



Desarrollo de un material biobasado a partir del bagazo de malta, subproducto de la cerveza artesanal.

Memoria para optar al título profesional de Diseñador Industrial

Nicolás Vidal Lillo

Profesora guía: Andrea Wechsler
Santiago, Chile 2021

Agradecimientos

*A la Tara y el Milo,
a mi familia, por su enorme cariño y apoyo,
a los amigos que me regaló este proceso universitario
lleno de desafíos,
a la profesora Andrea por apoyarme en este proyecto y al
lector en este momento :)*

Resumen

Este proyecto se basa en la revaloración de los residuos en la producción de cerveza artesanal de la Región Metropolitana. Se desarrolla un material biobasado a partir del bagazo de malta, en el contexto de la búsqueda de nuevos materiales ante la acumulación de desechos en el medioambiente.

De esta manera se busca recuperar lo que se considera residuo, transformándolo en materia prima con el fin de crear una nueva materialidad y diseñar a partir de ella.

Se inicia identificando los procesos alrededor de este recurso, entendiendo su origen y componentes; una base nutritiva en base a proteínas, almidones y ligninas.

Con métodos caseros se experimenta la producción de una biolámina, la cual está compuesta de bagazo y aglomerantes naturales provenientes de algas rojas locales, hasta lograr una proporción adecuada en el uso de estos componentes.

Una vez ya definido los componentes del material y su método de producción, se caracteriza desde una perspectiva física, mecánica y perceptual. Utilizando herramientas de caracterización para comprender la experiencia material, entre ellas MazE4 (Camere & Karana, 2018).

El resultado es un material laminar, con un acabado rugoso, fibroso, opaco y dúctil en cuanto a su manipulación, similar a un textil. Se determina mediante ensayos de envejecimiento natural que al ser un material biobasado puede ser degradado en condiciones de compostaje o ambientes naturales con humedad regular.

Considerando sus cualidades, se busca otorgar un valor extra al material por medio de una aplicación dentro de la experiencia que tienen los usuarios consumidores de cerveza artesanal. Para esto se encuesta a 261 consumidores, con el objetivo de entender su experiencia al momento de beber una cerveza artesanal y definir cuáles son sus preferencias.

Analizando el contenido entregado por los consumidores, se concluye que definen su preferencia de compra y gusto según atributos como calidad, sabor y sus distintas variedades. Comprando principalmente el pack de 4 botellas pequeñas, para consumirlas en una instancia de relajación.

Desde ahí se comienza a diseñar un packaging para la cerveza artesanal, hecho de la misma materia prima que algunos de sus productores comentan que tiran a la basura. De esta manera, con este producto se comienza a cerrar el ciclo de esa producción.

Se genera un prototipo de packaging cero residuos, que evita la extracción de otra materia prima, ya sea para un pack de cartón, papel u otro que el cliente acostumbre. El empaque de bagazo tiene un proceso paralelo a la producción de cerveza, lo que crea una oportunidad para los productores actuales de añadir un valor a su bagazo de malta.

La propuesta de diseño, tanto del material como de la aplicación dentro de la experiencia, es una iniciativa concreta para promover el cambio de pensamiento en cuanto a la materialidad de los productos que utilizamos y el impacto que tienen en nuestro entorno.

