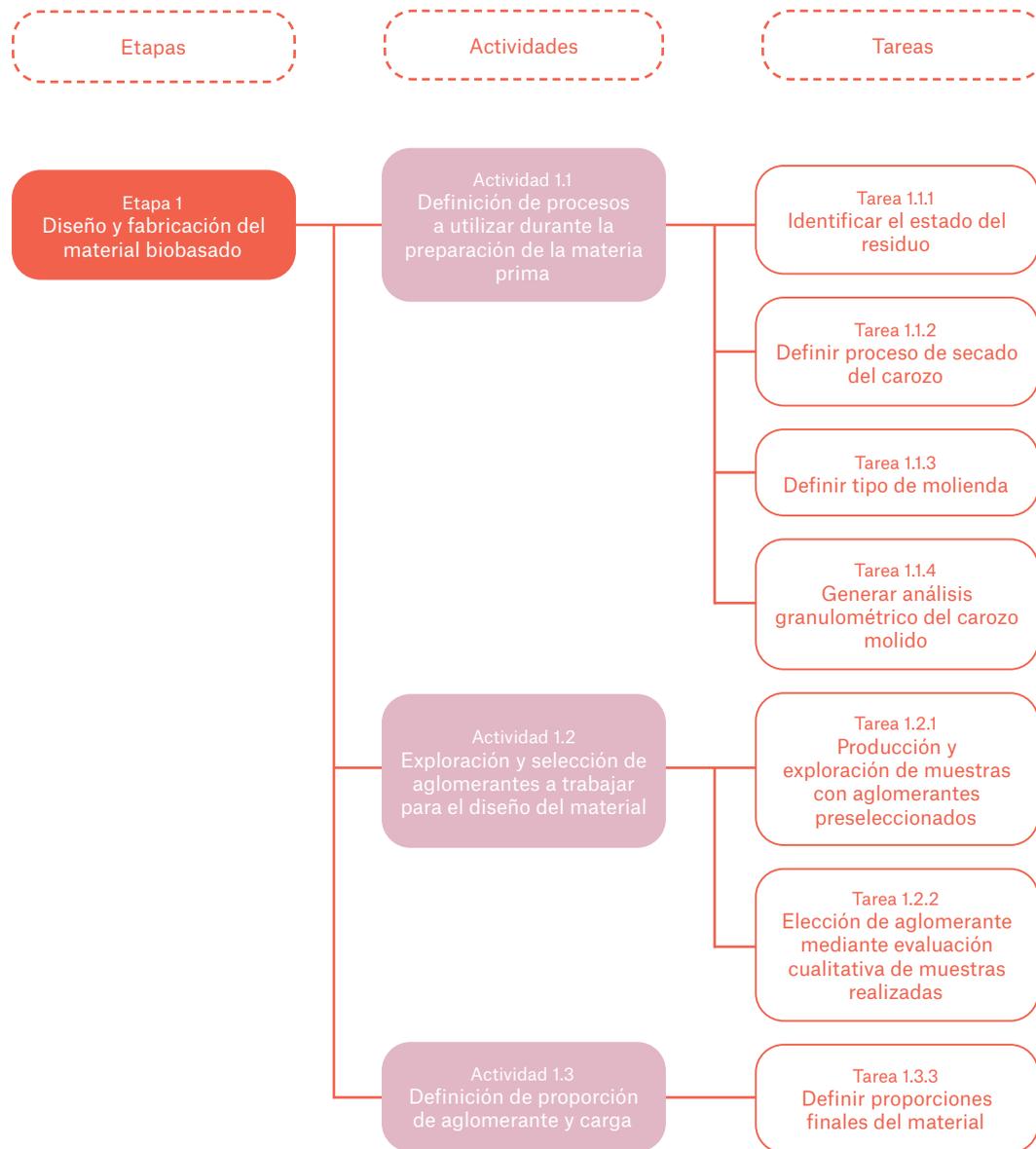
Métodos

Cap. 5

Siguiente página, figura 42.
 Tabla metodológica de etapas
 y actividades a seguir.
 Elaboración propia.

En este capítulo se presentan los procesos que serán empleados en el desarrollo del material biobasado utilizando carozo de cereza como materia prima. Estos procesos se dividen en tres etapas. La primera, consiste en el diseño exploratorio y experimental del material considerando criterios de diseño sustentable. La segunda, en la caracterización del material a partir de sus propiedades y cualidades expresivo sensoriales para inferir posibles aplicaciones. Y por último, la tercera etapa, consiste en el desarrollo de una propuesta de producto de diseño para validar el material.





ETAPA 1: DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL MATERIAL BIOBASADO

La primera etapa consta de tres actividades: la primera tiene como objetivo conocer el residuo y su tratamiento. Luego, en la segunda actividad, se lleva a cabo una experimentación con los adhesivos seleccionados en la revisión bibliográfica. Esto culmina con la elaboración de un cuadro comparativo que muestre las características de las muestras generadas con estos aglomerantes y con la elección de uno con el cual se producirá el material, además de la selección final de proporciones de los componentes y de una selección granulométrica.

1.1 PROCESOS PARA LA PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El residuo es retirado en las instalaciones de Rocofrut ubicadas en Curicó, en la región del Maule durante el mes de diciembre de 2021. En esta instancia, se entrevista a Juan Piña, jefe de patio de las instalaciones quien nos entrega información acerca del origen del residuo durante el proceso de fabricación de cereza al marrasquino. Como se menciona en el capítulo 1, el residuo se genera posterior al proceso de calibrado, donde a la fruta se le extrae el carozo mediante una máquina deshuesadora.

En esta oportunidad, se recolectan aproximadamente 10 kg de carozo, el cual se encuentra húmedo producto de su proceso anterior de decoloración y preservación de la fruta.

*Página anterior, figura 43.
Tabla metodológica de Etapa 1.
Elaboración propia.*

figura 44. Carozo de cereza previo al proceso de molienda.
Elaboración propia.



figura 45. Carozo de cereza en el proceso de secado en exterior.
Elaboración propia.

1.1.1 SECADO

Debido a la temporada de verano, se aprovechan las condiciones climáticas para realizar un secado en exterior. El residuo es extendido sobre una superficie plástica oscura, que se revuelve cada dos a tres días por un tiempo aproximado de 2 semanas. (ver figura 45)

1.1.2 MOLIENDA

Se utiliza un molino de martillo modelo o industrial modelo WF - 1500A2, Marca G-Tools , con el cual se realizan 3 ciclos de molienda lo que permitió obtener un tamaño granulométrico lo suficientemente diverso para su posterior análisis. (ver figura 46)

1.1.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Para este análisis, se utilizan 300 gr de carozo de cereza molidos para conocer la distribución de partículas presentes en la molienda. Se utilizan los tamices bajo Norma ASTM en orden decreciente; mesh 10 (≥ 2 mm), 18 mesh (1 mm), 35 mesh ($\geq 0,5$ mm), 50 mesh ($\geq 0,3$ m) y 60 mesh ($\geq 0,15$).



figura 46 y 47. Diferentes granulometrías de carozo de cereza posteriores a la molienda.
Elaboración propia.





figura 48 y 49. Proceso de análisis granulométrico en diferentes categorías. Elaboración propia.

Siguiente página. figura 50. Tabla de análisis de aglomerante: Smartbricks. Elaboración propia.

1.2. EXPLORACIÓN Y SELECCIÓN DE AGLOMERANTES A TRABAJAR PARA EL DISEÑO DEL MATERIAL

Para explorar la conformación del material, se seleccionan dos aglomerantes a partir de los criterios presentados en el capítulo 2: Smartbricks, aglomerante desarrollado localmente en Chile y un biopoliuretano comercial de la marca kehl con certificaciones de biodegradabilidad basado en aceites naturales. Ambas matrices requieren diferentes procesos para ser trabajadas, por lo que a continuación se describen las características y métodos de conformación de cada uno y las características de ambos aglomerantes.

1.2.1 PRODUCCIÓN Y EXPLORACIÓN DE MUESTRAS CON AGLOMERANTES PRESELECCIONADOS

Adhesivo local: Smartbricks

El adhesivo se encuentra envasado y cortado en trozos que contienen un porcentaje de agua variable, en este caso se entrega por la tienda con un porcentaje de 25% de agua.

Para facilitar la disolución del aglomerante y siguiendo las recomendaciones del fabricante, el adhesivo se corta en trozos pequeños para posteriormente ser diluidos en agua caliente, el cual se somete a baño maría en una primera instancia, y posteriormente se coloca directamente en un vaso precipitado, en el cual se mantiene una fuente de calor continua hasta que el adhesivo se funde. Cuando este adquiere una consistencia viscosa y fluida, se agrega el residuo hasta formar una masa moldeable y lo suficientemente homogénea para ser introducida en un molde, el cual es prensado posteriormente en una prensa serigráfica.

Para este procedimiento, se utilizan moldes fabricados en mdf. Se utiliza una proporción aproximada de 1:3 según recomendaciones del fabricante, donde 1 es adhesivo y 3 carozo de cereza molido. En una primera instancia, se generan probetas con tres tamaños granulométricos diferentes. Este punto de partida permite variar las proporciones de adhesivo, aumentando su proporción en las granulometrías más finas y disminuyéndolo en las más gruesas.

Adhesivo local: Smartbricks		
Conformación	Características	Ficha Técnica
Basado en PVA + Almidón	Indicado para materiales lignocelulósicos	Continúa en desarrollo, no presenta ficha técnica
	Biodegradable	
	Formato en trozos termofundibles	
	Reparable / Autoadhesivo	
	Ignífugo	
	Proporción requerida: 30%-50% aprox	
	Requiere calor y agua para ser incorporado con otros materiales	
Moldeable, termoformable e inyectable		



figura 51.



figura 52.



figura 53.



figura 54.



figura 55.

Código muestra	Granulometría (mesh)	% Adhesivo	% Carozo
SM1	18	30%	70%
SM2	30	35%	65%
SM3	50	45%	55%

Los procedimientos realizados para la conformación de probetas exploratorias se detallan a continuación: (1) Se corta en pedazos pequeños el adhesivo (figura 51) (2) Se hidrata el aglomerante con agua caliente y se derrite a baño maría (figura 52) (3) Cuando se obtiene consistencia viscosa, se agrega el residuo de carozo de cereza (figura 53) (4) Se mezclan ambas partes hasta conseguir una masilla compacta y homogénea (figura 54) (5) se añade mezcla en el molde (figura 55).

Los resultados son organizados a partir de la tabla de distribución de porcentaje de adhesivo según tamaño granulométrico (ver figura 56).

Arriba. figura 56.
Tabla de distribución de porcentaje de adhesivo según tamaño granulométrico. Elaboración propia.

Siguiente página. figura 57.
Tabla de análisis de aglomerante: Poliuretano bio-basado Kehl. Elaboración propia.

Poliuretano biobasado Kehl		
Conformación	Características	Ficha Técnica
Poliuretano bicomponente de origen vegetal: poliol a base de aceites vegetales (componente B) y un isocianato (componente A)	Biodegradable (10 - 15 años aproximadamente)	Código KDG1909
	Indicado para materiales lignocelulósicos	Densidad: 1,24g/cm ³
	Moldeable	Curado total: 25°C - 8 horas 100°C - 30 min
	Posibilidad de adecuar rangos de flexibilidad versus dureza	Proporción componentes: POL/ISO - 1:1 a 3:1 (de más duro a más blando)



figura 57.



figura 58.



figura 59.



figura 60.

figura 61. Tabla de análisis de aglomerante: Poliuretano bio-basado KehL. Elaboración propia.

Código muestra	Granulometría (mesh)	% Adhesivo	% Carozo
PU1	18	10%	90%
PU2	35	15%	85%
PU3	50	20%	80%

Poliuretano biobasado KehL

Este adhesivo es un bi-componente basado en aceites naturales, compuesto de isocianato y polioliol, los cuales se activan al ser mezclados dando como resultado un material que varía su rigidez a partir de la proporción utilizada de cada componente.

Al igual que el procedimiento anterior, se utilizan moldes fabricados en mdf con un interior plastificado. Con el objetivo de conseguir probetas con una mayor resistencia, se utiliza una proporción de los componentes recomendada por el proveedor para lograr una mayor rigidez, siendo esta 1:1. Se realizan muestras iniciales de una proporción de 20% de aglomerante y 80% de residuo, la cual fue variando posteriormente en relación al tamaño granulométrico.

Los procedimientos realizados para la conformación de las probetas exploratorias fueron los siguientes: (1) Se presentan las botellas que contienen el componente A (Isocianato) y componente B (Polioliol). (2) Se mezclan en proporciones 1:1 ambos componentes hasta conseguir una consistencia homogénea. (3) Se agrega carozo de cereza molido y se mezcla hasta conseguir consistencia homogénea. (4) Se vierte en molde. (5) Prensado.

Al igual que el procedimiento anterior, se distribuye la información de la experimentación a partir del porcentaje de adhesivo utilizado según cantidad de carozo y granulometría (ver figura 61).

Código muestra	Granulometría (mesh)	% Adhesivo	% Carozo
PU1810	18	10%	90%
PU1815	18	15%	85%
PU1820	18	20%	80%
PU3515	35	15%	85%
PU3520	35	20%	80%
PU5020	50	20%	80%

1.2.2 ELECCIÓN DE AGLOMERANTE MEDIANTE EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS MUESTRAS

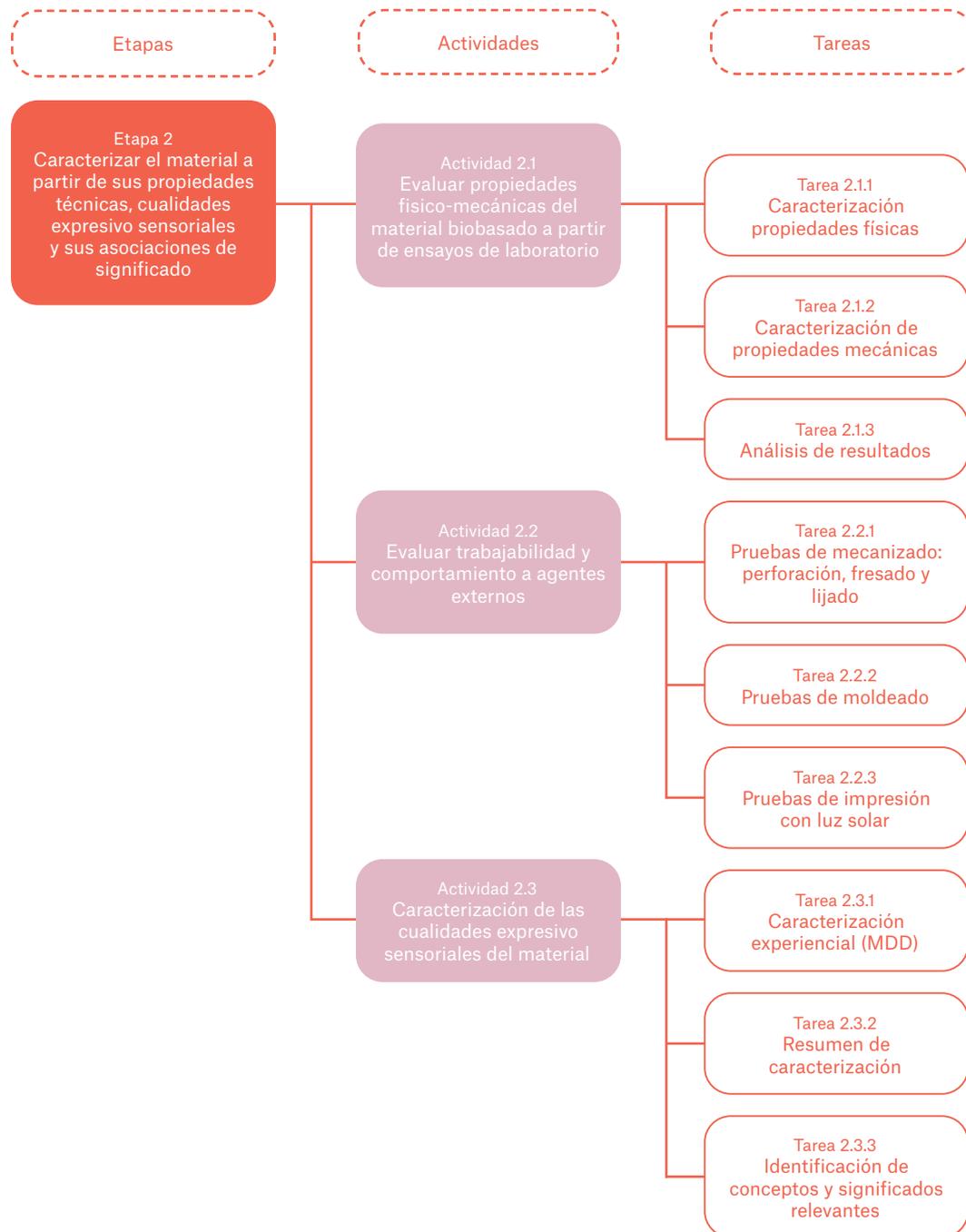
Para la elección del aglomerante se utilizan cuatro criterios de evaluación utilizados por Lagos (2021):

1. Efectividad de adherencia entre las partículas, se evalúa como "baja"; "media" o "alta"
2. Rotura en manipulación, evaluando el desprendimiento de partículas o fracturas durante la manipulación.
3. Acabado del adhesivo
4. Recursos y procesos utilizados para trabajar el adhesivo y conformación del material

1.3 DEFINICIÓN DE PROPORCIONES FINALES DEL RESIDUO Y AGLOMERANTE SELECCIONADO Y SELECCIÓN DE PROPUESTAS GRANULOMÉTRICAS

A partir de la previa selección del aglomerante, se realiza una exploración final de las proporciones de residuo y adhesivo, en esta oportunidad se realizan también diferentes propuestas granulométricas, permitiendo identificar la cantidad necesaria de adhesivo según tamaño de partículas utilizada y variantes de granulometrías posibles. (ver figura 62).

figura 62. Tabla de distribución de porcentaje de adhesivo según tamaño granulométrico. Elaboración propia.



ETAPA 2: CARACTERIZAR EL MATERIAL A PARTIR DE SUS PROPIEDADES TÉCNICAS, CUALIDADES EXPRESIVO SENSORIALES Y SUS ASOCIACIONES DE SIGNIFICADO

En esta etapa, se realizan pruebas de laboratorio para caracterizar el material compuesto previamente definido. Posteriormente, se evalúan sus propiedades expresivo sensoriales, las cuales serán cruciales para la siguiente fase del proyecto. La siguiente tabla resume las actividades y tareas realizadas en esta etapa. (ver figura 63)

2.1 EVALUAR PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL BIOBASADO A PARTIR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

2.1.1 CARACTERIZACIÓN PROPIEDADES FÍSICAS

Para los ensayos presentados a continuación, se utilizarán probetas realizadas con una granulometría de 1 mm fabricadas con una proporción de 10% de aglomerante y 90% de residuo.

Densidad

Para calcular la densidad del material se aplica la siguiente fórmula (ver fórmula 1) para el análisis de 9 muestras de material de un tamaño aproximado de 50 x 50 mm.

Contenido de humedad

Para calcular el porcentaje de humedad presente se utilizan 4 probetas de 50 x 50 mm las cuales son secadas por 24 hrs a 100° C. (ver figura 64). El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente fórmula (ver fórmula 2)

Absorción de agua e hinchamiento

Se procede al análisis de absorción de agua e hinchamiento, se utilizan 4 probetas con dimensiones de 50 x 50 mm y un espesor aproximado de 0,6 mm. siguiendo la norma ASTM D570-98. Las muestras son sumergidas durante un periodo de 2 horas y luego vuelven a ser sumergidas por un periodo de 24 horas consecutivas. Las probetas son medidas y pesadas luego de ambos periodos de tiempo transcurridos (ver figura 65). Se utiliza la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de hinchamiento y absorción de agua. (ver fórmula 3)

Página anterior, figura 63. Tabla metodológica de Etapa 2. Elaboración propia.

$$d = \frac{M}{V}$$

Donde:
d: densidad (kg/m³)
M: masa (Kg)
V: Volumen (m³)

fórmula 1. Densidad.

$$\text{Porcentaje de contenido de humedad} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100$$

W1 → Masa inicial de la probeta (T° ambiente)
W2 → Masa final de la probeta (secada)

fórmula 2. Contenido de humedad.

$$\text{Porcentaje de Absorción de agua} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

W1 → Masa inicial de la probeta (antes de sumergirla en agua)
W2 → Masa final de la probeta (después de sumergirla en agua)

fórmula 3. Absorción de agua.

A.1) Resistencia a la flexión (N/mm²):

$$Rf = \frac{3FL}{2bt^2}$$

Donde:
Rf: Resistencia a la flexión
F: Carga máxima (N)
L: distancia entre los puntos de apoyo (mm)
b: ancho de probeta (mm)
t: ancho de probeta (mm)

A.2) Módulo de Elasticidad (MPa):

$$MOE = \frac{L^3 C}{4ae^3 d}$$

Donde:
MOE: Módulo de Elasticidad
C: Carga máxima (N)
L: distancia entre los puntos de apoyo (mm)
a: ancho de probeta (mm)
e: espesor de probeta (mm)
d: desplazamiento promedio (mm)

fórmula 4. Flexión y Módulo de Elasticidad



figura 64. Proceso de secado.
Elaboración propia.



figura 65. Análisis de absorción
de agua e hinchamiento.
Elaboración propia.

2.1.2 CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS

Ensayo de flexión

Se someten 7 probetas de 40 x 150 mm con un espesor aproximado de 8 mm al equipo de ensayo Instron 4411 bajo la norma "ASTM D1037 - Propiedades de tableros de fibras y partículas a base de madera" (ASTM, 2016). Con los datos obtenidos en el ensayo se calcula mediante la fórmula indicada (ver fórmula 4)

2.1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos físicos y mecánicos, se procede a realizar una tabulación de los datos y una comparativa con otros materiales biobasados realizados con residuos lignocelulósicos en el laboratorio de materiales biobasados BioLab FAU, tales como cáscara de nuez (Parodi, 2016; Bustamante, 2018), carozo de durazno (Muñoz, 2018; Molina, 2017), cápsulas de macadamia, cápsulas de eucalipto y conos de pino (Wechsler, 2013), si bien la conformación de estos materiales se realizaron de forma distinta al propuesto en esta investigación, esto permitirá conocer la proximidad o distancia de este frente a las investigaciones previas realizadas. A continuación, se ingresan los datos obtenidos en el programa "Granta EduPack" con el objetivo de generar un registro del material para poder identificarlo dentro de una familia o sector de materiales a partir de sus propiedades.

2.2 EVALUAR TRABAJABILIDAD, MECANIZADO Y COMPORTAMIENTO A AGENTES EXTERNOS

2.2.1 PRUEBAS DE MECANIZADO: PERFORACIÓN, FRESADO Y LIJADO

Perforación: Se utilizó un taladro de banco modelo DPW5132 con brocas de 6, 8 y 10 mm. (ver figura 66)

Lijado: Se utilizaron lijas nº 80, 100, 100 y 180 en dos probetas de 10 mm de espesor, y una lijadora orbital de 5 pulgadas modelo DWE6421 de la marca DeWalt. (ver figura 67)

Fresado: Se utilizó una fresadora manual modelo M3700b de la marca Makita.



figura 66. Brocas utilizadas para
la perforación en pruebas de
mecanizado.



figura 67. Lijadora orbital DeWalt de
5 pulgadas utilizada en pruebas de
mecanizado.

figura 68. Cuadro de definición de grados. Elaboración propia a partir de ASTM D-1666.

Tipo de grado	Definición
1. Excelente	Probetas no presentan defectos y no tienen fibras levantadas
2. Muy bueno	Probetas que tienen entre un 10% y un 20% del área con fibra levantada
3. Bueno	Probetas que tienen entre un 20% y un 30% del área con fibra levantada
4. Malo	Probetas que tienen entre un 30% y un 40% del área con fibra levantada o que presenten grano desgranado
5. Muy malo	Probetas que tienen sobre un 40% del área con fibra levantada o que presenten grano desgranado sobre 30% del área

Los resultados de las probetas se presentan mediante un registro fotográfico y se evalúan los resultados mediante criterios de la norma en “grados” desde “excelente” a “muy malo”. (ver figura 68)



figura 69. Pruebas de moldeado. Elaboración propia.

2.2.2 PRUEBAS DE MOLDEADO

Se experimenta con la capacidad del material para adoptar diferentes morfologías utilizando moldes de MDF, silicona y PLA. Se seleccionan estas dos tipologías para poder comprobar la conformación morfológica del material de dos formas: con la utilización de prensado en una base rígida y mediante su inserción en un molde flexible sin aplicar presión. (ver figura 69 y 70)

2.2.3 PRUEBAS DE IMPRESIÓN CON LUZ SOLAR

Para comprobar que el material sigue reaccionando con la luz solar bajo la conformación con el adhesivo seleccionado, se realiza una experimentación con probetas de tamaños granulométricos distintos, las cuales son expuestas al sol con plantillas por un período de dos semanas. (ver figura 71 y 72)

Luego, con el objetivo de poder controlar la impresión en el material mediante la exposición solar y que pueda plasmarse con



figura 70. Pruebas de moldeado. Elaboración propia.



figura 71. Pruebas de impresión con luz solar a partir de stencils. Elaboración propia.

el paso del tiempo, se utiliza el producto Cerestain, protector de maderas de la marca Ceresita en color transparente. Se aplicó el protector sobre cuatro muestras cubiertas parcialmente por plantillas de cartón que son expuestas al sol por una duración de dos semanas también.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS CUALIDADES EXPRESIVO SENSORIALES DEL MATERIAL

2.3.1 CARACTERIZACIÓN EXPERIENCIAL (MDD)

Esta metodología, presentada en la revisión bibliográfica, consta de cuatro niveles: performativo (lo que le material nos hace hacer), sensorial (cómo evaluamos el material mediante nuestros sentidos), afectivo (lo que el material nos provoca) e interpretativo (las asociaciones de significado que vinculamos al material) (Kit Ma2E4).