Conceptos claves

Bagazo - Residuos - Biomaterial -
Economía circular - Cerveza artesanal

Índice

| | |
|---|-----------|
| Introducción..... | 0 |
| Problema u oportunidad de investigación..... | 1 |
| Capítulo 1. Revisión bibliográfica..... | 3 |
| Desarrollo sostenible | 3 |
| Economía circular..... | 3 |
| Ecodiseño | 4 |
| Criterios de sustentabilidad..... | 5 |
| Residuos y ley REP..... | 6 |
| 1.1 Cerveza artesanal..... | 8 |
| Origen..... | 8 |
| Producción..... | 9 |
| Grano de malta..... | 12 |
| 1.2 Usuario..... | 13 |
| Experiencia de usuario..... | 13 |
| Consumidor de cerveza artesanal..... | 14 |
| 1.3 Estado del arte..... | 15 |
| Soluciones para el bagazo | 15 |
| Material Driven Design (MDD)..... | 16 |
| Biomateriales..... | 17 |
| 1.4 Aglomerantes..... | 19 |
| Agar..... | 19 |
| Carragenina..... | 19 |
| Producción..... | 21 |
| Beneficios y desventajas | 22 |
| Capítulo 2. Métodos | 23 |
| Antecedentes del proyecto..... | 23 |
| Materiales e implementos utilizados..... | 23 |
| Métodos..... | 23 |
| I. Analizar la producción de cerveza y el subproducto como materia prima..... | 23 |
| Estudiar el proceso..... | 24 |
| Estudiar el bagazo y sus usos actuales..... | 24 |
| Consultar a productores..... | 24 |
| II. Definición de proporción y experimentación del material..... | 24 |
| Tratar el bagazo para su utilización..... | 24 |
| Experimentar distintas mezclas de los componentes..... | 26 |
| III. Caracterización del material..... | 27 |
| Introducción de Material Driven Design..... | 28 |
| Realización de ensayos físicos | 28 |
| Realización de ensayo mecánico..... | 29 |
| Prueba de resistencia a agentes externos..... | 30 |
| Trabajabilidad del material..... | 31 |
| Ensayo perceptual del material..... | 33 |
| IV. Aplicación del material en la experiencia de consumir cerveza artesanal..... | 35 |
| Analizar la experiencia del usuario..... | 35 |
| Definir requerimientos de diseño..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| Otorgar significado del material..... | 35 |
| Elaborar propuesta conceptual..... | 35 |
| Prototipado de la propuesta..... | 35 |
| Capítulo 3. Resultados | 36 |
| 3.1 Análisis de la producción de cerveza y el subproducto como materia prima..... | 36 |
| 3.2 Proporciones del material..... | 38 |
| Granulometría..... | 38 |
| Experimentos de agar y carragenina..... | 38 |
| Flexibilizante o plastificante..... | 41 |
| Escalar la receta..... | 44 |
| Escalar la receta BG1..... | 46 |
| Carragenina como aglomerante..... | 47 |
| Espesor..... | 48 |
| Definición de componentes | 49 |
| 3.3 Características del material..... | 50 |
| Densidad..... | 50 |
| Absorción de agua e hinchamiento..... | 51 |
| Tracción..... | 52 |
| Degradación y envejecimiento natural..... | 53 |
| Hidroformado..... | 55 |
| Grabado y corte láser..... | 56 |
| Ensayo de patrón o módulos de ensamblés..... | 56 |
| Ensayo perceptual del material..... | 56 |
| Nivel performativo..... | 57 |
| Nivel sensorial..... | 57 |
| Nivel afectivo..... | 58 |
| Nivel interpretativo..... | 58 |
| Ficha del biomaterial..... | 59 |
| 3.4 Aplicación del material en la experiencia de consumo de cerveza artesanal..... | 60 |
| Analizar la experiencia del usuario..... | 60 |
| Compra de la cerveza artesanal..... | 61 |
| Experiencia de consumo..... | 61 |
| Resumen de la experiencia del usuario..... | 64 |
| Requerimientos de diseño..... | 64 |
| Significado del material..... | 66 |
| Elaboración de propuesta conceptual..... | 68 |
| Prototipado de la propuesta..... | 73 |
| Prototipo en lámina de bagazo..... | 74 |
| Conclusión y proyecciones..... | 81 |
| Anexos..... | 83 |
| Etapas descritas de la experiencia descritas por los usuarios..... | 83 |
| Tablas de datos | 84 |
| Instagram Bagacero..... | 84 |
| Referencias..... | 85 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura n°1: Bagazo filtrado en olla de acero (Autoría propia)..... | 8 |
| Figura n°2: Bagazo de malta húmedo (Autoría propia)..... | 8 |
| Figura n°3: Bagazo de malta seco y triturado (Autoría propia)..... | 8 |
| Figura n°4: Resultado biolámina de bagazo de malta (Autoría propia)..... | 8 |
| Figura n°5: Fotografía cerveza artesanal y cebada (Imagen de: Getty Images/iStockphoton)..... | 3 |
| Figura n°6: Fotografía variedades de cervezas artesanales. (Imagen de: Getty Images/iStockphoton)..... | 10 |
| Figura n°7: Ilustración del proceso de producción de la cerveza (Creación propia)..... | 11 |
| Figura n°8: Estructura del grano. (Creación propia)..... | 12 |
| Figura n°9: Fotografía de usuarios y cervezas artesanales. (Imagen de: Getty Images/iStockphoton)..... | 13 |
| Figura n°10: Interacción entre producto y usuario. (Creación propia)..... | 13 |
| Figura n°12: Pan de bagazo de malta y harina blanca (Fotografía de "Donde Engordo")..... | 15 |
| Figura n°13: Packaging biobasado para latas de cerveza (B-cycle, 2021)..... | 15 |
| Figura n°11: Exposición del biomaterial a la luz. (Creación propia)..... | 15 |
| Figura n°14: Packaging biobasado para latas de cerveza (Stoll & Philipp, 2020)..... | 16 |
| Figura n°15: Maceta de borra de café desarrollada con metodología MDD (Karana, 2015)..... | 16 |
| Figura n°16: Bioplástico a partir de cuesco de palta (Labva, 2021)..... | 17 |
| Figura n°17: Fragmento de recetario de biomateriales (Materiom, 2021)..... | 17 |
| Figura n°18: Bolsa de biocuero a partir de residuos alimenticios (Davis, 2020)..... | 17 |
| Figura n°19: Proyecto Desintegra.me, packaging a partir de algas (Talep, 2017)..... | 18 |
| Figura n°20: Proyecto Lugaé, muestras de carragenina, entramados con corte láser, moldeado y plegado (Marquez, Pacheco, Vio & Vivanco, 2020)..... | 18 |
| Figura n°21: Luga roja, Sarcopeltis skottsbergii (Algalab, 2020)..... | 19 |
| Figura n°23: Etapas de procesamiento del bagazo (Creación propia)..... | 25 |
| Figura n°24: Molinillo manual de granos (Autoría propia)..... | 26 |
| Figura n°25: Molinillo electromecánico (Autoría propia)..... | 26 |
| Figura n°26: Ilustración del proceso práctico de la producción de una biolámina (Autoría propia)..... | 27 |
| Figura n°27: Diagrama de metodología MDD (Autoría propia a partir de (Karana, 2015))..... | 28 |
| Figura n°28: Fotografía de las 5 muestras antes de ser sumergidas. (Autoría propia)..... | 29 |
| Figura n°29: Fotografía de las 5 muestras sumergidas. (Autoría propia)..... | 29 |
| Figura n°30: Dimensiones de la probeta de prueba (Astm D638, 2014)..... | 29 |
| Figura n°31: Probeta de prueba (Astm D638, 2014)..... | 30 |
| Figura n°32: Probeta para prueba de degradabilidad (Autoría propia)..... | 30 |
| Figura n°33: Molde se superficie y lámina de prueba (Autoría propia)..... | 31 |
| Figura n°34: Prueba de unión de piezas mediante costura (Autoría propia)..... | 31 |
| Figura n°35: Muestras para prueba de adhesivos (Autoría propia)..... | 31 |
| Figura n°36: Muestra adherida con cola para maderas (Autoría propia)..... | 31 |
| Figura n°37: Muestra adherida con agua caliente (Autoría propia)..... | 32 |
| Figura n°38: Test de grabado láser (Autoría propia)..... | 32 |
| Figura n°39: Prueba de módulos (Autoría propia)..... | 32 |
| Figura n°40: Prueba de ensamble por pestañas (Autoría propia)..... | 32 |
| Figura n°41: Guía de nivel sensorial del toolkit (Adaptación de (Camere Karana, 2018))..... | 33 |
| Figura n°42: Guía de nivel interpretativo del toolkit (Adaptación de (Camere & Karana, 2018))..... | 33 |
| Figura n°43: Guía de nivel afectivo del toolkit (Adaptación de (Camere Karana, 2018))..... | 34 |
| Figura n°44: Guía de nivel performativo del toolkit (Adaptación de (Camere Karana, 2018))..... | 34 |
| Figura n°45: Fotografía del material resultante expuesto a la luz artificial (Autoría propia)..... | 36 |
| Figura n°46: Esquema de los resultados de la encuesta a los productores, origen del grano utilizado (Autoría propia)..... | 36 |
| Figura n°47: Representación visual de las respuestas de los productores en cuanto a los residuos (Autoría propia)..... | 37 |
| Figura n°48: Granulometría del grano. (Autoría propia)..... | 38 |
| Figura n°50: Muestras AG1' y BG1' en bandeja y en estado gelificado (Autoría propia)..... | 46 |
| Figura n°51: Muestras AG1' y BG1' en la bandeja para deshidratar. (Autoría propia)..... | 46 |
| Figura n°52: Muestras AG1' deshidratada (Autoría propia)..... | 47 |
| Figura n°53: Muestras BG1' deshidratada (Autoría propia)..... | 47 |
| Figura n°54: Muestras AG1' enrollada (Autoría propia)..... | 47 |
| Figura n°55: Muestras AG1 en la esquina superior, muestra ag1 de grano fino en la esquina inferior (Autoría propia)..... | 47 |
| Figura n°56: Muestra 1 después de 24 horas sumergida en agua..... | 51 |
| Figura n°57: Ensayo de tracción (Autoría propia)..... | 52 |
| Figura n°58: Muestra de suelo 1 en detalle al día 63 (Autoría propia)..... | 53 |
| Figura n°59: Lámina hidroformada (Autoría propia)..... | 55 |
| Figura n°60: Costura de dos láminas con hilo encerado (Autoría propia)..... | 55 |
| Figura n°61: Lámina pegada con cola (Autoría propia)..... | 55 |
| Figura n°63: Lámina pegada con cola soportando una carga de 0,5 kilogramos (Autoría propia)..... | 55 |
| Figura n°62: Lámina pegada con agua caliente (Autoría propia)..... | 55 |
| Figura n°64: Lámina pegada con agua caliente soportando una carga de 0,5 kilogramos (Autoría propia)..... | 55 |
| Figura n°65: Cortes realizados con láser (Autoría propia)..... | 56 |
| Figura n°66: Detalle de módulos (Autoría propia)..... | 56 |
| Figura n°67: Respuestas del nivel performativo del material (Autoría propia)..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura nº68: Respuestas del nivel sensorial del material (Autoría propia)..... | 57 |
| Figura nº69: Respuestas del nivel afectivo e interpretativo del material (Autoría propia)..... | 58 |
| Figura nº70: Ficha técnica del biomaterial desarrollado (Autoría propia)..... | 59 |
| Figura nº71: Nube de conceptos del ritual de consumo de la cerveza artesanal (Autoría propia mediante software MAXQDA 2020)..... | 62 |
| Figura nº72: Desarrollo de requerimientos de diseño de un packaging (Autoría propia)..... | 65 |
| Figura nº73: Desarrollo conceptual del material (Autoría propia)..... | 66 |
| Figura nº74: Desarrollo de la etapas de MDD (Autoría propia a partir de (Karana, 2015))..... | 67 |
| Figura nº75: Moodboard del concepto Austeridad Singular (Autoría propia)..... | 68 |
| Figura nº76: Moodboard de inspiración para el packaging (Autoría propia)..... | 69 |
| Figura nº77: Boceto 1 para el packaging (Autoría propia)..... | 70 |
| Figura nº79: Boceto 3 para el packaging (Autoría propia)..... | 70 |
| Figura nº78: Boceto 2 para el packaging (Autoría propia)..... | 70 |
| Figura nº80: Boceto 4 para el packaging (Autoría propia)..... | 70 |
| Figura nº81: Boceto 5 para el packaging (Autoría propia)..... | 71 |
| Figura nº83: Boceto 7 para el packaging (Autoría propia)..... | 71 |
| Figura nº82: Boceto 6 para el packaging (Autoría propia)..... | 71 |
| Figura nº84: Boceto 8 para el packaging (Autoría propia)..... | 71 |
| Figura nº85: Boceto explicativo de la propuesta de packaging (Autoría propia)..... | 72 |
| Figura nº86: Corte de la plantilla para el prototipo de papel (Autoría propia)..... | 73 |
| Figura nº87: Prototipo de papel con botellas vacías, en vista frontal (Autoría propia)..... | 73 |
| Figura nº88: Prototipo de papel desde otra perspectiva (Autoría propia)..... | 73 |
| Figura nº89: Corte del prototipo en lámina de bagazo (Autoría propia)..... | 74 |
| Figura nº90: Plantilla de corte del prototipo en lámina de bagazo (Autoría propia)..... | 74 |
| Figura nº91: Proceso para pegar la dos piezas del prototipo en lámina de bagazo (Autoría propia)..... | 74 |
| Figura nº92: Vista isométrica del packaging (Autoría propia)..... | 74 |
| Figura nº93: Grabado de marca en el packaging (Autoría propia)..... | 75 |
| Figura nº94: Vista lateral del packaging (Autoría propia)..... | 75 |
| Figura nº95: Propuesta de packaging cero residuos (Autoría propia)..... | 75 |
| Figura nº96: Ejemplo de posavasos provenientes del packaging (Autoría propia)..... | 76 |
| Figura nº97: Etiquetado biobasado y posavasos (Autoría propia)..... | 76 |
| Figura nº98: Formato inicial del etiquetado biobasado (Autoría propia)..... | 76 |
| Figura nº99: Detalle de etiqueta, marca: Bagacero (Autoría propia)..... | 76 |
| Figura nº100: Propuesta de packaging (Autoría propia)..... | 77 |
| Figura nº101: Utilización del bagazo de malta en la propuesta (Autoría propia)..... | 78 |
| Figura nº102: Agarre y movimiento del packaging (Autoría propia)..... | 78 |
| Figura nº103: Producción del material paralela a la producción de cerveza (Autoría propia)..... | 79 |
| Figura nº105: Mix de productos y aplicaciones dadas al material (Autoría propia)..... | 80 |
| Figura nº104: Fin del ciclo de vida del empaque (Autoría propia)..... | 80 |