En este proyecto, se llevaron a cabo tres niveles (sensorial, afectivo e interpretativo) mediante una encuesta digital, donde los encuestados pudieron responder de forma autónoma y relacionarse libremente con el material proporcionado.

La encuesta se llevó a cabo en dos grupos: el primero incluyó a estudiantes de diseño y diseñadores, y el segundo público general. En total se entrevistó a un total de 40 personas, de las cuales 22 respondieron de forma digital en el contexto de la exposición 'Diseño y Nuevas Materialidades' del Laboratorio de Materiales Biobasados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, y el resto fueron estudiantes de diseño y arquitectura de la Facultad, los cuales respondieron análogamente.

2.3.2 RESUMEN DE CARACTERIZACIÓN

Los datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta son representados gráficamente (ver figura 73) cuantificando las cualidades que presentan una mayor tendencia en el "nivel sensorial" y se identifican las emociones más respondidas en el "nivel afectivo". Por otro lado, para visualizar el "nivel interpretativo", se desarrolla un esquema de palabras rescatando las asociaciones de significado más recurrentes y recogiendo respuestas en formato libre que vislumbren una oportunidad de diseño mediante la identificación de conceptos y significados relevantes.



figura 72. Pruebas de de impresión con luz solar a partir de stencils. Elaboración propia.

figura 73. Mapa de caracterización experiencial. Elaboración propia.

MAPA DE CARACTERIZACIÓN EXPERIENCIAL

Esta encuesta busca contribuir a la comprensión de cómo las personas experimentan e interpretan los materiales.

Material **Género**

Edad **Ocupación**

1. Nivel sensorial - ¿Cómo describes al material?

	2	1	0	1	2		2	1	0	1	2	
suave	<input type="radio"/>	rugoso	<input type="radio"/>	flexible								
duro	<input type="radio"/>	blando	<input type="radio"/>	quebradizo								
mate	<input type="radio"/>	brillante	<input type="radio"/>	pesado								
no reflectante	<input type="radio"/>	reflectante	<input type="radio"/>	textura irregular								
frío	<input type="radio"/>	cálido	<input type="radio"/>	fibroso								
no elástico	<input type="radio"/>	elástico	<input type="radio"/>	colorido								
opaco	<input type="radio"/>	transparente	<input type="radio"/>	oloroso								

2. Nivel afectivo - ¿Qué emociones provoca el material?

Escoge 3 emociones de la lista y valóralas según nivel de agrado e intensidad.

3. Nivel interpretativo - ¿Qué significados tiene el material?

Escoge 3 significados de la lista, luego búscalos en el set de imágenes y elige 2 de las 3 imágenes que mejor se asocien a la palabra, no al material.

Significado 1

Imágenes

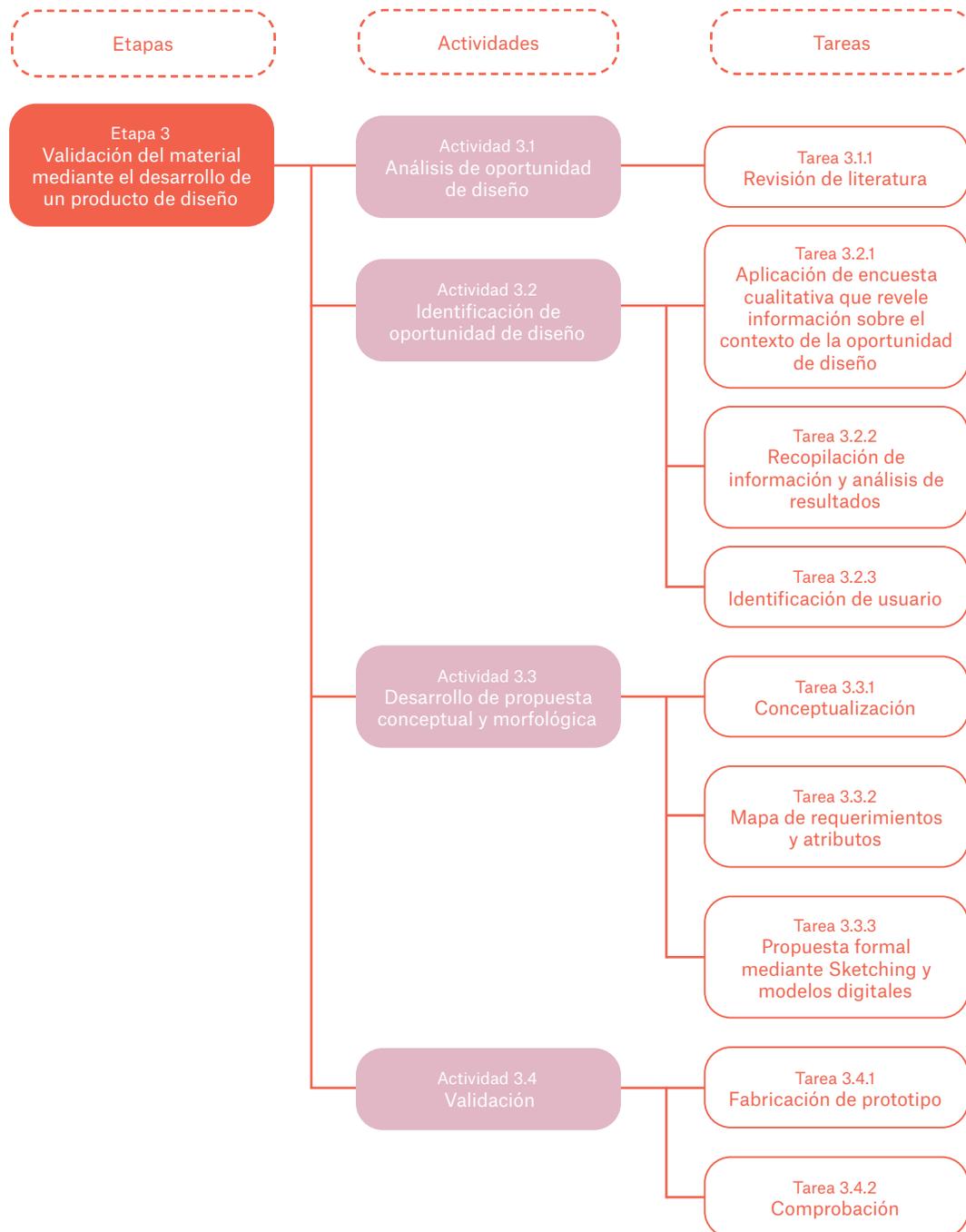
Significado 2

Imágenes

Significado 3

Imágenes

Voltea la hoja para responder las últimas preguntas →



ETAPA 3: VALIDACIÓN DEL MATERIAL MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE DISEÑO

En esta etapa, se procede al desarrollo de un producto que integre los resultados obtenidos de las etapas anteriores, valorizando las propiedades del material biobasado. El proceso de desarrollo del producto abarca una comprensión y análisis del contexto y oportunidad de aplicación asociadas al material, así como la fabricación de prototipos de validación que confieran una identidad y significado al material. (ver figura 74)

Página anterior. figura 74. Tabla metodológica de Etapa 3. Elaboración propia.

3.1 ANÁLISIS DE OPORTUNIDAD DE DISEÑO

3.1.1 REVISIÓN DE LITERATURA

Se realizó una revisión bibliográfica para analizar la oportunidad de diseño identificada durante la aplicación de la encuesta MDD. El objetivo de esta revisión es identificar las temáticas relevantes y limitaciones que envuelven el contexto de aplicación. Se busca comprender los diferentes aspectos y factores que influyen en la oportunidad identificada, incluyendo la necesidad de posibles usuarios y los referentes de aplicación existentes.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE UNA OPORTUNIDAD DE DISEÑO

Se busca realizar una encuesta utilizando la información previamente recopilada. El objetivo es obtener datos concretos y viables sobre el contexto de la oportunidad de diseño, con el fin de refinar e identificar una oportunidad de aplicación específica para el usuario. Estos resultados nos permitirán obtener los precedentes para el desarrollo de un producto utilizando el material desarrollado en el proyecto.

3.2.1 APLICACIÓN DE ENCUESTA CUALITATIVA QUE REVELE INFORMACIÓN SOBRE EL CONTEXTO DE LA OPORTUNIDAD DE DISEÑO

3.2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.3 DESARROLLO DE PROPUESTA CONCEPTUAL Y MORFOLÓGICA

3.3.1 CONCEPTUALIZACIÓN

Utilizando los significados extraídos de la encuesta de caracterización experiencial y la información recopilada en la encuesta aplicada, se crearon conceptos relacionados para establecer el concepto central que guiará los aspectos formales de la aplicación durante el proceso de diseño.

3.3.2 MAPA DE REQUERIMIENTOS Y ATRIBUTOS

Mediante una tabla de requerimientos y atributos del producto, se establecieron las decisiones que orientarán y determinarán los aspectos formales y de fabricación del mismo. Estas decisiones se basan en consideraciones relacionadas con la dimensión funcional, indicativa, sensorial, socio-cultural y económica.

3.3.3 PROPUESTA FORMAL MEDIANTE SKETCHING Y MODELOS DIGITALES

A través de bocetos se desarrollará la propuesta formal del producto, los cuales serán materializados posteriormente en un modelo digital y fotomontajes.

3.4 VALIDACIÓN

3.4.1 FABRICACIÓN

3.4.2 COMPROBACIÓN

Se lleva a cabo la fabricación del prototipo utilizando los procesos de conformación más adecuados para el material desarrollado. Una vez fabricado, se somete a una validación en uso, donde se pone a prueba con el usuario final para asegurar su funcionamiento y evaluar su interacción y percepción del producto.

Resultados

Cap. 6



figura 75. Mesh 18 (≥ 1 mm) 37%



figura 76. Mesh 35 ($\geq 0,5$ mm) 7,4%



figura 77. Mesh 50 (≥ 0.3 mm) 4,1 %

ETAPA 1: DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL MATERIAL BIOBASADO

1.1 DEFINICIÓN DE PROCESOS A UTILIZAR DURANTE LA PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

A continuación se presentan los resultados de los métodos señalados en el capítulo II:

Análisis granulométrico (ver figura 78)

La concentración de partículas se observa principalmente entre los tamices 10 y 18, específicamente en partículas de ≥ 2 mm y ≥ 1 mm. En esta exploración inicial, se decide trabajar con el tamaño de partículas obtenidas en el tamiz 18 debido a la mayor consistencia y simetría encontrada entre los granos.

Para el proyecto, se mantiene el interés de trabajar con partículas grandes ya que, por un lado sugiere un menor consumo energético debido a la utilización de menos procesos de molienda, lo cual supone también un menor gasto energético. Por otro lado, trabajar con partículas grandes ofrece la posibilidad de resaltar las distintas tonalidades del grano, lo cual puede resultar atractivo visualmente en el material. Sin embargo, el resto de los tamaños granulométricos no son descartados, ya que pueden ser utilizados para crear diferentes acabados superficiales en el material.

Tamiz (mesh)	Tamaño	Cantidad (g)	Porcentaje
10	≥ 2 mm	141	49,6 %
18	≥ 1 mm	112	37,3 %
35	$\geq 0,5$ mm	22,13	7,4 %
50	≥ 0.3 mm	12,3	4,1 %
100	≥ 0.15 mm	19	0,6 %

figura 78. Tabla de análisis granulométrico. Elaboración propia.



figura 79 y 80. Resultados de tamaños granulométricos. Elaboración propia.



Siguiente página. figura 81. Indicar nombre de tablas que faltan. Elaboración propia.

Siguiente página. figura 82. Indicar nombre de tablas que faltan. Elaboración propia.

EXPERIMENTACIÓN CON SMART BRICKS



CÓDIGO SM1

GRANULOMETRÍA
18

PORCENTAJE ADHESIVO
30%

COMPACTACIÓN ENTRE PARTICULAS
Alta

ROTURA EN MANIPULACIÓN
Rotura y desprendimiento nulo

ACABADO SUPERFICIAL
Acabado semi-brillante,
superficie plana y rugosa

PRESENCIA DE HONGOS
Sí



CÓDIGO SM2

GRANULOMETRÍA
35

PORCENTAJE ADHESIVO
35%

COMPACTACIÓN ENTRE PARTICULAS
Alta

ROTURA EN MANIPULACIÓN
Rotura y desprendimiento nulo

ACABADO SUPERFICIAL
Acabado semi-brillante,
superficie plana y rugosa

PRESENCIA DE HONGOS
Sí



CÓDIGO SM3

GRANULOMETRÍA
50

PORCENTAJE ADHESIVO
45%

COMPACTACIÓN ENTRE PARTICULAS
Alta

ROTURA EN MANIPULACIÓN
Rotura y desprendimiento nulo

ACABADO SUPERFICIAL
Acabado semi-brillante,
superficie plana y rugosa

PRESENCIA DE HONGOS
Sí

RECURSOS Y PROCESOS

Medio-Alto: Agua / Fuente de calor con elevado tiempo de uso / Deshidratadora o al menos 48 horas de secado al aire libre.

EXPERIMENTACIÓN CON BIOPOLIURETANO



CÓDIGO PU1

GRANULOMETRÍA
18

PORCENTAJE ADHESIVO
10%

COMPACTACIÓN ENTRE PARTICULAS
Alta

ROTURA EN MANIPULACIÓN
Rotura y desprendimiento nulo

ACABADO SUPERFICIAL
Acabado semi-brillante,
superficie plana y rugosa

PRESENCIA DE HONGOS
No



CÓDIGO PU2

GRANULOMETRÍA
35

PORCENTAJE ADHESIVO
15%

COMPACTACIÓN ENTRE PARTICULAS
Alta

ROTURA EN MANIPULACIÓN
Rotura y desprendimiento nulo

ACABADO SUPERFICIAL
Acabado semi-brillante,
bordes semi-definidos

PRESENCIA DE HONGOS
No



CÓDIGO PU3

GRANULOMETRÍA
50

PORCENTAJE ADHESIVO
20%

COMPACTACIÓN ENTRE PARTICULAS
Alta

ROTURA EN MANIPULACIÓN
Rotura y desprendimiento nulo

ACABADO SUPERFICIAL
Acabado mate, superficie lisa

PRESENCIA DE HONGOS
No

RECURSOS Y PROCESOS

Bajo: Componente A: Isocianato / Componente B: Polioli / Secado a temperatura ambiente.

1.2 EXPLORACIÓN Y SELECCIÓN DE AGLOMERANTES A TRABAJAR PARA EL DISEÑO DEL MATERIAL

1.2.1 PRODUCCIÓN Y EXPLORACIÓN DE MUESTRAS CON AGLOMERANTES PRESELECCIONADOS

Smart bricks
Biopoliuretano Kehl



figura 84 y 85. Aparición de hongos en probetas fabricadas con aglomerante Smartbricks. Elaboración propia.

Siguiente página. figura 86. Indicar nombre de tablas que faltan. Elaboración propia.

1.2.2 ELECCIÓN DE AGLOMERANTE MEDIANTE EVALUACIÓN CUALITATIVA DE MUESTRAS REALIZADAS.

A partir de la experimentación realizada, se exponen las observaciones realizadas y la elección final del adhesivo a utilizar en este proyecto:

Se descarta trabajar con Smartbricks principalmente debido a la cantidad de recursos necesarios para derretir el aglomerante e integrarlo de manera eficiente en una mezcla con el residuo. Aunque este enfoque ofrece buenos resultados en cuanto compactación de partículas, se evidencia que el tiempo necesario para derretir el adhesivo es considerable, superando los 20-30 minutos. Esto implica el uso de una fuente de calor constante, lo que aumenta los costos energéticos de electricidad o gas, además del consumo constante de agua para hidratar el aglomerante. También, es importante destacar que este aglomerante aún se encuentra en etapa de desarrollo y experimentación, y ha sido recientemente introducido en el mercado.

Por lo tanto, se decide elegir el biopoliuretano como matriz para el desarrollo del material. Este se selecciona debido a que el método y tiempo de conformación se mantienen constantes en todas las experimentaciones, con una fácil mezcla e integración con el residuo sin necesidad de agua o fuentes de energía externas. Además, es importante mencionar que las variaciones en la proporción de aglomerante en la mezcla oscilaron entre un 10% y un 20%, solamente en comparación con el aglomerante de Smartbricks que varió entre un 30% y un 45%. Esta consideración es relevante en términos de sustentabilidad del material, ya que un mayor porcentaje de utilización de residuos como refuerzo permitirá aprovechar mejor los recursos disponibles. Además, el tiempo de curado del biopoliuretano es de aproximadamente 20 minutos, lo que brinda suficiente tiempo para incluir la mezcla en los moldes correspondientes. Su tiempo de secado no superó las 24 horas y puede ser acelerado en 2 horas a 60°C en una estufa, mientras que con Smartbricks, el material tardaba hasta dos días en secar dentro del molde, además de presentar apariencia de hongos.

1.3 DEFINICIÓN DE PROPORCIÓN DE AGLOMERANTE Y CARGA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta experimentación

Adicionalmente se realizan experimentaciones de acabado superficial, utilizando un tamaño granulométrico de base de 18 mesh y una capa superior de una granulometría más fina (35 y 50 mesh)

A partir de los resultados obtenidos, se opta por enfocar el proyecto utilizando una granulometría principal de 1 mm. Esa selección se basa en dos motivos: en primer lugar, por el uso reducido de aglomerante en el material, requiriendo sólo un 10% en la proporción final, permitiendo una concentración del residuo de un 90%. Por otro lado, la posibilidad de exhibir una variada colorimetría del grano, lo cual podría tener un impacto positivo en la percepción del material.

Además, se observaron resultados favorables y atractivos al superponer granulometrías, lo que permitió generar distintos acabados superficiales en el material sin comprometer un mayor consumo energético durante el proceso de molienda del carozo.

En resumen, la elección de una granulometría principal de 1 mm se fundamenta en un menor uso de adhesivo y en la variedad de colores obtenida, mientras que la superposición de granulometrías más finas destaca como una técnica eficiente para generar acabados con texturas diversas, sin comprometer un mayor gasto energético en el proceso de conformación del material.



figura 88. Experimentaciones de acabado superficial. Elaboración propia.



figura 89. Probetas fabricadas con una granulometría superficial de 18, 35 y 50 mesh respectivamente. Elaboración propia.



figura 90. Probetas fabricadas con una granulometría superficial de 18, 35 y 50 mesh respectivamente. Elaboración propia.

ETAPA 2: CARACTERIZAR EL MATERIAL A PARTIR DE SUS PROPIEDADES TÉCNICAS, CUALIDADES EXPRESIVO SENSORIALES Y SUS ASOCIACIONES DE SIGNIFICADO

2.1 CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL BIOBASADO A PARTIR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Para la comparación de los resultados obtenidos en esta actividad, se le asignará al material el código C90P10

2.1.1 DENSIDAD

La densidad del material C90P10 es de 1,119 g/cm³. En la tabla x se realiza una comparación entre la densidad de este material y los materiales biobasados desarrollados por Muñoz (2019) a base de cáscara de durazno y por Bustamante (2020) a base de cáscara de nuez. Ambos proyectos también emplean poliuretano biobasado como adhesivo en una proporción de 10% frente a una carga de 90%.

Mediante la observación de los resultados, se puede inferir que C90P10 tiene una densidad significativamente mayor en comparación a los otros dos materiales (entre un 30% y 40% mayor). Sin embargo, esto puede deberse principalmente a que las granulometrías utilizadas en los materiales basados en carozo de durazno y cáscara de nuez, son de un tamaño granulométrico mayor, lo que influye en la obtención de un resultado de menor densidad en los materiales mencionados. Además, cabe mencionar que estos materiales poseen densidades muy similares debido posiblemente a esta similitud en las granulometrías empleadas. (ver figura 91)

2.1.2 ABSORCIÓN DE AGUA E HINCHAMIENTO

A continuación, se presentan los resultados de absorción e hinchamiento de las muestras sometidas a inmersión cuando cumplieron 2 horas y 24 horas. (ver figura 92 y 93)

Según se observa en las tablas y el gráfico, se puede inferir que el material muestra una alta capacidad de absorción de agua, alcanzando un promedio del 44,6% después de un periodo de inmersión de 24 horas. No obstante, a pesar de esta alta absorción, el hinchamiento del material sólo experimentó un aumento del 10,9% al finalizar dicho periodo.

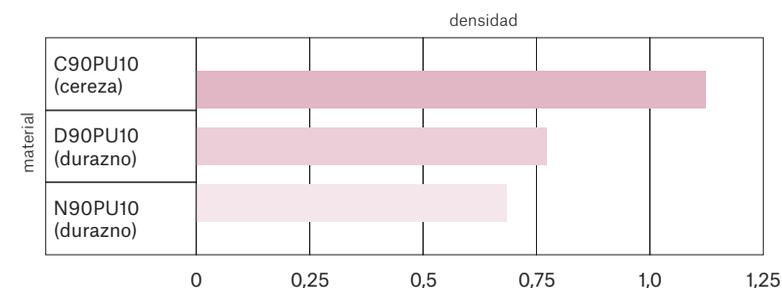


figura 91. Tabla comparativa de densidad. Elaboración propia.

2 horas		
Muestras	% Absorción	Hinchamiento
AH01	39,5%	9%
AH02	33,8%	8,3%
AH03	38,1%	10%
AH04	37,6%	10%
AH05	37,9%	9%
Promedio	37,4%	9,3%

figura 92. Tabla de absorción e hinchamiento en un rango de 2 horas. Elaboración propia.

24 horas		
Muestras	% Absorción	Hinchamiento
AH01	43,7%	9%
AH02	46,9%	8,3%
AH03	45,7%	18%
AH04	41,4%	10%
AH05	45,1%	9%
Promedio	44,6%	10,9%

figura 93. Tabla de absorción e hinchamiento en un rango de 24 horas. Elaboración propia.

Probeta	Espesor (mm)	Ancho (mm)	P (carga máxima)	Módulo de Young	MOR
1	7,7	0	-6,362	45,567	0,5453
2	7,49	0	5,812	54,965	0,505
3	7,41	0	3,638	31,419	0,3229
5	7,68	0	5,034	51,894	0,416
7	7,71	0	3,893	36,251	0,319
9	7,51	0	4,537	32,418	0,294
10	7,83	0	3,409	47,452	0,271
			Promedio (MPa)	419,93	3,724

figura 94. Tabla con resultados de ensayos de flexión. Elaboración propia.

A partir de estos resultados, se deduce que, aunque el material en esta granulometría no es adecuado para un contacto prolongado con líquidos o humedad, el impacto en su forma es mínimo, evidenciando una escasa deformación. A partir de lo anterior, puede inferirse que el agua se concentra en las cavidades internas del material, en los espacios entre las partículas. Además, es relevante destacar que no se encontraron restos de partículas ni despedazamiento de las probetas en el agua donde se mantuvieron sumergidas.

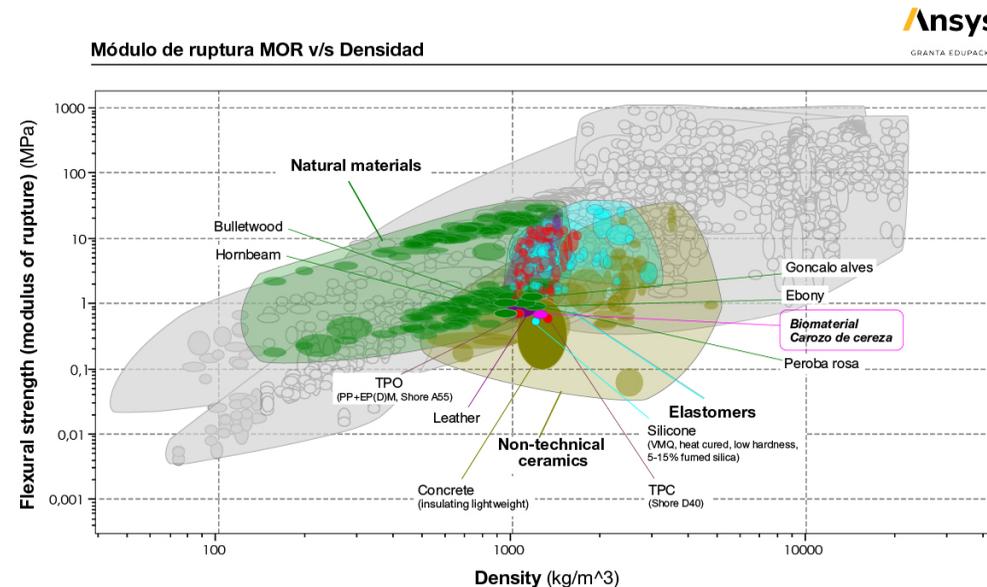
2.1.3 FLEXIÓN

Los resultados de las probetas sometidas a este ensayo se exponen en la siguiente tabla (ver figura 94)

Utilizando los resultados del ensayo físico de densidad y el ensayo mecánico de flexión, se procede a un análisis a través del software Granta EduPack (2021). Este análisis permite situar el biomaterial de carozo de cereza en el contexto de diferentes universos de materiales, identificando qué materiales existentes poseen propiedades físico-mecánicas similares. De esta manera, se obtiene una comprensión más clara de cómo se comparan las propiedades físico-mecánicas del biomaterial con otros materiales ya conocidos.