Lista de gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico nº1: Respuesta de productores, problemática del bagazo..... | 11 |
| Gráfico nº2: Proceso y actores de la preparación de la cerveza (Autoría propia)..... | 10 |
| Gráfico nº3: Esquema de especies de algas Rhodophyceae (Solís, 2007)..... | 20 |
| Gráfico nº4: Proceso natural de extracción de aglomerante (Autoría propia)..... | 21 |
| Gráfico nº5: Etapas de la experimentación de los componentes (Autoría propia)..... | 26 |
| Gráfico nº6: Fracción másica del intervalo de diámetro del bagazo (Autoría propia)..... | 38 |
| Gráfico nº7: Posicionamiento de las muestras de carragenina en relación a la proporción de glicerina y su flexibilidad percibida (Autoría propia)..... | 44 |
| Gráfico nº8: Posicionamiento de las muestras de agar en relación a la proporción de glicerina y su flexibilidad percibida (Autoría propia)..... | 44 |
| Gráfico nº8: Densidad del material en el diagrama de Ashby, realizado en CES EduPack 2013 (Autoría propia)..... | 50 |
| Gráfico nº9: Densidad y módulo de young del material en el diagrama de Ashby, realizado en CES EduPack 2013 (Autoría propia)..... | 52 |
| Gráfico nº10: Variación de temperaturas entre Mayo y Junio de 2021 (AccuWeather, 2021)..... | 53 |
| Gráfico nº11: Rango etario de los encuestados (Autoría propia)..... | 60 |
| Gráfico nº12: Atributos de preferencia de los encuestados por la cerveza artesanal (Autoría propia)..... | 60 |
| Gráfico nº13: Atributos de preferencia en la elección de compra (Autoría propia)..... | 61 |
| Gráfico nº14: Principales formatos de compra (Autoría propia)..... | 61 |
| Gráfico nº15: Instancias asociadas a la experiencia (Autoría propia)..... | 61 |
| Gráfico nº16: Acompañamientos comunes (Autoría propia)..... | 61 |
| Gráfico nº17: Atributos que disfrutaban en el consumo (Creación propia)..... | 62 |
| Gráfico nº18: Etapas de la experiencia de consumo (Creación propia)..... | 62 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| <i>Tabla n°1: Resumen criterios de sustentabilidad (Creación propia a partir de los autores revisados)</i> | 6 |
| <i>Tabla n°2: Resumen características del consumidor (Robin, Martínez, Astorga, Valencia, & Medel, 2017) (Creación propia).</i> | 14 |
| <i>Tabla n°3: Beneficios y desventajas de la extracción de algas. (Creación propia).</i> | 22 |
| <i>Tabla n°4: Objetivo I de los métodos (Creación propia).</i> | 24 |
| <i>Tabla n°5: Objetivo II de los métodos (Creación propia).</i> | 24 |
| <i>Tabla n°6: Objetivo III de los métodos (Creación propia).</i> | 27 |
| <i>Tabla n°7: Objetivo IV de los métodos (Creación propia).</i> | 35 |
| <i>Tabla n°8: Litros producidos y relación con bagazo generado. (Creación propia).</i> | 37 |
| <i>Tabla n°9: Porcentajes de diámetros de las partículas del bagazo después de molienda (Creación propia).</i> | 38 |
| <i>Tabla n°10: Detalle de las proporciones de las pruebas (Creación propia).</i> | 38 |
| <i>Tabla n°11: Muestras de carragenina estado inicial y final (Creación propia).</i> | 39 |
| <i>Tabla n°12: Datos de las muestras de carragenina en su estado inicial y final (Creación propia).</i> | 39 |
| <i>Tabla n°13: Muestras de agar estado inicial y final (Creación propia).</i> | 40 |
| <i>Tabla n°14: Datos de las muestras de agar en su estado inicial y final (Creación propia).</i> | 40 |
| <i>Tabla n°15: Detalle de las proporciones de las pruebas de glicerina (Creación propia).</i> | 41 |
| <i>Tabla n°16: Muestras de carragenina y glicerina estado inicial y final (Creación propia).</i> | 42 |
| <i>Tabla n°17: Datos de las muestras de carragenina y glicerina en su estado inicial y final (Creación propia).</i> | 42 |
| <i>Tabla n°18: Muestras de agar y glicerina estado inicial y final (Creación propia).</i> | 43 |
| <i>Tabla n°19: Datos de las muestras de agar y glicerina en su estado inicial y final (Creación propia).</i> | 43 |
| <i>Tabla n°20: Datos de las muestras escaladas (Creación propia).</i> | 44 |
| <i>Tabla n°21: Muestras escaladas (Creación propia).</i> | 45 |
| <i>Tabla n°22: Datos de las medidas de muestras escaladas (Creación propia).</i> | 45 |
| <i>Tabla n°22: Datos de las muestras AG₁' y BG₁' escaladas (Creación propia).</i> | 46 |
| <i>Tabla n°23: Registro de los datos de espesores (Creación propia).</i> | 48 |
| <i>Tabla n°24: Proporción de los componentes (Creación propia).</i> | 49 |
| <i>Tabla n°25: Densidad de las muestras aS, aM, aL (Creación propia).</i> | 50 |
| <i>Tabla n°26: Datos del ensayo de absorción de agua e hinchamiento (Creación propia).</i> | 51 |
| <i>Tabla n°27: Registro de envejecimiento y degradación del material (Creación propia).</i> | 54 |
| <i>Tabla n°28: Parámetros para corte láser (Creación propia).</i> | 56 |
| <i>Tabla n°29: Etapas del consumo descritas por los encuestados (Creación propia).</i> | 83 |

Introducción

Este proyecto consiste en resignificar el residuo de las cervecerías artesanales, el bagazo de malta, mediante el desarrollo de un material que pueda tener distintas aplicaciones.

Toda producción inicia con la extracción de un recurso para el desarrollo de un producto, consiste en la transformación de un bien en otro mediante una serie de intercambios energéticos de distinta complejidad.

Actualmente existe un mayor conocimiento sobre el grave error que constituyen estos procesos cuando son lineales y a su vez la responsabilidad y beneficios de diseñar ciclos circulares para la materia y energía involucrada en la producción de bienes y servicios. Así lograr enfocarse en la extensión de vida de los productos, manipulación de residuos o degradabilidad de estos mismos.

Desde este concepto nace el proyecto de revalorizar los residuos de la producción de cerveza artesanal, producido en base a cebada, este grano termina siendo el bagazo de malta. El cereal se filtra y separa de la producción una vez cumplido su tiempo de maceración, contiene gran porcentaje de humedad y un gran valor nutricional.

Se reconsidera la deposición del bagazo y se desarrolla un material biobasado, así alargar la vida de este grano considerándolo como un subproducto y no un residuo, consiguiendo añadir valor con un proceso paralelo a la producción de cerveza, que culmine en un material biobasado que aporte a una visión de residuos cero.

La investigación y desarrollo de este material se basa en metodologías como Material Driven Design (MDD) (Karana, 2015), enfocadas en el desarrollo de biomateriales mediante la resignificación de residuos creando una nueva experiencia material.

El enfoque inicial del proyecto se basa en la producción de cerveza artesanal dentro de la Región Metropolitana (R.M.) de Santiago de Chile, y se consideran distintos ensayos técnicos y perceptuales para caracterizar el material y así proyectar distintas aplicaciones.



Figura n°1: Bagazo filtrado en olla de acero (Autoría propia).



Figura n°2: Bagazo de malta húmedo (Autoría propia).



Figura n°3: Bagazo de malta seco y triturado (Autoría propia).



Figura n°4: Resultado biolamina de bagazo de malta (Autoría propia).



Problema u oportunidad de investigación

Desde el año 2005 se incrementó el número de empresas con giro para producción de cerveza de 30 a 587 al año 2015 (ACECHI, 2019). En cuanto a la R.M. hasta enero del 2021 se encuentran 118 sociedades inscritas con el giro para cervecería en el Diario Oficial (DOE, 2021).

El consumo de cerveza en Chile ha aumentado su demanda desde hace ya más de una década. Si en el año 2007 se consumían 25 litros per cápita, al 2012 ya eran 39, alcanzando en el 2018 los 50 litros per cápita al año (ACECHI, 2019).

La cerveza artesanal es un nicho que representa el 1 % de la producción nacional de cerveza, con 7,8 millones de litros aproximados (Morales. I, 2019) y considerando que la producción de 20 litros de cerveza genera 4,5 kilos de cereal como residuo (CORFO, 2019), se estima que se derivan 1.755 toneladas de bagazo de la producción artesanal en un solo año.

La composición alta en fibras y proteínas del bagazo ha dado como opción para los productores manejar este residuo como alimento para el ganado, sin embargo, debido a su estado húmedo en la etapa que se extrae, el cereal debe ser trasladado tempranamente ya que empieza a generar malos olores. Este requerimiento para el ciclo del residuo es perjudicial en la zona urbana, ya que la presencia de ganado en la R.M. es reducida en relación con el porcentaje nacional, alcanzando cifras menores como:

- Ganado caprino: 1.2 %
 - Ganado bovino: 2.6 %
 - Caballares: 8.6 %
 - Ovinos: 0.6 %
- (ODEPA, 2019).

Se consultó a 11 productores de cerveza artesanal sobre su proceso y el tratamiento del bagazo y 7 de los encuestados pertenecen a la Región Metropolitana, entre 4 de ellos producen 140 kg de bagazo a la semana aproximadamente, mientras que los otros 3 no saben o no responden.

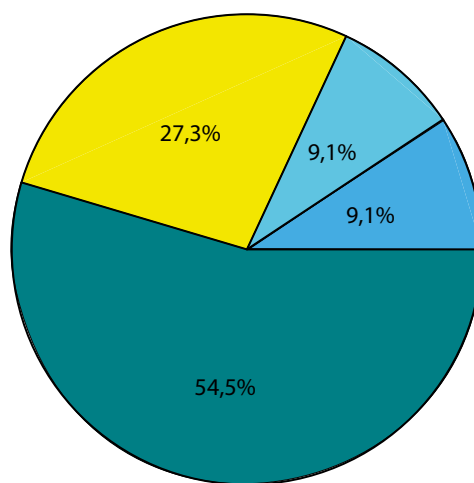
Se registra que 4/7 botan el bagazo a la basura común, 2/7 se lo dan como alimento para ganado y uno de los encuestados toma la decisión de tirarlo a la tierra, ya que es un buen fertilizante.

Del total de encuestados un 54,5 % considera que el bagazo si es un problema una vez terminado el proceso de maceración, considerando y añadiendo el 18,2 % que comenta acerca de su rápida descomposición, los malestares que genera su olor y la presencia de moscas. Obteniendo que **un 72,7% de los consultados consideran que el bagazo es un problema** y solo un 27,3 % considera que no es un problema (Gráfico n°1).

Esta es la oportunidad de resignificar el residuo como un subproducto y aplicarlo en otro ciclo que sirva tanto para la cervecería artesanal como en otra área. Así agregar valor para los usuarios y reducir el impacto del desecho mediante un proceso circular, a través de un material biobasado generado desde la perspectiva del diseño.

Este proyecto se basa en la filosofía de transformación del concepto basura/residuo hacia el de subproducto, el cual considera toda materia producida como un bien reutilizable e incorporable en otro ciclo. De esta manera se busca imitar lo que hace la naturaleza con los flujos de materia y energía, reincorporándola a un ciclo de vida de otro producto, utilizándola como materia prima y así evitar su acumulación como desecho en vertederos.

¿El bagazo como residuo, te genera un problema?
11 respuestas



Respuestas abiertas:
● No ● Sí ● Sí, genera aromas y trae moscas ● Sí, se descompone muy rápido

Gráfico n°1: Respuesta de productores, problemática del bagazo.