Siguiente página. figura 95. Diagrama Módulo de ruptura MOR versus Densidad. Elaboración propia mediante software Granta EduPack.

Siguiente página. figura 96. Tabla comparativa de densidad y Módulo de ruptura similares a Biomaterial de carozo de cereza. Base de datos software Granta EduPack.



Mundo de Materiales		Ancho (mm)	Densidad (kg/m³)	MOR (Mpa)
Materiales Naturales	Tejido	Cuero	922	4,24
	Maderas	Ébano	1114	3,78
		Goncalo alves	1114	5,72
		Palo rosa (Peroba rosa)	900	4,18
		Carpe (hornbeam tree)	890	2,88
		Níspero (Bullet wood)	751	3,53
Compuestos		Biomaterial de carozo de cereza	1119	3,74
Poliméros	Elastómeros	Silicona	1060	2,75
Cerámica (no técnica)		Hormigón aislante ligero	1200	1,22

En el primer análisis se ingresan al software la comparativa de datos del ensayo físico: densidad, en eje x, y del ensayo mecánico de flexión: Módulo de ruptura (MOR) en eje y. Se observa en el diagrama de burbujas que el biomaterial se posiciona entre los universos de Materiales naturales, Cerámicas no-técnicas y de manera más apartada, de Elastómeros. (ver figura 95)

Se registra en la tabla (ver figura 96) los materiales más cercanos al biomaterial arrojados en el diagrama, con un rango de densidad y módulo de ruptura similar, para realizar la comparativa, se identifican los mundos y submundos de cada uno de estos materiales, los nombres de estos materiales, y se ingresan sus datos de densidad y módulo de ruptura respectivamente.

Se identifica que el biomaterial se asemeja a materiales que se encuentran en el mundo de Materiales Naturales, entre estos están las madera de mediana densidad: Ébano y Níspero, la cercanía de las propiedades del biomaterial a este mundo, tiene relación ya que el carozo de cereza contiene material natural lignocelulósico y el biomaterial tiene un 90% de carozo en su composición.

Los otros mundos de materiales que se encuentran cercanos en relación a densidad y MOR, son la cerámica no-técnica, con el hormigón ligero y el mundo de los polímeros, elastómeros termoestables, con la silicona.

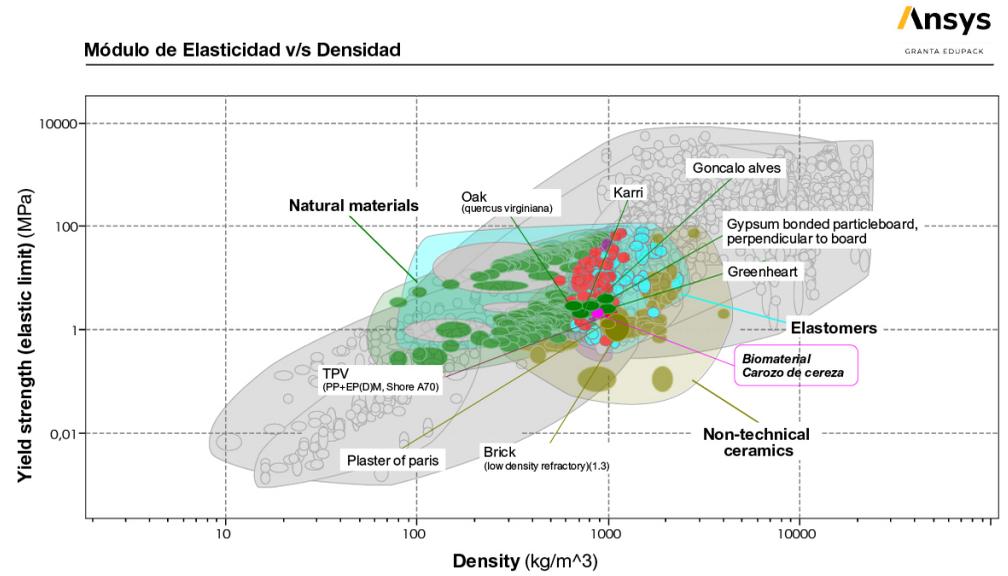
En el segundo análisis se ingresan al software los datos del ensayo de flexión: Módulo de Elasticidad (MOE) en eje x,y Módulo de ruptura (MOR) en eje y. Se observa en el diagrama de burbujas que el biomaterial se posiciona entre los universos de Materiales naturales, cerámica no-técnica y Espumas. (ver figura 97)

Se registran en la segunda tabla (ver figura 98) los materiales más cercanos al biomaterial arrojados en el diagrama, con un rango de relación de módulo de ruptura y módulo de elasticidad similar, para realizar la comparativa, se identifican los mundos y submundos de cada uno de estos materiales, los nombres de estos materiales, y se ingresan sus datos de MOE y MOR.

Se identifica que los materiales más cercanos se encuentran en el mundo de materiales naturales, entre estos están las madera de baja y mediana densidad: el pino, de la especie pinus monticola y el álamo.

Siguiente página. figura 97. Diagrama Módulo de elasticidad MOE versus Densidad. Elaboración propia mediante software Granta Edupack.

Siguiente página. figura 98. Tabla comparativa de Módulo de ruptura y Módulo de elasticidad similares a Biomaterial de carozo de cereza. Base de datos software Granta EduPack.



Mundo de Materiales	Ancho (mm)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)	
Materiales Naturales	Tejido	Cuero	3,16	4,24
	Maderas transversales de baja y mediana densidad	Pino (Pinus Monticola)	3,23	3,33
		Magnolia Acuminata	3,88	4,53
		Birch (Betula Papyrifera)	4,13	4,23
		Álamo (aspen)	3,09	3,13
Compuestos	Biomaterial de carozo de cereza	4,19	3,74	
Espumas	PVC cross-linked foam	3,40	4,46	
Cerámica (no técnica)	Superficie de cemento	3,39	4,03	
	Cemento de alta luminosidad	3,53	3,10	
	Baldosas de cerámica	4,23	4,24	

Se concluye que a pesar que sus propiedades de flexión son similares a algunas cerámicas-no técnicas, como la superficie de cemento y las baldosas de cerámica, también ingresa al mundo de materiales de las espumas, como la espuma reticulada de PVC.

En relación a los biomateriales desarrollados en el Biolab FAU, estos tienen similitudes en el origen del residuo, siendo materiales naturales, lignocelulósicos, trabajados con granulometrías, porcentajes de residuo y aglomerante similares. (ver figura 99)

Se identifica en sus propiedades físicas, que el biomaterial de carozo de cereza tiene mayor hinchamiento que los otros biomateriales señalados, además se observa un acercamiento en el porcentaje de absorción de agua con el biomaterial de cáscara de nuez, de Dominique Bustamante, de 42,79% en relación al de carozo de cereza, de 44,64%. Respecto a su densidad, es de alto porcentaje (1,119%) junto al biomaterial de carozo de durazno, de Josefina Molina (1,205%).

Se identifica en su ensayo de flexión, que el módulo de ruptura es igual al biomaterial de carozo de durazno, de Lorena Muñoz, con 3,74 MPa, por otra parte, el módulo de elasticidad varía considerablemente entre el rango de 0,3-5 GPa entre todos los biomateriales seleccionados. SE aprecia que el biomaterial de carozo de cereza presenta un nivel alto de Módulo de elasticidad en comparación a los otros biomateriales.

Siguiente página. figura 99. Tabla comparativa de propiedades físicas y mecánicas de flexión de biomateriales desarrollados en el Biolab FAU (Laboratorio de Materiales Biobasados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile), e investigación de PhD de Andrea Wechsler. Elaboración Propia.

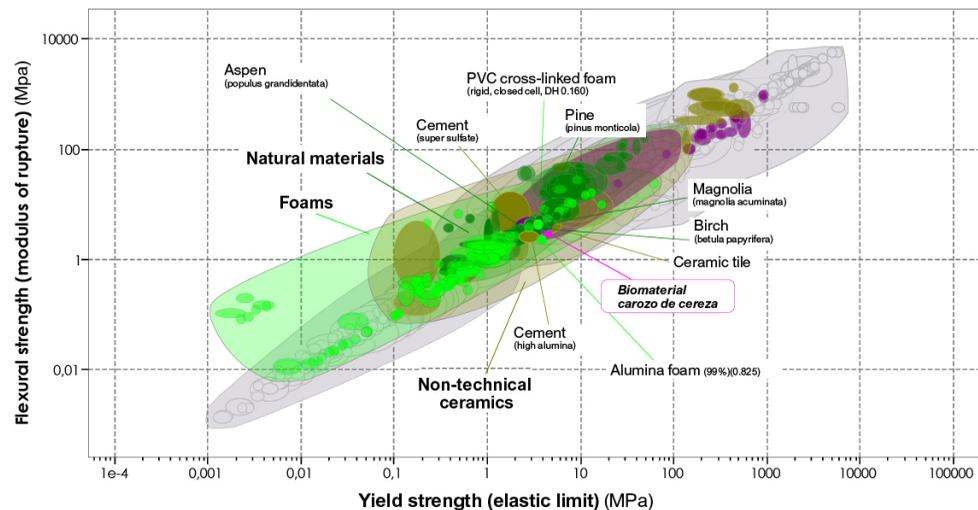
Subsiguiente página. figura 100. TDiagrama Módulo de elasticidad MOE versus densidad. Elaboración propia mediante software Granta Edupack.

Subsiguiente página. figura 101. Tabla comparativa de Densidad y Módulo de elasticidad similares a Biomaterial de carozo de cereza. Base de datos software Granta EduPack.

Autor	Residuo	Aglomerante	Ensayos físicos				Ensayos de flexión	
			Hinchamiento (%)	Absorción de agua (%)	Contenido de humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Módulo de ruptura MOR (MPa)	Módulo de elasticidad MOE (GPa)
Daniella Parodi	Cáscara de nuez (60%)	PVAc (40%)	Se desintegra	29,2%	-	0,6 - 0,8	-	3,54 GPa
Lorena Muñoz	Carozo de durazno (90%)	Poliuretano basado en aceite de ricino (10%)	5.57%	30,57%	3,63%	0,77	3,74 MPa	0,31 GPa
Dominique Bustamante	Cáscara de nuez (90%)	Poliuretano (10%)	6.96%	42,79%	4,16%	0,68	4,2 MPa	5,3 GPa
Josefa Molina	Carozo de durazno (60%)	Polipropileno (40%)	5.06%	4,22%	1,42%	1,205	14,71 +/- 0,8625 MPa	2,6 GPa
Sofía Aceituno	Carozo de cereza (90%)	Poliuretano basado en aceite de ricino (10%)	9.23%	44,64%	5,25%	1,119	3,742 MPa	4,2 GPa
Andrea Wechsler	Cápsulas macadamia	-	5,30%	4,40%	3,40%	1,022	19,4 MPa	1,9 GPa
	Cápsulas de eucaliptus	-	7,00%	6,60%	2,80%	1,053	27,7 MPa	2,0 GPa
	Conos de pino	-	1,00%	11,90%	3,60%	1,119	24,1 MPa	1,6 GPa



Módulo de ruptura MOR v/s Módulo de Elasticidad (MOE)



2.2 CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DEL MATERIAL BIOBASADO A PARTIR DE SU TRABAJABILIDAD, MECANIZADO Y COMPORTAMIENTO CON AGENTES EXTERNOS

2.2.1 ENSAYOS DE MECANIZADO

Perforación

La perforación se logra realizar sin problemas. El material presenta un leve desgranado y genera virutas en forma de partículas. Se clasifica en grado 2: muy bueno.