De aquí se desprenden las siguientes **preguntas de investigación**:

- ¿Puede el bagazo de malta ser trabajado como materia prima para producir otro material?
- ¿Qué cualidades y propiedades tiene el material desarrollado?
- ¿Cómo se puede aplicar un material biobasado dentro del rubro cervecero?

Formulando la **hipótesis** de que el bagazo se puede trabajar siendo una carga de material particulado aglomerada con otro elemento orgánico, generando una biolámina aplicable y manipulable como un textil.

Objetivo General: Desarrollar un material biobasado, utilizando el residuo de la cervecería artesanal y aglomerantes orgánicos, para aplicarlo dentro de la experiencia de consumo de la cerveza artesanal en la Región Metropolitana.

Objetivos específicos :

- Analizar la producción de cerveza artesanal y el subproducto para definir sus cualidades como materia prima.
- Definir las proporciones y tipo de aglomerante mediante la experimentación del material para lograr la replicabilidad del proceso de producción.
- Caracterizar mecánica, física y perceptualmente las muestras del material diseñado para determinar sus propiedades.
- Analizar la experiencia de consumo definiendo requerimientos de diseño para aplicar el material biobasado en una propuesta de aplicación.

El carácter de esta investigación es experimental, esta inicia con una etapa teórica, dentro de la que se revisa la bibliografía asociada al tema central, generando una base de criterios de sustentabilidad, desglosados a partir de los autores referentes en temas de sostenibilidad y ecología. Se recopila información mediante estudios previos, encuestas a productores y bibliografía sobre la cerveza artesanal, su producción y el subproducto en general para entender sus componentes y la relación de estos con sus características.

La segunda etapa, toma referencias de la metodología de Material Driven Design (Karana, 2015) donde se reutilizan residuos alimenticios como materia prima. Se realizan experimentos de tratamiento del subproducto y su aglomeración con otros componentes biodegradables, se analizan las propiedades del material mediante análisis físicos, mecánicos y perceptuales. A partir de esas observaciones se plantea una propuesta de aplicación relacionada a las observaciones realizadas y conceptos derivados de la experiencia del usuario.

Alcances y limitaciones

Se obtuvo un material biodegradable y replicable, con una propuesta de diseño aplicable dentro del mercado de la cerveza artesanal.

El desarrollo de esta investigación se realiza bajo el estado de emergencia sanitaria, debido a la pandemia por Covid. Esto presenta restricciones fluctuantes de movilidad e interacciones sociales, por lo que se siguen los protocolos establecidos de la situación sanitaria nivel país, derivando que algunas actividades sean proyectadas para un futuro como iteración de este proceso.



Capítulo 1. Revisión bibliográfica

Figura n°5: Fotografía cerveza artesanal y cebada (Imagen de: Getty Images/iStockphoton).

Desarrollo sostenible

La Comisión Mundial sobre el Medioambiente y Desarrollo define en 1987 el desarrollo sostenible como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (ONU, 1987).

Esto tiene que ver con la renovabilidad de los recursos y el sobregiro ecológico que en un principio este concepto tenía relación solo con los seres humanos, ampliándose posteriormente a cada parte de la naturaleza.

Un desarrollo de carácter sostenible consta de tres áreas de importancia que deben ser abarcados de manera equilibrada, estas áreas son las variables económicas, sociales y medio ambientales (ONU, 1987).

Los principios de Hannover desarrollados para la exposición mundial del año 2000 exponen 9 principios para la sostenibilidad, dentro los cuales se incluyen la coexistencia entre la humanidad y naturaleza, objetos seguros en un valor de largo plazo, la eliminación del concepto de basura, buscar mejoras a través de compartir conocimiento, entre otros (Mcdonough, 2000).

Chile en el informe de contribución nacional determinada, es decir, los compromisos del país en el acuerdo de París publicados en el año 2015, determinaba los sectores prioritarios para la mitigación de efectos de gases invernadero enfocándose en temas de energía, incluyendo la generación, el transporte, industria, minería, vivienda y otros sectores consumidores de combustibles fósiles. también los procesos industriales, el uso de disolventes, la agricultura incluyendo el sector ganadero, el uso de la tierra y silvicultura, finalizando con los residuos (The Committee of Ministers for Sustainability, 2015).

Desde este último punto se desarrolla el tema central de esta investigación, que busca redireccionar estos subproductos hacia una nueva línea productiva de manera sustentable y cerrar ciclos dentro de una producción.

Economía circular

La escasez de recursos, las tendencias de consumo y el aumento de la población, han hecho cada vez más clara la dirección hacia todas las medidas que tienen que ver con la reutilización, el reciclaje y reducción de los componentes de un producto.

Walter R. Stahel, arquitecto y economista pionero en materia de la economía circular, ha desarrollado este tema desde los setenta en adelante y señala que: "La Economía Circular plantea un cambio del modelo de producción y consumo global actual, hacia un desarrollo sostenible, teniendo en cuenta los aspectos económicos, ambientales y sociales, por tanto, un aliado perfecto en el camino hacia la Sostenibilidad, ya que ofrece nuevas oportunidades de negocio sostenibles especialmente en el ámbito local y regional, aunque también a nivel nacional y global" (Stahel, 2019).

Uno de los conceptos bases para revisar es el de "cradle to cradle" o De la cuna a la cuna, una visión de cómo deben ser los procesos expresado en un libro de McDonough y Braungart (2002), que plantean una nueva versión de ecologismo, algo así como una próxima revolución industrial.

El término de la cuna a la cuna está asociado con la circularidad de los recursos, para que el flujo de energía se complete en los procesos de producción, y los recursos que son extraídos, sean procesados y clasificados como tecnológicos o biológicos, así vuelvan a su inicio o se reincorporen en otra parte de la cadena. Narra una perspectiva del flujo de recursos donde debe "dejar de lado el viejo modelo de producto y desperdicio, y su severa consecuencia, la "eficiencia", y aceptar el reto de no ser eficientes sino efectivos con respecto a una rica mezcla de consideraciones y deseos." (McDonough & Braungart, 2002).

Esas consideraciones se relacionan con esta filosofía de diseño, también entendida como modelo económico en bucle, que propone el análisis de todas las etapas del ciclo de vida de un producto. Importante de analizar desde la extracción, procesos de materias primas, manufacturas, transporte, mantenimiento, reciclaje y su respectivo retorno al medio ambiente (McDonough, 2000).

Hay 3 niveles de acción en la economía circular, el primero basado en las 3R, busca reducir, reciclar y reutilizar la mayor parte de los recursos dentro de una organización. Es el nivel más básico, el cual se puede aplicar desde el hogar.

El segundo nivel es la reutilización y reciclaje a nivel local, dentro de parques eco-industriales circulando los recursos dentro de un sistema de producción local.

El tercero, se relaciona con la integración de distintos productores y consumidores en una localidad determinada, de esta manera los recursos fluyen entre las industrias y sistemas urbanos. Esto implica mayor complejidad en el sentido que se requiere un método de recolección, almacenaje, distribución y procesado según producto y subproducto (Balboa & Somonte, 2013).

Estos niveles tienen que ver con la profundidad de los cambios generados y el flujo de los recursos, tanto materiales, energéticos, incluso la información a través de la industria y el área urbana.

Ecodiseño

Del modelo anterior surgen herramientas como el ecodiseño, con el objetivo de reducir los impactos en el medio ambiente en el desarrollo y deposición de los productos y servicios, tomando acciones conscientes y generando bases para las empresas. Desde un análisis en el ciclo de vida de los productos, como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, considerar el fin de vida, o de otra manera efectiva, la reincorporación de los recursos extraídos al medioambiente de manera efectiva.

Otros términos utilizados en el mundo son diseño ecológico, diseño para el medio ambiente, diseño verde o diseño ambientalmente sostenible.

La norma ISO 14006 define esta metodología como la integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo del producto con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo del ciclo de vida de un producto (ISO, 2011).

Así estas acciones tienen como consecuencia un diseño de productos con énfasis en su durabilidad, reparabilidad, actualización, reciclado o compostaje.

Una de las principales medidas dentro del análisis del ciclo de cada producto, es la selección de materiales, que ayuda a detectar cuales son los más tóxicos y eliminar su uso, reducir número de piezas, reemplazar materiales por más duraderos y garantizar la reutilización de esas nuevas piezas.

“Los recursos consumidos y los residuos producidos deben minimizarse, con la intención de reducir el impacto sobre el medioambiente, consiguiendo además al mismo tiempo, una reducción en los costes de explotación de la empresa. A este concepto se le denomina ecoeficiencia (Usón & Bribián, 2010).”

Decidir a partir de los criterios medioambientales, lleva como consecuencia un beneficio económico para los productores, sin embargo, la cultura actual invierte las decisiones priorizando otros aspectos.

Criterios de sustentabilidad

En el contexto actual el consumo de productos evidencia el impacto ambiental que generan las industrias, desde su producción, su embalaje de un solo uso, hasta su deposición. Esto ha generado un interés real en los consumidores por elegir productos que reduzcan ese impacto. La industria alimenticia y empresas de diversos rubros aprovechan ese interés para cambiar la percepción de la gente mediante la comunicación, difundiendo información vaga, incompleta o directamente falsa para lograr un lavado de imagen autodefiniéndose ambientalmente responsables, ya habitual en el mercado y conocido como greenwashing (Furlow, 2010).

La evaluación de un nivel de sustentabilidad propiamente tal no está definida, por lo que mediante la revisión de literatura en el tema se seleccionan criterios bajo los cuales el proyecto se basa para hacer una proyección hacia el desarrollo de un material biobasado de manera sustentable.

McDonough presenta junto a sus colegas 9 principios para la sustentabilidad, conocidos como los Principios de Hamburg publicados en el año 2000, como inicio de un nuevo milenio con el desafío de cambiar la perspectiva mundial respecto a nuestros impactos.

A partir de estos principios se seleccionan los siguientes que se relacionan directamente con los objetivos de la investigación:

Eliminar el concepto de basura.

Hace referencia a optimizar los procesos y analizar la vida de los productos, así simular los sistemas de la naturaleza, en el cual no existe la basura. Si bien este objetivo es prácticamente un ideal, este criterio representa la proyección y la problemática y oportunidad del proyecto.

Búsqueda de la mejora constante por el intercambio de conocimientos.

Este principio fomenta la colaboración directa y abierta entre las personas, de esta manera compartir los procesos e ideas con responsabilidades éticas para restablecer los vínculos entre las actividades humanas y la naturaleza (McDonough, 2000). La selección de este criterio es debido a su componente social. Esta arista social fomenta la colaboración y concuerda con uno de los propósitos de este proyecto. Este propósito es la difusión de los procesos para la retroalimentación y promoción de actividades que concienticen la reutilización de residuos como materias primas.

Existe un énfasis en que se debe considerar la materialidad de las localidades, los procesos y las culturas que rodean estos de manera significativa y eficiente (McDonough, 2000). De este enfoque en la tierra se extraen otros criterios que se presentan a continuación:

En la naturaleza, desperdicio es igual a comida.

El objetivo es eliminar de los procesos todos los elementos que no pueden ser considerados dentro de un proceso de vida sustentable y que no pueden ser eliminados de una manera no-tóxica. Este es el concepto recae en la circularidad de los procesos y el análisis de estos mismos para evitar los impactos medioambientales.

Costos ambientales y económicos visibles.

El diseño debe considerar los beneficios ambientales y económicos, haciéndolos entendibles en un corto y largo plazo (McDonough, 2000). Desde la arista económica del análisis se selecciona este criterio como referencia ya que considera una transparencia de los procesos y por lo tanto los costos asociados a estos deben ser claros para facilitar las decisiones futuras y la viabilidad del proyecto en general.

Por otro lado, Frosch y Gallopoulos definen un ecosistema industrial como un sistema integrativo, en el que el consumo energético sea optimizado y la generación de basura sean minimizados (Frosch & Gallopoulos, 1989). Preciséndolo como un sistema biológico análogo en el que productores y consumidores deben cambiar sus hábitos apoyando el modelo sustentable con el siguiente criterio:

Decrecer el consumo de materias primas y aumentar el uso de residuos.

Tiene como consecuencia la disminución de la acumulación y contaminación, propuestas basadas en estimaciones como que, en el año 2030, 10 billones de personas serán capaces de generar la suficiente basura como para cubrir la ciudad de California en Los Ángeles con 100 metros de profundidad (Frosch & Gallopoulos, 1989). En cuanto al material, comenta que debe ser circular, es decir que debe ser un modelo en que el material circule de una forma en otra.

Otro autor, Cervantes Torre-Marín habla sobre la ecología industrial (EI) y también se enfoca en el estudio de los procesos para hacerlos similar a los naturales, impulsando las interacciones entre la economía, la sociedad y el medio ambiente así ser más eficiente (Cervantes Torre-Marín, 2009)

En este caso se mencionan criterios a implementar en los nuevos procesos y para esta investigación se destacarán 3 en específico:

Tendencia a un sistema industrial de ciclo cerrado.

Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno.

Generación y mejora de puestos de trabajo.

En resumen, los criterios a seguir son principalmente enfocados en la reutilización de residuos como una nueva fuente para producir, así completando un ciclo de una manera más eficaz, extendiendo el ciclo de vida de la materia, promoviendo la colaboración de manera local entre personas, generando redes que aporten a un desarrollo de la idea inicial logrando ser un impulso económico por medio de la gestión de residuos y generación de nuevas actividades como una oportunidad de empleo para los involucrados.

| | |
|--------------------------------|---|
| Criterio Medioambiental | Tendencia a un sistema industrial de ciclo cerrado. |
| | Decrecer el consumo de materias primas y aumentar el uso de residuos. |
| | Eliminar el concepto de basura. |
| | En la naturaleza, desperdicio es igual a comida. |
| Criterio Económico | Generación y mejora de puestos de trabajo. |
| | Costos ambientales y económicos visibles. |
| Criterio Social | Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno |
| | Búsqueda de la mejora constante por el intercambio de conocimientos. |

Tabla n°1: Resumen criterios de sustentabilidad (Creación propia a partir de los autores revisados)

Residuos y ley REP

En el año 2020 y 2021 Chile ha sido el primer país de Latinoamérica en entrar a un sobregiro ecológico respecto a sus recursos naturales en el mes de mayo (OSD, 2020). Este déficit medioambiental demuestra que con el sistema actual en Chile y en otros países, no se es capaz de contrarrestar el consumo versus los recursos producidos.

La renovabilidad de recursos es una de las principales preocupaciones en cuanto a la sostenibilidad del medio ambiente, crucial en el desarrollo de la vida y la evidencia del impacto que tienen las actividades humanas en el planeta es visible, su resiliencia cada vez es inferior y las actividades industriales aumentan.

La evidencia científica muestra el riesgo de desestabilización del planeta como un sistema. Los límites planetarios contemplan el cambio climático, la integridad de la biosfera, la acidificación del mar, entre otros (Will Steffen, 2015).

Estos factores son una consecuencia de lo que conocemos como modelo de consumo lineal, definido en tres palabras como: Adquirir-Usar-Desechar. Esta problemática global incluye la gestión de los residuos como uno de sus factores, abordando la problemática desde las restricciones de plásticos de un solo uso, y por otro lado el tratamiento que tienen los distintos materiales.

En la Región Metropolitana las municipalidades se encargan del retiro y la gestión de los residuos, los cuales alcanzan cifras de 439 kg/per cápita al año 2017, aumentando gradualmente desde el año 2001 (OECD, 2021).

Estos son residuos provenientes de hogares, oficinas, instituciones, pequeñas empresas y espacios comunes y no considera los residuos por parte de las grandes industrias. Muchos de estos residuos terminan en contacto directo con el medio ambiente, alterando la flora y fauna del país. El Ministerio de Medio Ambiente en 2015 señala que "se limpiaron 81 balnearios, que sumaron 96 kilómetros, donde se recogieron 73 toneladas de basura. Esto que equivale aproximadamente a 1,3 toneladas de basura por kilómetro (MMA, 2015)."

El porcentaje de reciclaje de residuos plásticos es cercano al 9 % donde el 17 % de este proviene de hogares y un 83 % de las empresas (ASIPLA, 2019) y si bien, reciclar es una ayuda para la reducción de desechos, lo que el usuario final recicla es mínimo y se requiere una intervención de mayor carácter en el ciclo de vida de los productos. Esto requiere enfocarse en los productos que se diseñan y salen al mercado y por otro lado aumentar la responsabilidad que tienen las empresas en cuanto a los residuos que generan.

La legislación chilena busca gestionar los residuos con medidas como la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP).

Definida como un "instrumento económico de gestión de residuos que obliga a los fabricantes de ciertos productos, a organizar y financiar la gestión de los residuos derivados de sus productos." (MMA. 2020).

Esta medida promueve el uso de herramientas como el ecodiseño, fomenta el reciclaje y la disminución de los residuos producidos abarcando 7 productos de los cuales el productor debe financiar una correcta gestión ya sean productos importados o no. La prioridad para definir estos productos es en base a criterios de tamaño, toxicidad y masividad de su consumo, lo cual incluye aparatos eléctricos y electrónicos; pilas; envases y embalajes; diarios y revistas; neumáticos; baterías; aceites y lubricantes (BCN, 2019).

Esta medida presenta una oportunidad en cuanto al cuestionamiento de los productos actuales y su materialidad, ya que el 75 % de las empresas que analizan los materiales de sus envases y embalajes disminuyen costos y uso de recursos en distintas áreas de su ciclo productivo disminuyendo su carga ambiental. (Leyrep.cl, 2021).

1.1 Cerveza artesanal



Figura n°6: Fotografía variedades de cervezas artesanales. (Imagen de: Getty Images/iStockphoton).

Origen

La cerveza es una de las bebidas fermentadas más antiguas, con una amplia historia de descubrimientos y desarrollos, su origen se relaciona al periodo neolítico. Patrick McGovern, un "arqueólogo de la cerveza" habla de haber analizado químicamente bebidas fermentadas en base a arroz, miel y uva que se estaban produciendo en el 7.000 A.C, en Jiahu, China. Demostrando que para ese entonces estas bebidas ya se consideraban parte importante de la cultura, con hallazgos de residuos orgánicos dentro de vasijas cerámicas (McGovern, y otros, 2004).

Algunas investigaciones indican que también se fabricaba cerveza en Mesopotamia y en el antiguo Egipto entre los siglos V a.C. y II d.C. (National Geographic, 2017). Recientemente se descubrió una enorme fábrica de cerveza de 5000 años de antigüedad, desde el 3.100 A.C, lo que la convirtió en la más antigua encontrada en Abydos, Egipto. Esta cervecería podría haber producido hasta 22.400 litros que los investigadores señalan que se usaron en rituales de entierros a la realeza y ritos de sacrificio (Reuters, 2021).

Este líquido fermentado fue impregnando distintas culturas formalizándose con la Ley de la pureza, que estipuló que la cerveza solo podía elaborarse con agua, cebada y lúpulo. Esto fue en Alemania en el año 1516 y se exhibe el escrito en un antiguo monasterio de Aldersbach, como la ley de alimentos más antigua del mundo (National Geographic, 2017).

Su perfeccionamiento en cada cultura generó el aumento de producción y consumo a lo largo del tiempo. En cuanto a Chile, su introducción fue desde el extranjero, iniciándose con la apertura de puertos y su comercio principalmente europeo.

Explicado en un análisis por Juan Ricardo Couyoumdjian del instituto de historia de la Pontificia Universidad Católica, menciona que: "La cerveza se introdujo en Chile en los años de la Independencia. La producción masiva de la bebida despegó en la década de 1850 y para fines de siglo se consumía a través de todo el país" (Couyoumdjian, 2004).

La cerveza es una bebida la cual su consumo ha ido en aumento a nivel mundial, esto tiene una relación directa entre los consumidores y el volumen de producción. En Chile el aumento en consumo ha ido en alza, duplicando el consumo per cápita del año 2005 a casi 50 litros per cápita en 2018 (ACECHI, 2019).