Lijado

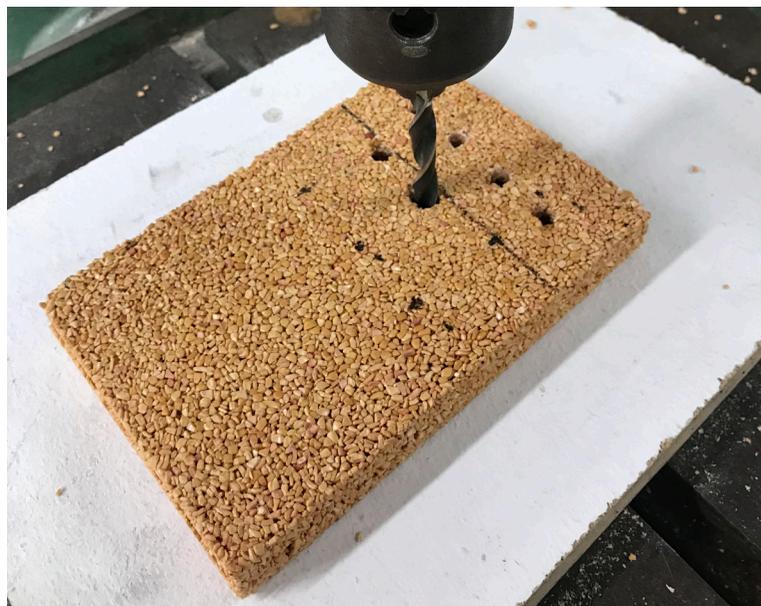
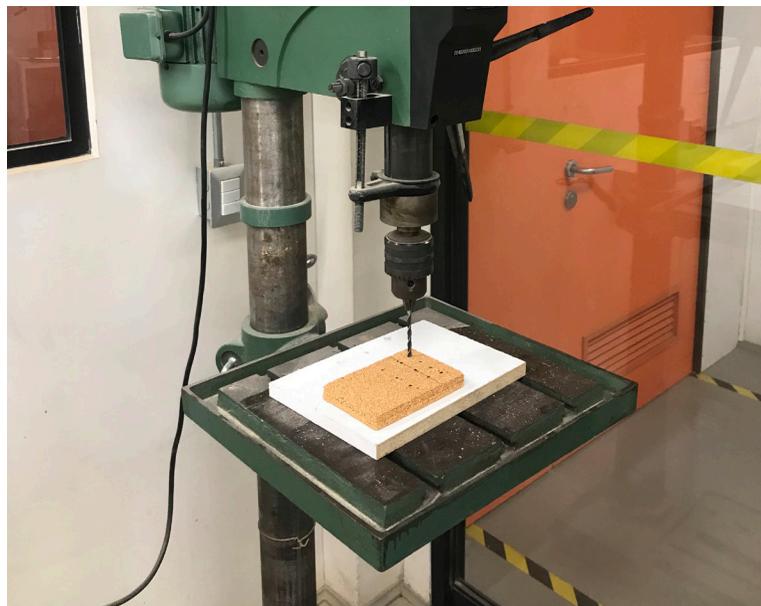
A continuación, se presentan fotografías de las experimentaciones de lijado del material luego de la utilización de lijas de 100, 150 y 180 en la probeta. Se observan muy buenos resultados, se clasifican en grado 1: excelente.

Fresado

La utilización de una fresadora manual sobre el material pudo ejecutarse sin problemas. Se otorga una puntuación de 2: muy bueno ya que si se pudo observar un leve desgrane del material durante el procedimiento.

Mundo de Materiales		Ancho (mm)	Densidad (kg/m ³)	MOE (Mpa)
Materiales Naturales	Tejido	Cuero	922	3,16
	Maderas transversales de mediana y alta densidad	Oak (quercus virginiana)	980	3,79
		Goncalo Alves	1030	3,43
		greenheart	1070	4,18
		Karri	1010	4,15
		Wallaba	960	3,91
Compuestos		Biomaterial de carozo de cereza	1119	3,74
		Gypsum particle board	1114	5,58
Polímeros	Elastómeros	TPV Termoplastic vulcanizate	960	4,00
Cerámica (no técnica)		Brick (low density refractory)	1300	2,20
		Plaster of paris	1400	2,12

figuras 103 y 104. Ensayo de mecanizado a partir de la perforación del material. Elaboración propia.



figuras 105 y 106. Ensayo de mecanizado a partir del lijado del material. Elaboración propia.



figuras 107 y 108. Ensayo de mecanizado a partir del fresado del material. Elaboración propia.



Experimentaciones de impresión con luz solar

Se presenta un registro fotográfico de la exposición del material al sol con uso de plantillas para imprimir un diseño natural. Las experimentaciones con protector Uv revelan que efectivamente protegieron al material de forma leve frente a este estímulo lumínico, lo que abre la posibilidad de controlar un cambio de color con tiempo y exposición solar. A su vez, la utilización de una granulometría más fina, permite un mayor detalle en la impresión, sin embargo no se descarta su utilización en granulometrías más grandes con una escala de impresión mayor. Se rescata este procedimiento en el material como una cualidad importante que permitiría generar asociaciones de significado en el material y la generación de valor en él, además la impresión mediante la utilización de un recurso natural es un provecho muy significativo en la creación de un material sustentable.

Moldeado

En esta actividad se utilizan moldes de silicona y madera. Si bien ambos procedimientos generan buenos resultados, se rescata la utilización de moldes de madera por la posibilidad de ser prensados y poder otorgar más estructura y resistencia al material, además de ser un medio más económico para la fabricación de moldes. El material presenta una gran capacidad de moldeado y facilidad para poder desprenderse del molde sin la necesidad de la utilización de otros productos como desmoldante. Esto sugiere que es posible pensar en una semi-industrialización de ciertos procesos brindando un amplio abanico de posibilidades de morfologías generadas por moldes.

figuras 109 y 110. Experimentación de impresión con luz sobre el material. Elaboración propia.



figuras 111 y 112. Experimentación de moldeado a partir del material. Elaboración propia.











figura 116. Montaje de encuestas de caracterización en exposición 'Diseño y Nuevas Materialidades' en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Elaboración propia.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS CUALIDADES EXPRESIVO SENSORIALES DEL MATERIAL

2.3.1 CARACTERIZACIÓN EXPERIENCIAL (MDD)

Durante la aplicación de la encuesta desarrollada a partir del kit Ma2E4 se entrevistó a un total de 40 personas, con edades comprendidas entre los 21 y 51 años. A continuación se presentan los resultados relevantes obtenidos en este procedimiento.

- Nivel Sensorial - ¿Cómo describes al material?
- Nivel Afectivo - ¿Qué emociones provoca el material?
- Nivel interpretativo - ¿Qué significados tiene el material?

→ Reflexiones de los encuestados

¿Cuál es la característica más agradable?

"las tonalidades del material"

"el color"

"la visibilidad del grano"

¿Cuál es la característica más perturbadora?

"Los bordes"

"Las esquinas pronunciadas, se siente como si se fuera a desgranar el material"

"sensación de que puede romperse"

¿Cuál es la característica más única del material?

"la diferentes tonalidades en los granos"

"la visibilidad de los diferentes granos, como un mosaico"

"su olor maderoso"

"Su color"

2.3.2 RESUMEN CARACTERIZACIÓN

→ Conclusiones de los resultados

En el Nivel Sensorial (figura x), se observa que las características con mayor tendencia son rugoso, duro, cálido, opaco y colorido, características que fueron esperables en función de la apariencia del material.



figuras 117. Aplicación de encuestas de caracterización en exposición 'Diseño y Nuevas Materialidades' en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Elaboración propia.



figura 118. Montaje de encuestas de caracterización en exposición 'Diseño y Nuevas Materialidades' en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Elaboración propia.

figura 119. Encuesta de caracterización aplicada a estudiantes de Taller VII de Diseño FAU. Elaboración propia.



figura 120. Encuesta de caracterización aplicada a estudiantes de Taller VII de Diseño FAU. Elaboración propia.



Por otro lado, en el Nivel Afectivo (figura x), las emociones predominantes fueron duda, serenidad, confianza y atracción. Des estas, las últimas tres se encuentran en el nivel de agrado, siendo "atracción" la emoción que destaca con el nivel de agrado más alto. En cuanto a la emoción de "duda", se evaluó con un nivel de agrado-desagrado neutral pero con una intensidad considerable, este resultado es coherente dado que el material era desconocido para los encuestados.

En cuanto a los significados atribuidos al material en el "Nivel Interpretativo", se aprecia que los tres significados que obtuvieron una mayor tendencia fueron "natural", "acogedor" y "hecho a mano". Estos resultados concuerdan con las características del material, como su olor, apariencia, textura y color, que se perciben como únicos y agradables en las respuestas de las preguntas realizadas al final de la encuesta.

2.3.3 IDENTIFICACIÓN DE CONCEPTOS Y SIGNIFICADOS RELEVANTES.

Durante la experiencia de la encuesta, se presentó una situación inesperada en las conversaciones espontáneas con los encuestados, que no guardaban relación con las preguntas planteadas en la encuesta original. En este contexto, los participantes comenzaron a ofrecer libremente ideas y asociaciones sobre el material y sus posibles aplicaciones en diseño. Se observó que, al igual que con otros materiales biobasados, se mencionaron aplicaciones potenciales, como maceteros, mobiliario y luminarias, opciones que ya se habían explorado en el diseño con biomateriales en numerosas ocasiones.

Sin embargo, de forma sorprendente, se recibieron comentarios que destacaron la similitud y la asociación del material con elementos y productos destinados a gatos. Esta conexión particular captó la atención de la investigación, aunque no fue la asociación más recurrente en las respuestas de los usuarios en relación al material. A pesar de ello, se decidió considerar esta asociación como un punto de partida innovador para el proceso de diseño de un producto que utilice el material.

Dado este giro inesperado y singular, se optó por aprovechar esta conexión en el diseño de un producto orientado a mascotas, en este caso, específicamente diseñado para gatos.

ETAPA 3: VALIDACIÓN DEL MATERIAL MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE DISEÑO

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante las tareas de esta etapa, se expone el proceso y las herramientas utilizadas durante el proceso de diseño de producto y se presenta la propuesta morfológica final.

3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: DISEÑO PARA GATOS DOMÉSTICOS

Después de identificar una oportunidad de diseño para el material desarrollado, se procede a llevar a cabo una revisión bibliográfica sobre el contexto de esta temática. El objetivo de esta revisión es analizar las características principales relacionadas con el tema e identificar los puntos clave que deben considerarse en el diseño de un producto para gatos domésticos.

3.1.2 MASCOTAS EN CHILE

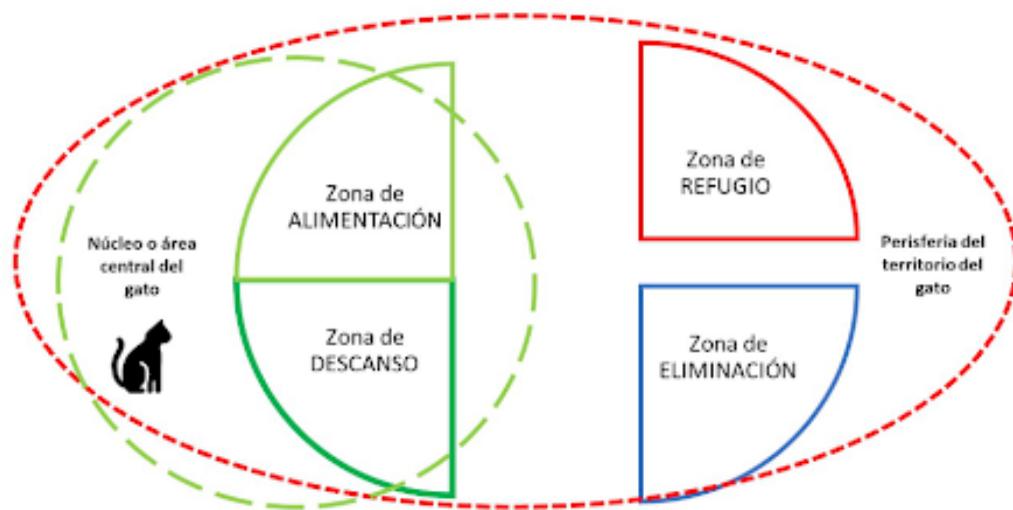
En diciembre de 2021, la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Católica llevó a cabo un estudio pionero sobre la tenencia de mascotas en Chile. Este estudio abarcó un total de 17,458 hogares en 35 comunas, con la colaboración de funcionarios municipales y delegaciones presidenciales, y reveló que en el país existen un total de 12 millones de perros y gatos con dueños, mientras que 4 millones de estos animales carecen de supervisión. Los resultados indicaron que de estos animales 4,171,029 son gatos y el 86% de ellos residen en entornos urbanos. (Gob.cl, 2022).

Junto a estas cifras, el estudio resalta otro aspecto fundamental relacionado a la tenencia de mascotas. Un 89,1% de los dueños afirman que una de las principales razones para tener una mascota es la compañía, y un 92,1% considera a sus mascotas como miembros de la familia y fuente de felicidad.

La ley 21.020, establecida el 12 de febrero de 2019, impone la obligación de registrar gatos y perros en el Registro Nacional de Mascotas, administrado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (Subdere). En 2021, este registro alcanzó un total de 1,529,576 mascotas inscritas en todo el país, de las cuales 1,218,182 son perros y 311,394 son gatos. La Región Metropolitana lidera en número de inscripciones, seguida por Valparaíso, Biobío, Maule, O'Higgins y La Araucanía (Subdere, 2021).

La encuesta "El Chile que Viene", realizada en 2022 a chilenos mayores de 14 años, abarcando distintos segmentos socioeconómicos y regiones, reveló que el 86% de los entrevistados tiene al menos una mascota, un aumento de 13 puntos respecto al 2019, lo que se traduce en que 8 de cada 10 chilenos tiene al menos una mascota. El número promedio de mascotas aumentó de 2,3 en 2019 a 2,7 en 2022, siguiendo una tendencia similar de algunas sociedades europeas que tienen más mascotas que niños menores de 15 años.

Si bien, los resultados de esta encuesta indicaron que las mascotas más comunes en los hogares chilenos son los perros (79%), se reveló que la tenencia de gatos está en aumento (un aumento de 10 puntos porcentuales) siendo particularmente preferidos por las generaciones más jóvenes, como la Generación Z, donde un 60% de los encuestados tienen gatos como mascotas. (Cadem, 2022)



Mascotas de compañía

Durante la pandemia de COVID-19 se generó un impacto significativo en la tenencia de mascotas en Chile, con un aumento de casi un 50% las adopciones de mascotas, debido a la crisis sanitaria, la soledad y el tiempo libre que generó el confinamiento. Esto estuvo acompañado con un impacto en el mercado de productos para mascotas, el cual tuvo un aumento de un 50% en las ventas online de productos para perros y gatos durante la cuarentena, generando un mayor interés en el desarrollo de productos de esta área. Sin embargo, una vez que las restricciones disminuyeron y como consecuencia de la nueva normalidad, se observó un incremento en los abandonos de animales, resaltando la importancia y la necesidad de promover la tenencia responsable y el bienestar animal (Dibarrat & Rojas, 2021)

Un estudio realizado en Argentina por Mangas y Ferrari durante el año 2021 revela la importancia de la relación humano-gato en su impacto en el bienestar del animal. Este resulta especialmente interesante para el proyecto ya que plantea el término de “familias interespecie”, término que visualiza la importancia de otorgar un ambiente físico y social adecuado para las mascotas para su apropiada inclusión y salud en el hogar, permitiendo una adecuada satisfacción de sus necesidades comportamentales.

Mangas y Ferrari (2021) plantean la importancia de las áreas preferidas de los gatos domésticos donde pasan significativamente más tiempo, Beaver (2003) propone que cada gato tiene un área central que defiende de individuos no familiares y utiliza para el descanso (área central o núcleo), un área para alimentarse (sector de alimentación), eliminar (área de eliminación o periférica) y refugiarse (área segura). Identificar y visualizar estos espacios permite una adecuada aplicación de diseño para el animal.

(Página anterior) figura 121.
Esquema de distribución de áreas
en el hogar

Diseño para animales de compañía

Başak y Altuncu (2022) subrayan la importancia de extender el diseño de espacios interiores para incluir y acomodar a las mascotas, especialmente en las áreas comunes de convivencia. Esto implica la reorganización de espacios y la inclusión de elementos que mejoren la comodidad y la armonía del entorno, promoviendo el bienestar de las mascotas y su inclusión en la vida cotidiana. Además, se ha observado que los consumidores con mascotas muestran un comportamiento de consumo más sostenible en comparación con aquellos sin mascotas, lo que indica que tener una mascota promueve la sensibilidad hacia el consumo sostenible y la conciencia

figura 122. Refugio para gatos, Formation Association con Edgar Arceneaux (2014)



figura 123. Casa para gatos, HOK (2014)



figura 123. Chalet para gatos, space international (2014)



figura 125. Catissa, Mojorno (2012)

ambiental (Özden, 2022). Esta relación entre las mascotas y el consumo sostenible ofrece una oportunidad para la integración de productos elaborados con materiales sostenibles en un entorno de consumo donde la sensibilidad a la sostenibilidad es alta.

3.3 Desarrollo de propuesta conceptual y morfológica

A partir de lo expuesto anteriormente, se propone desarrollar un habitáculo para gatos de interior. Se escoge como concepto central de diseño, resguardando el “refugio” como palabra central que articula la propuesta de diseño:

“Habitáculo para gatos de interior que provee un refugio para una interacción resguardada para el animal, donde el uso del producto proyecta su presencia dejando una huella en el hogar”.

3.3.2 Mapa de requerimientos y atributos

A continuación, se presenta un mapa de requerimiento y atributos que permitirá guiar el proceso de ideación y morfología de producto aplicando el concepto central.

(Página siguiente) figura 125. Tabla de requerimientos y atributos.

Requerimientos				
Funcional	Indicativa	Sensorial	Sociocultural	Económica
Tamaño mínimo para resguardo del animal ¿cuál es?	Fácil armado (intuitivo)	Textura no intimidante (tanto para dueños como para el animal) Texturas indicativas (?)	Captación a partir del enfoque sustentable	Utilización de bio residuos
Interior confortable	Lenguaje morfológico acorde al concepto	Cambio de color/apariencia	Usuarios con gatos indoor	Que no supere los 100 mil
Resistente a peso/movimiento del animal	Claridad en su función	Sensación de Resistencia	Criterios de sustentabilidad	Competencia con madera nativa
Armable para su transporte	Que indique su biomaterialidad	Acabados que no interfieran percepción de material		Comparativa de productos para gatos
Limpieza		Percepción de biomaterial (morfología irregular)		
Atributos				
Tamaño aproximado de 400 x 400 mm	Marcas o texturas que indiquen unión/armado de las piezas	Material mecanizado para lograr una textura agradable (no rasposa) Uso de acabado con protección UV que controle el cambio de color	Uso de biomaterial (residuo nacional)	
Grosor mínimo 100 mm	Uso de curvas y biomorfismo	Uso de terminaciones curvas y bordes pulidos (eliminación de sensación de desgrane)	Destinados a usuarios sensibles al consumo sostenible	Uso de 80%-90% de residuo en el producto
Conformado por más de una pieza	Inscripción de nombre del material y uso de los recursos	Acabados incoloros mate/semi mate que no interfieran en su olor drásticamente	#crueltyfree	

3.3.3. PROPUESTA FORMAL MEDIANTE SKETCHING Y MODELOS DIGITALES

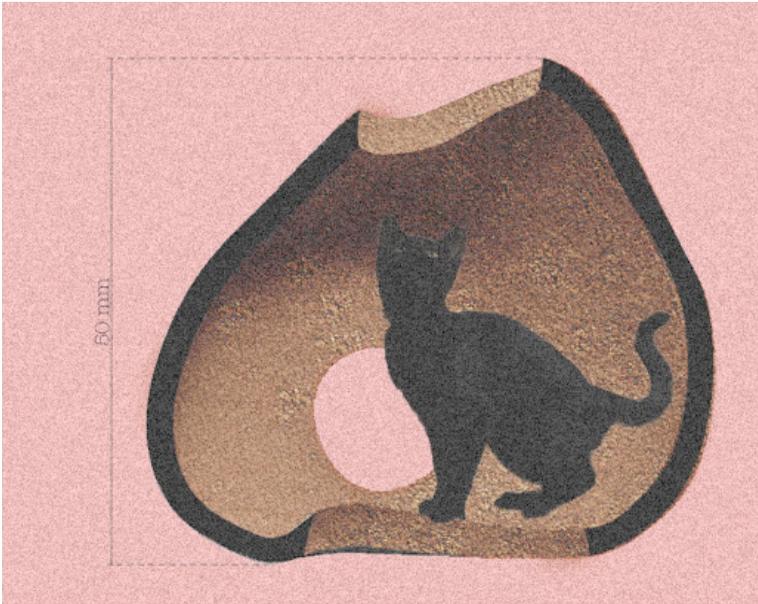


figura 126, 127 y 128. Propuesta formal mediante Sketching y modelos digitales



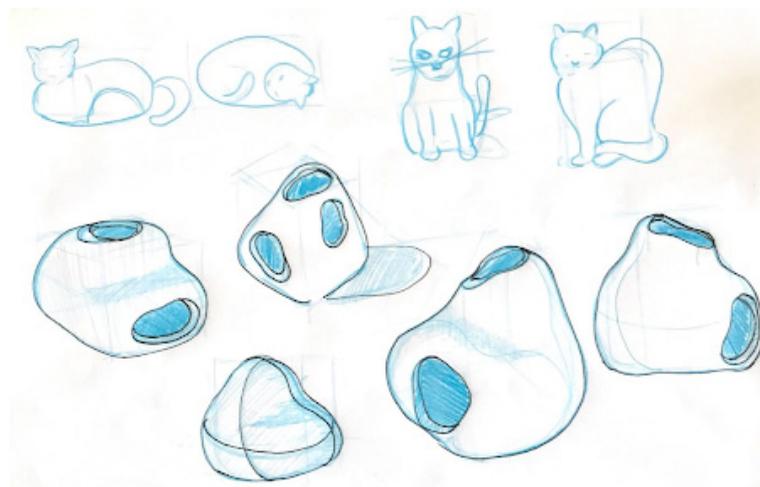
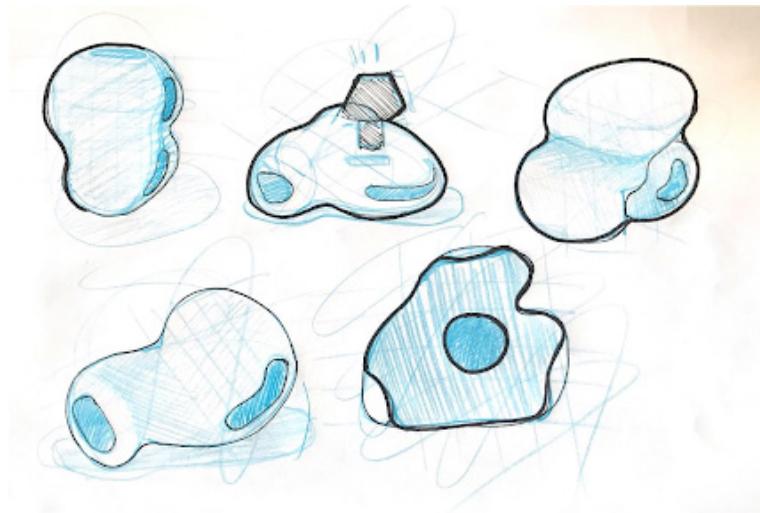
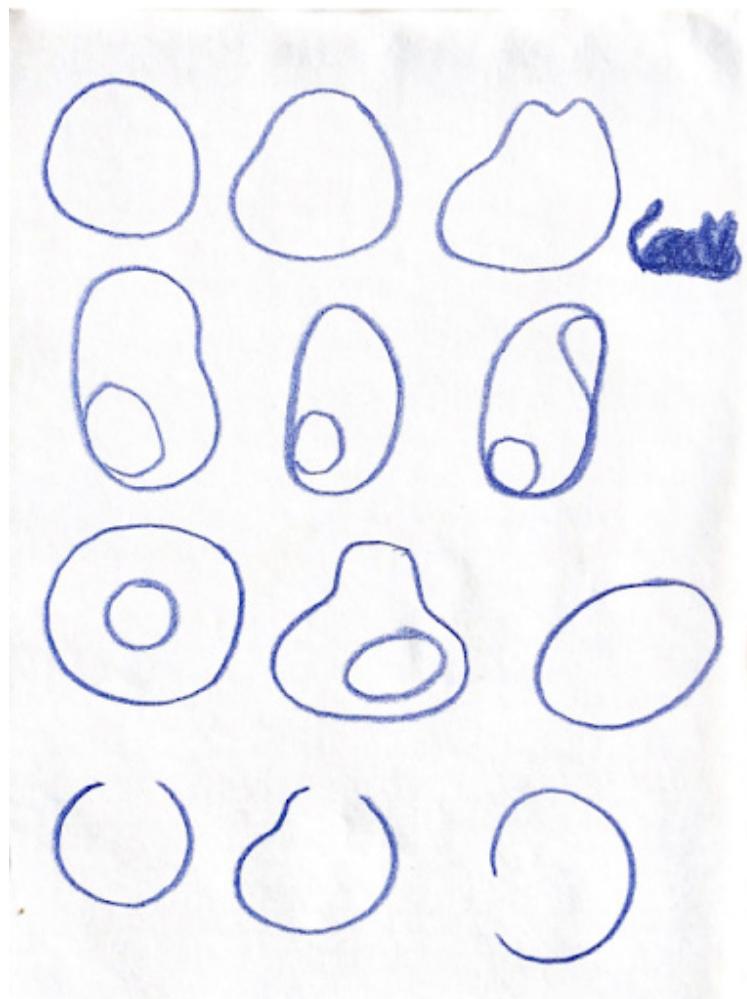


figura 129, 130 y 131. Primeros acercamientos morfológicos mediante sketching.