La Asociación de Productores de Cerveza de Chile también comenta que “La producción nacional del último año se estima en 7,2 millones de hectolitros y las importaciones, según cifras de aduanas, alcanzan los 2,1 millones de hectolitros. Por su parte, de acuerdo con datos del SII, el número de empresas con giro de producción de cerveza ha mostrado un gran crecimiento, pasando de 30 en 2005 a 587 en 2015” (ACECHI, 2020). Lo que indica el crecimiento del sector artesanal, que en 2017 representaba el 1% de las ventas totales de cerveza en Chile, manteniendo tasas de crecimiento entre 15 y 20% anual.

En la segunda encuesta cervecera de Acechi en 2017, se refleja la visión del escenario actual de la cerveza, que indica que se construye una cultura cervecera mediante las oportunidades que la misma cerveza produce, es decir su vinculación con la gastronomía, el turismo y el potenciamiento de mercados locales que, a su vez, son los mismos espacios de comercialización, educación y cercanía del consumidor al entorno de producción. Esto responde a los distintos gustos y preferencias de los consumidores con una amplia gama de variedades de cerveza artesanal, diferenciándola de los grandes productores, ofreciendo la ventana de impulsar el sector premium de este mercado (Acechi, 2017).

Este se concentra principalmente en la región metropolitana, sin embargo, tiene focos en sectores más al sur como en la zona del Maule, Bío Bío, La Araucanía y Los Ríos. Esta última es la principal región exportadora, donde hay aproximadamente 35 cerveceras, de las cuales se producen cerca de tres mil litros al mes cada una, produciendo cerca de 300 toneladas de bagazo anual solo en esa región (CORFO, 2019).

Producción

La cerveza artesanal a nivel global se basa en la ley de la pureza que dice que para considerar una cerveza artesanal debe estar compuesta únicamente de agua, malta de cebada, lúpulo y levadura. Además de que su producción total debe ser menor a 7 millones de barriles por año siendo manejada de manera independiente (Galaz, 2017).

Los ingredientes de la cerveza son cuatro principales:

Agua: Es el principal componente, derivando textura de la bebida según la pureza y presencia de calcio y otros sulfatos.

Cebada malteada o malta: Es el grano cereal de cebada, malteado, es decir se inicia su germinación y esta se interrumpe secando y tostando. Contiene una considerable actividad enzimática y transforma el almidón en azúcar. Lo que después genera el alcohol al fermentar.

Lúpulo: Es una planta de la cual se extrae la flor, y esta se utiliza para dar el característico amargor ayudando a la preservación de la bebida.

Levadura: Es un organismo vivo unicelular, quien fermenta los azúcares, produciendo alcohol y gas carbonatado.

En Chile el mercado de cebadas y maltas existían dos principales empresas dedicadas a la cebada cervecera y su malteo, estas son Malterías Unidas y agroinversiones (Cruz, 2006). Malterías Unidas en sus inicios, ahora Maltexco adquiere Agro inversiones en 2011 convirtiéndose en líder del mercado chileno y controlando el mercado de maltas cerveceras para exportar a Colombia, Ecuador y Perú (Montero, 2017).

La producción de malta local alcanza 110.000 toneladas por año y 3.400 toneladas de maltas especiales (Montero, 2017). Estos productos han sido desarrollados para alcanzar un estándar de alta exigencia y con variedades europeas, permitiendo abastecer a las dos principales cerveceras del país, CCU y Cerveceras Chile (MALTEXCO, 2021), que aportan con el 94 % de los ingresos para el negocio de la malta, dejando un 6 % de ingreso por parte de las cerveceras artesanales.

Las cerveceras artesanales obtienen sus insumos a través de distribuidores minoritarios que venden el producto de Maltexco y otras marcas importadas que vienen de Alemania, Dinamarca, Suecia, Australia, Canadá y Argentina (Cruz, 2006).

Existen variaciones en las recetas que pueden agregar otro tipo de cereales como maíz, avena u otro similar, sin embargo, la malta es el insumo base por excelencia.

Ahí es donde inicia el proceso de producción de la cerveza con 9 principales pasos, representados en el gráfico 2 e ilustrados en la figura 7, con sus respectivas etapas:

1. Malteado: Este proceso es en el cual el cereal de cebada se hace germinar de manera controlada, con humedad para que desarrolle las enzimas necesarias para su posterior maceración (Verdú, 2016) y a continuación se somete a aire caliente, para detener este proceso y maltear o tostar. Esto producirá el tono del grano, lo que posteriormente genera el color y amargor en la bebida.

2. Molienda y maceración: El grano se puede moler húmedo o seco, la idea es abrir la semilla para facilitar el actuar de las enzimas, que en contenedores se vierte agua y controlan las variables de temperatura para que las enzimas conviertan el almidón en azúcar fermentable y proteínas en péptidos y aminoácidos (Torrente, 2019).

La temperatura suele ser de 65 °C y proporción de agua de 3 litros por kilo de grano. Los tiempos y temperaturas pueden variar según el tipo de grano y variedad cervecera que se esté trabajando. (Verdú, 2016)

3. Filtración del mosto: En esta parte del proceso es cuando se separa el grano (bagazo u orujo) del mosto, el líquido macerado. El subproducto orujo generalmente se utiliza como alimento para la ganadería (Los cervecistas, s.f.).

4. Cocción: El mosto tiene un color caramelo y sabor dulce, este se somete a cocción, incorporando el lúpulo para dar amargor, coagular proteínas y taninos hirviéndolo durante aproximadamente 90 minutos (Torrente, 2019).

5. Enfriamiento: Consiste en separar el lúpulo y restos sólidos, y enfriar el fluido gradualmente hasta una temperatura determinada por la cepa o variedad en cocción, principalmente hay dos grandes familias lager y ale, y pueden ser entre 8° y 20° C. Para esto se utiliza un intercambiador de hélice o de manera más industrial serpentines de acero por el que fluye agua fría o en algunos casos profesionales, nitrógeno líquido (Verdú, 2016).

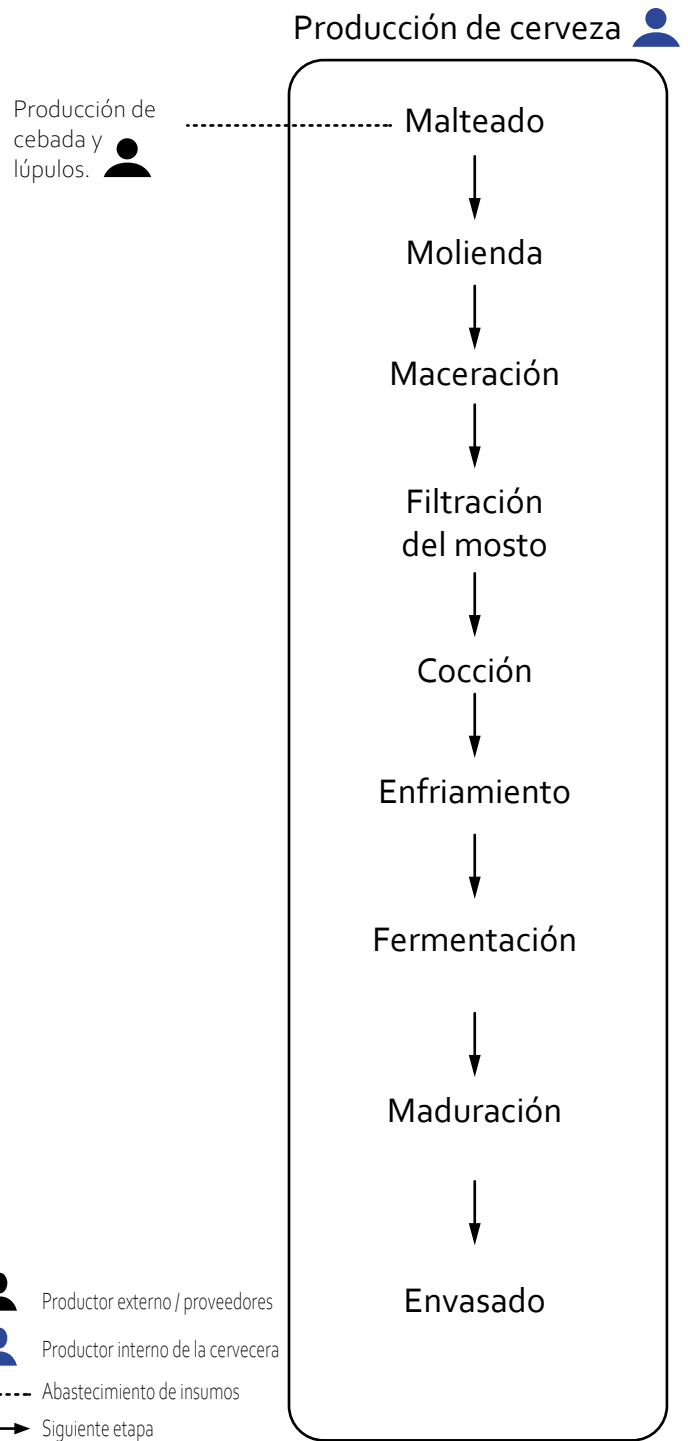


Gráfico n°2: Proceso y actores de la preparación de la cerveza (Autoría propia).

6. Fermentación: Una vez ya en los tanques de fermentación se añade la levadura, esta es la etapa más importante del proceso, es donde aparecen el alcohol y CO₂ fermentadas de los azúcares (Los cervecistas, s.f.). Generando gran variedad de otros compuestos que contribuyen al aroma sabor y color. Esta parte del proceso puede durar entre 8 y 10 días (Torrente, 2019).