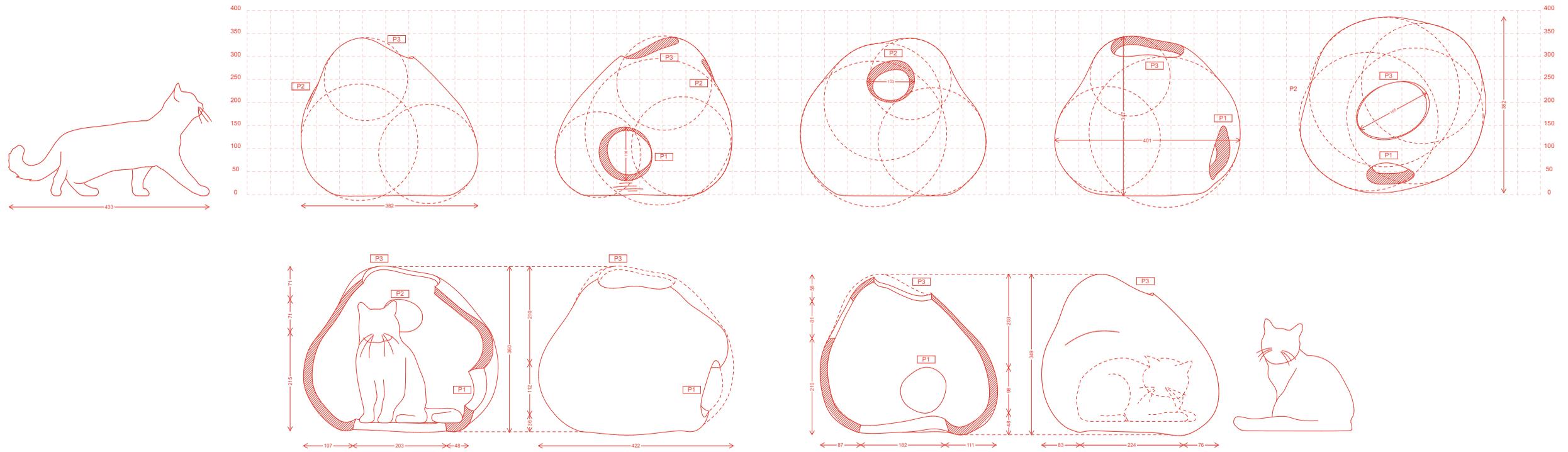


figura 132. Planimetría con medidas generales de producto.

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES A FUTURO

Este proyecto tuvo como propósito rescatar y valorizar un residuo de la industria de la cereza mediante el desarrollo de un material biobasado y posteriormente en su aplicación en un producto con alta carga de significado. Lo cual fue posible cumplir mediante la vinculación de un tema contingente y que genera alta sensibilidad en los usuarios sin comprometer los criterios de sustentabilidad presentes en la investigación. Estos criterios permitieron desarrollar un material y producto no tóxico y biodegradable utilizando una materia prima de bajo costo que permite un abanico de posibilidades futuras, no sólo el producto final propuesto en este proyecto. Además, el desarrollo de este diseño permitió corroborar que los biomateriales pueden sacarse de su contexto de origen y ser aplicados en diversos entornos y situaciones, permitiendo una mayor creatividad e innovación en sus posibles destinos e interacciones con los usuarios, lo cual garantiza una mejor inserción dentro de nuestra cultura material al ser incluidos de una forma menos obvia. La aplicación en el sector de mascotas demostró que mediante la utilización de un tema contingente y que genere sensibilidad y empatía, es posible generar atracción en un producto de consumo sostenible. Durante el levantamiento de información relevante para el desarrollo del producto, se recalcó el gran interés natural que se generó en los participantes, lo cual es muy valorado para el desarrollo de un potencial producto. Si bien, el carozo de cereza como materia prima en el desarrollo de biomateriales puede tener múltiples salidas y posibilidades en cuanto a productos de diseño, se evidencia que la elección del contexto de aplicación y de un tema de interés para los usuarios es fundamental para una adecuada inserción en nuestra sociedad. Se espera que este proyecto pueda inspirar y motivar a futuros diseñadores a experimentar con nuevos contextos y experiencias de aplicación, abriendo aún más el campo de innovación de materialidades emergentes.

BIBLIOGRAFÍA

Bansal, S. (2018). Production of Biodegradable Plastic from Food Waste. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 6, 1895-1897. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.4323>

Bezirhan Arikann, E., & Duygu Bilgen, H. (2019). Production of bioplastic from potato peel waste and investigation of its biodegradability. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 3(2), 93-97. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/767735>

Calvente, A. M. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. Universidad Abierta Interamerica.a Centro de Altos Estudios Globales. <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/UAIS-SDS-100-002%20-%20Sustentabilidad.pdf>

Cecchini, C. (2017). Bioplastics made from upcycled food waste. Prospects for their use in the field of design. *Design Journal*, 20(sup1), 1596-1610. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352684>

Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 13(1), 63-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46713055007>

Choi, I. S., Cho, E. J., Moon, J. H., & Bae, H. J. (2015). Onion skin waste as a valorization resource for the by-products quercetin and biosugar. *Food Chemistry*, 188, 537-542. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.028>

Clèries, L., Rognoli, V., Solanki, S., & Llorach, P. (2018). Material Designers. Boosting talent towards circular economies. *MaDe*.

Conicyt. (2007). El sector frutícola en Chile. Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. Conicyt; Unión Europea. https://www.conicyt.cl/documentos/dri/ue/Frutic_Fruit_BD.pdf

De Giorgi, C., Lerma, B., Allione, C., & Buiatti, E. (2011). Sensory evolution: Sensory and sustainable design strategies. In *Proceedings of the 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces (DPPI '11)*. Association for Computing Machinery, 1-4. <https://doi.org/10.1145/2347504.2347512>

Di Bartolo, A., Infurna, G., & Tzankova Dintcheva, N. (2021). A Review of Bioplastics and Their Adoption in the Circular Economy. *Polymers*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/polym13081229>

Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5, 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00003-6)

European Bioplastics. (2020). Frequently Asked Questions on Bioplastics. (pp. 1-26). European Bioplastics e.V. https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_FAQ_on_bioplastics.pdf

Faber, N., Jorna, R., & van Engelen, J. M. L. (s. f.). The Sustainability of 'Sustainability'- A Study Into the Conceptual Foundations of the Notion of Sustainability. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 7(1), 1-33. <https://doi.org/10.1142/S1464333205001955>

Gallopin, G. C. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: Un enfoque sistémico. *División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos*, 64. <http://hdl.handle.net/11362/5763>

Gerner, A., & Keoleian, G. (1995). *Industrial Ecology: An Introduction*. National Pollution Prevention Center for Higher Education. <http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/INDEpdfs/INDEintro.pdf>

Hermida Balboa, C., & Domínguez Somonte, M. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informador técnico*, 78(1), 82-90.

Kandachar, P. (2014). *Materials and Social Sustainability*. En *Materials Experiencie. Fundamentals of Materials and Design* (pp. 91-103). Oxford:

Butterworth-Heinemann. 10.1016/B978-0-08-099359-1.00007-2

Karana, E. (2010). How do materials obtain their meanings? *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 27(2), 271-285. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.2.15>

Karana, E., Hekkert, P., & Kandachar, P. (2009). Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. *Materials & Design*, 30(7), 2778-2784. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.09.028>

Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V. (2013). Introduction to Materials Experience. *Fundamentals of Materials and Design*. En *Materials Experience* (pp. xxv-xxxiii). <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02198-9>

Maher, A. (2021). The strategies of sustainable Design for a better product Design future. *Journal of Applied Art and Science - International Periodical Scientific Peer Reviewed*.

Materiability Research Group. (2018). Bioplastic Robotic Materialization. Design to robotic production of biodegradable lamps. Materiability Research Group. <http://materiability.com/bioplastic-robotic-materialisation/>

Muñoz V., M. (2015). Cerezas: Frutas en expansión. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/Cerezas2015.pdf>

Muñoz Villagrán, M. (2018). Boletín de fruta fresca. Septiembre de 2018. Odepa. <https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/boletin-de-fruta-fresca-septiembre-de-2018>

Núñez-Decap, M., Wechsler-Pizarro, A., & Vidal-Vega, M. (2021). Mechanical, physical, thermal and morphological properties of polypropylene composite materials developed with particles of peach and cherry stones. *Sustainable Materials and Technologies*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00300>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (2019). Información disponible en Odepa de frutas frescas. Odepa. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/noticias/agro-en-la-prensa/frutas-frescas>

Pefaur Lepe, J. (2021). Boletín de fruta, julio 2021. Odepa. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-julio-2021>

Perotto, G., Cesaracciu, L., Simonutti, R., Uttam C., P., Guzman-Puyol, S., Tran, T.-N., Bayer, I. S., & Athanassiou, A. (2017). Bioplastics from vegetable waste via an eco-friendly water-based process. *Green Chemistry*, 20, 2018. <https://doi.org/10.1039/C7GC03368K>

Riera, M. A., & Palma, R. M. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3), 69-78.

Rimac, A. C. (2019). Bioplásticos [Universidad Científica del Sur]. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/806>

Río Pérez, F., Ochoa-Gómez, J., Díaz de Apodaca, E., & Roncal, T. (2007). Bioplásticos. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Observatorio Industrial del Sector Químico.

Rognoli, V. (2004). I materiali per il design: Un atlante espressivo-sensoriale. Politecnico di Milano.

Rognoli, V., & Ayala García, C. (2018a). Materia emocional. Los materiales en nuestra relación emocional con los objetos. *RChD: creación y pensamiento*, 3(4). 10.5354/0719-837X.2018.50297

Rognoli, V., & Ayala García, C. (2018b). Material activism. New hybrid scenarios between design and technology. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*. Ensayos, 70. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi70.1143>

Sahagún Angulo, R. (2012). Del diseño sustentable a los sustentos del diseño. *Laboratorio Experimental de Ecodiseño*, 9.

Salvia, G., Ostuzzi, F., Rognoli, V., & Levi, M. (2010, septiembre). The value of imperfection in sustainable design. The emotional tie with perfectible artefacts for longer lifespan. Conference: LeNS conference, Bangalore, India. https://www.researchgate.net/publication/281269007_The_value_of_imperfection_in_sustainable_design

Santana, A. A., Brito Junior, C. A. R., & Silva, D. (2021). Bioconversion of Food Waste into Bioplastics. En C. Rios Brito, *Sustainable Bioconversion of Waste to Value Added Products*. Springer Nature.

Sauerwein, M., Karana, E., & Rognoli, V. (2017). Revived Beauty: Research into Aesthetic Appreciation of Materials to Valorise Materials from Waste. *Sustainability*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/su9040529>

Sepúlveda Poblete, C., & Cortés Nodarse, I. (2011). Identificación de residuos inertes en Chile. (Bibliografía y análisis químico) (Informe final). Centro Nacional del Medio Ambiente; Universidad de Chile. <https://www.cenma.cl/Pagina%20web-LQA/5-Estudios%20Ambientales/Informe%20Final%20TDR-8%20Residuos%20inertes%204%C2%BA%20Correcci%C3%B3n.pdf>

Shah, M., Rajhans, S., Pandya, H., & Mankad, A. U. (2021). Bioplastic for future: A review then and now. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 9(2), 56-67. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.9.2.0054>

Stivale, S. (2020). Los caminos del Diseño Sustentable y sus vinculaciones con la investigación en diseño. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, 80, 77-90.

Tibbs, H. (1993). *Industrial Ecology: An environmental agenda for industry*. Global Business Network.

Valero-Valdivieso, M. F., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2012). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49628728019.pdf>

Vázquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R. Ma., Beltrán Villavicencio, M., &

Velasco Pérez, M. (2016). Bioplásticos y plásticos degradables. UAM Azcapotzalco; Asociación Nacional de Industrias del Plástico. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1294.4241>

Vergunova, N. (2020). Sustainable design. Design approaches and directions of development. <https://doi.org/10.32461/2226-2180.38.2020.222068>

Vezzoli, C. (2018). The «Material» Side of Design for Sustainability. En V. Rognoli, S. Solanki, & P. Llorach, *Materials Experience. MaDe*. 105-121. 10.1016/B978-0-08-099359-1.00008-4