Producción de cerveza

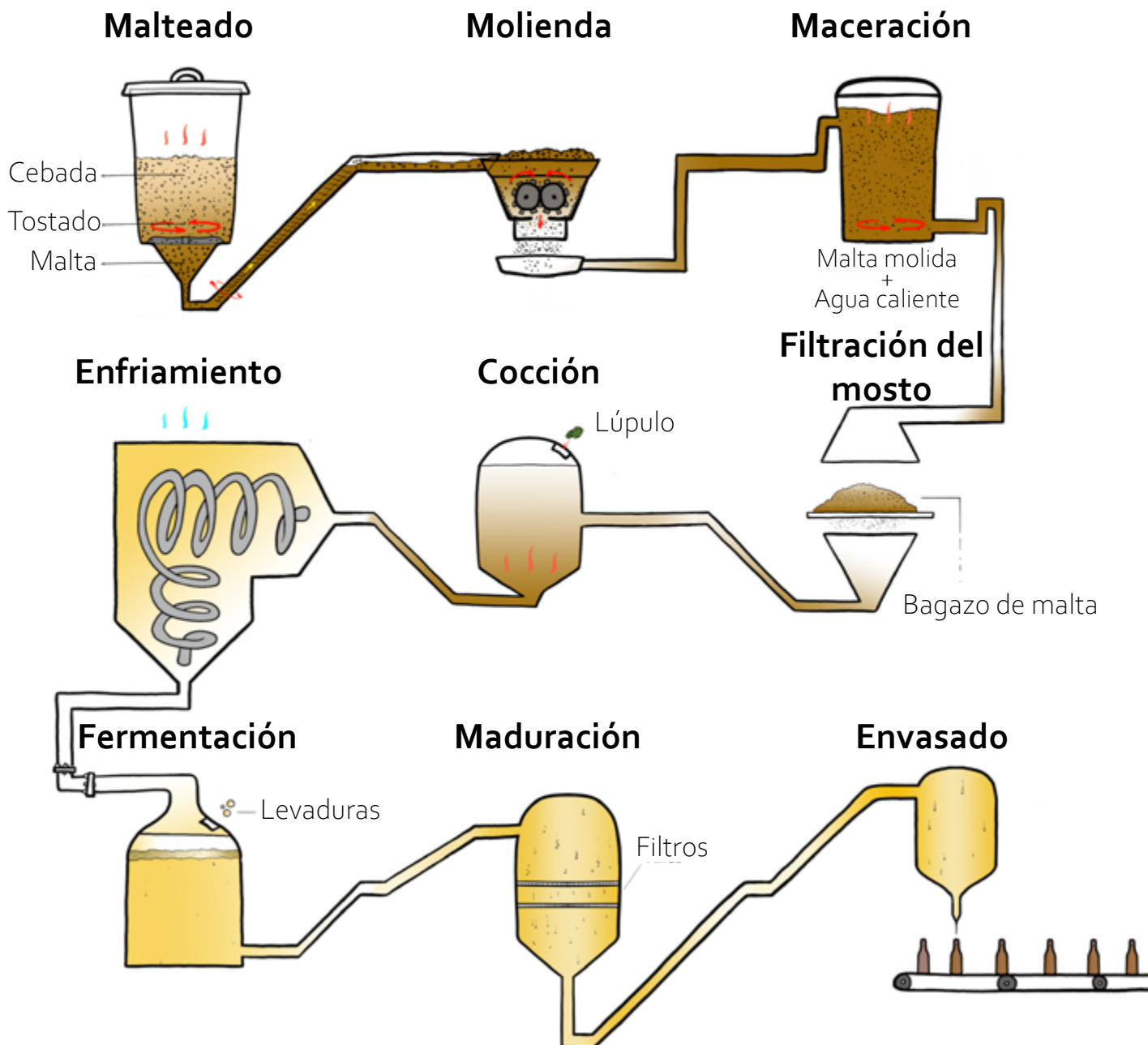


Figura n°7: Ilustración del proceso de producción de la cerveza (Creación propia).

7. Maduración: Este proceso es la parte en que se somete a bajas temperaturas, entre -1° y 4°C asegurando la afinación de sabores y olores en la cerveza (Torrente, 2019).

Este proceso puede durar de 2 semanas a 6 meses (Verdú, 2016).

8. Envasado: Una vez lista la cerveza se debe pasteurizar, con el fin de garantizar la eliminación de organismos que puedan afectar la duración de la cerveza en el mercado y garantizar las condiciones óptimas y así pasar a la línea de embotellamiento (Torrente, 2019).

Estos pasos básicos de la producción de la cerveza se replica en distintas empresas, variando su infraestructura, recetas, e implementos de distintas calidades. Como en todo proceso, mientras el equipamiento sea profesional y se controlen óptimamente los factores internos y externos del proceso, determinarán la calidad del producto final.

Grano de malta

En la etapa de filtración del mosto se obtiene el cereal macerado. Este es el subproducto que se conoce como bagazo u orujo, este grano representa el 85 % de todos los residuos que produce la industria cervecera. Cada 20 litros de cerveza se genera 4,5 kilos de cereal como residuo (CORFO, 2019).

Se tiene registro que en España en el año 2017 se produjo aproximadamente 600.000 toneladas de bagazo que fueron destinadas a alimentación animal (Torrente, 2019). Ese es el principal destino, al parecer una manera simple de redireccionar el residuo de la industria, también aplicado en Chile, por sus atributos nutritivos y con otros usos en menor proporción como elaboración de ladrillos, fabricación de papel y enmiendas de suelo (Venandy, 2012).

Este residuo también se estudia y utiliza en la producción de energía, al ser material orgánico se transforma por procesos complejos en carbón, o biogás. De igual manera la industria farmacéutica estudia el subproducto debido a la presencia de ácido ferúlico del bagazo (Torrente, 2019).

Este material se considera un material lignocelulósico debido a su procedencia orgánica y composición, proveniente de la estructura de la materia prima. El grano de cebada está conformado por la cáscara, pericarpio y fragmentos de endospermo contenidos en el bagazo (Figura 8).

El bagazo está principalmente compuesto de proteína (31 % del peso seco), pentosanos (19 %), lignina (16 %), almidón y b-glucanos (12 %), celulosa (9 %), lípidos (9 %) y ceniza (4 %) (Prentice & Resfsguard, 1978).

Las partes del grano salen de la maceración ya molidos, en una mezcla de todas las partes del grano que contiene un porcentaje húmedo mayor al 70 % y un gran contenido de azúcares, haciéndolo propenso a deteriorarse rápidamente. Por lo que un sistema de deshidratación y secado favorece su conservación (Santosa, Jiménez, Bartolome, Gómez-Cordovés, & Nozal, 2002).

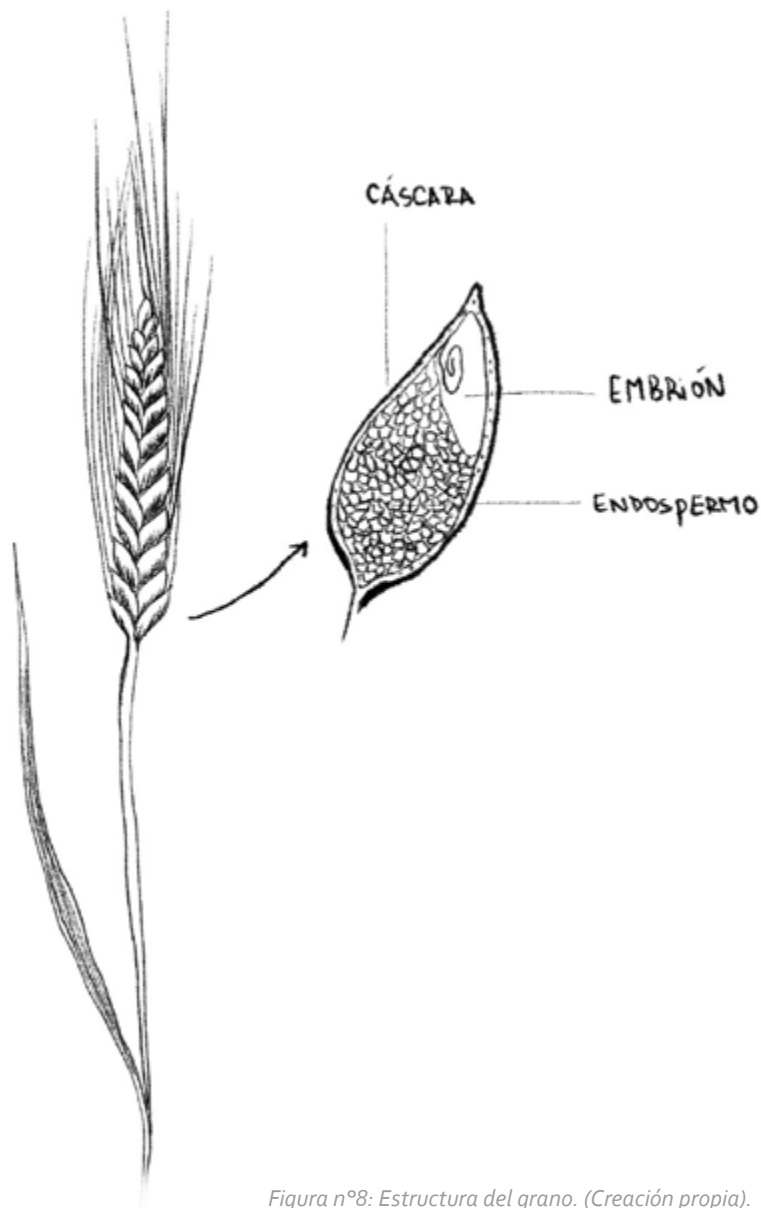


Figura n°8: Estructura del grano. (Creación propia).

1.2 Usuario



Figura n°9: Fotografía de usuarios y cervezas artesanales. (Imagen de: Getty Images/iStockphoto).

Experiencia de usuario

La experiencia del producto involucra distintas disciplinas que se han interesado a lo largo del tiempo con el fin de generar un vínculo positivo con los usuarios, Desmet y Hekkert la definen como “todo el conjunto de afectos que provoca la interacción entre un usuario y un producto, incluido el grado en que todos nuestros sentidos se gratifican (experiencia estética), los significados que atribuimos al producto (experiencia de significado) y los sentimientos y emociones que se provocan (experiencia emocional) (Desmet, 2007).”

Estos tres niveles de experiencia son conceptos separados, sin embargo, estos se enlazan y son difíciles de distinguir. Ese es el motivo por el que describen cada uno para dar un marco general en el cual existe una jerarquía que prioriza el componente emocional del producto ante que los otros dos.

La experiencia humano-producto consideran la interacción instrumental, interacción no instrumental y también una interacción no física que tiene que ver con las expectativas que genera el producto antes o después de la interacción.



Figura n°10: Interacción entre producto y usuario. (Creación propia).

Experiencia estética: Considera la percepción del usuario sobre los componentes del producto, una evaluación apoyada en los sentidos, abarcando la interacción física en la experiencia, por lo que se debe centrar las observaciones en las habilidades tanto perceptuales como motoras y cinestésicas de los usuarios para potenciar las acciones de experiencia sensorial (Desmet, 2007).

Experiencia de significado: Está ligado a la función simbólica de los productos, apoyándose en la interpretación de los objetos a través de los procesos cognitivos donde la semántica y la asociación dan espacio para distintos resultados por diferencias individuales y culturales (Desmet, 2007).

Experiencia emocional: Las emociones como se conocen en el lenguaje cotidiano, como la alegría, ira, miedo, amor, deseo, entre otras son el resultado de un proceso cognitivo automático e inconsciente. Son estas emociones evaluadas automáticamente por el usuario que valoran la experiencia tanto de eventos como productos, dándoles un significado en un contexto determinado.

Al someter distintas personas al mismo producto, resultaran distintas emociones debido a que existen las variables de cada persona como, la personalidad, cultura, edad, gustos, experiencias pasadas, entre otros. Además de las variables del producto, como el material en este caso o su forma, textura, color, olor, entre otros (Desmet, 2007).

Cada experiencia se desenvuelve en un contexto que debe ser analizado para evaluar el proceso, estas consideran desde el espacio físico, hasta los ámbitos sociales, ambientales y económicos.

Consumidor de cerveza artesanal

El usuario como actor principal de la experiencia, la evalúa mediante las emociones resultantes desde sus propias preocupaciones y la interacción con el producto.

La cerveza como producto aumentó su consumo a 50 litros per cápita en el año 2018, lo que refleja el gusto de la gente por la cerveza. En la revista global de negocios financiado por el Instituto de investigación de negocios y finanzas (IBFR) del año 2017, se encuentra un estudio hecho en la Universidad Técnica Federico Santa María sobre el consumidor de cerveza artesanal.

En este análisis definen dos tipos de usuarios, en distintos segmentos, de los cuales se encuentra el grupo más joven entre 23 y 29 años, principalmente universitarios, con una menor frecuencia de consumo. El segundo grupo alcanza un rango mayor, entre 24 y 35 años, con estudios universitarios completos y mayor consumo de cervezas con una mediana de 2 veces por semana. En este estudio se lograron 246 respuestas efectivas de las cuales el 75 % es de hombres (Robin, Martínez, Astorga, Valencia, & Medel, 2017).

En la tabla nº2 se sintetizan las características y atributos de interés del consumidor a la hora de comprar cerveza artesanal obtenidas de este estudio.

| Característica/ Segmento | Grupo 1 | Grupo 2 |
|-----------------------------|--|--|
| Edad | 23-29 | 24-35 |
| Características | Estudiantes Imc normal | Estudios universitarios completos Sobrepeso (Imc) |
| Consumo | Mediana de 1 vez por semana | Mediana de 2 veces por semana |
| Atributos de interés | Calidad Tipo de envase Precio Recomendación | Calidad Tipo de cerveza Marca |
| Atributos de desinterés | Información del envoltorio. Espuma | Precio Tipo de envase |

Tabla nº2: Resumen características del consumidor (Robin, Martínez, Astorga, Valencia, & Medel, 2017) (Creación propia).

La conclusión en base a este análisis es que a la hora de comprar una cerveza artesanal la calidad de la cerveza es un requisito base para ambos grupos, mientras que lo diferenciador entre segmentos es que, el grupo 1 tiende a tomar decisiones en cuanto al precio y el tipo de envase, definiendo una preferencia económica, al contrario del grupo 2 ya que este prioriza las distintas cepas antes que su envase y precio.

1.3 Estado del arte



Figura n°11: Exposición del biomaterial a la luz. (Creación propia).

Soluciones para el bagazo

Hoy en día el bagazo de malta se suele dar como alimento para el ganado, desde caballos hasta ovejas y corderos (Ferrari, 2017) debido a la composición del bagazo de malta y su alto valor nutricional como proteína, vitamina B y fibras, llegando también a ser utilizado para el consumo humano como el pan de bagazo (Cerveza Isla Verde, 2019) o barras nutritivas veganas en conjunto de otros aditivos orgánicos (B-Cycle, 2021).



Figura n°12: Pan de bagazo de malta y harina blanca (Fotografía de "Donde Engordo")

Además de la creación de compost y fertilizante orgánico a partir de este residuo existen proyectos como Life Brewery que busca la reutilización del bagazo como nueva estrategia para aprovechar el residuo de las cervecerías en la unión europea como alimento para acuicultura, reemplazando la harina de pescado y así reducir costos mediante un apoyo sustentable de reutilización de residuos (Life brewery, s.f.).

En Chile B-cycle es una marca nueva con el enfoque de dar un nuevo uso al bagazo de las grandes industrias como en su caso particular con la producción Becker de Cervecerías Chile, mostrando dos soluciones como el biopackaging para cervezas en latas y barras de cereal con alto valor nutricional (B-Cycle, 2021).



Figura n°13: Packaging biobasado para latas de cerveza (B-cycle, 2021).

Este proyecto en particular es una referencia directa para la investigación ya que comparte los mismos criterios de sustentabilidad en relación a la compostabilidad del material, concepto de resignificación del concepto basura dentro de un sistema circular de producción en la cervecera nacional, sin embargo, no se ha logrado obtener más información acerca de la composición del material ni de su propuesta debido a que aún sigue en desarrollo. Se observa una búsqueda de un material compacto y rígido, probablemente en formato de pellet y con posibilidades de proyectar a procesos de inyección, lo cual incrementa las posibilidades de desarrollar productos más complejos y duraderos.

Un proyecto similar en Alemania por Niko Stoll y Tillmann Philipp a partir del bagazo de cerveza crea el mismo concepto mediante un proceso de prensado con el argumento en común de la reutilización de residuos (Stoll & Philipp, 2020). Desarrollando un packaging con el objetivo de obtener un material natural y biodegradable que en un futuro reemplace los materiales provenientes del petróleo. En este proyecto no se ha podido acceder a más información en relación con los componentes del material, sin embargo, es evidente el resultado de un proceso de diseño completo, con características estéticas muy claras y presenta un concepto muy atractivo mediante el prensado y moldeado de su material.



Figura n°14: Packaging biobasado para latas de cerveza (Stoll & Philipp, 2020).

Material Driven Design (MDD)

Es un método que se construye en torno a la experiencia provocada por las características del material propuesto. Anouk Zeeuw van der Laan, aplica la metodología con el objetivo de contribuir a la sustentabilidad mediante el diseño de material con residuos de comida, en este caso, la borra de café (Karana, 2015).

Contribuye con su método de trabajo y su documentación, ya que este proyecto hace una aplicación de la metodología, permitiendo comprender de mejor manera, en especial los pasos relacionados al significado que toman los materiales para los usuarios. Define una visión de usar residuos para aportar en el desarrollo sustentable, además un significado ligado a los conceptos de modesto y provocativo, derivado de las calificaciones sensoriales recogidas en las respuestas que otorgaron los usuarios en la interacción del material aportando a la experiencia material. (Laan, 2014).

Uno de los aspectos no observados es el desarrollo del diseño conceptual, que corresponde al último de la metodología en el que se debe dar forma a este significado y conceptos trabajados, este producto consiste en un contenedor tipo macetero hecho de borra de café, el cual aporta nutrientes al cultivo que contiene, siendo una primera aproximación a la aplicación del material desarrollado y un referente para el desarrollo de otros biomateriales.

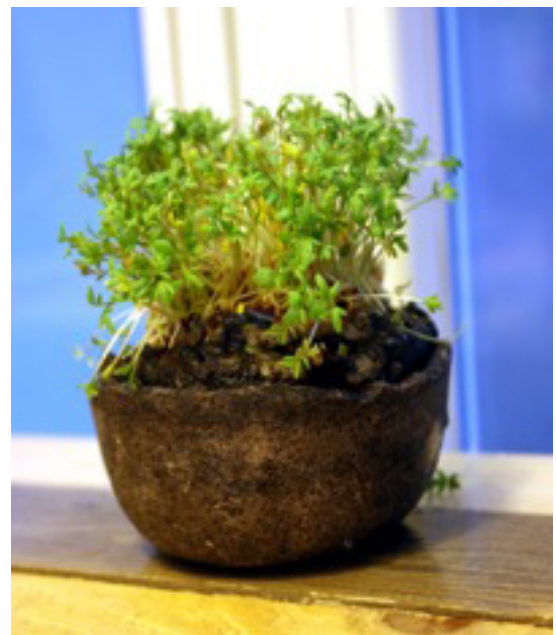


Figura n°15: Maceta de borra de café desarrollada con metodología MDD (Karana, 2015).

Biomateriales

Como referente de biomateriales, Labva representa la investigación y experimentación de nuevas materialidades como una herramienta para un cambio medioambiental y ciudadano. Desde su laboratorio de biomateriales en Valdivia, enfoca su trabajo en materiales naturales desde el territorio y de manera transdisciplinar, logrando nuevas recetas, proyectos y aplicaciones para su difusión basado en una metodología de cultivo de organismos y recetas de cocina, como ejemplo la figura n° 16 en la que se ve un bioplástico derivado del cuesco de palta. (Labva, 2021).



Figura n°16: Bioplástico a partir de cuesco de palta (Labva, 2021).

Labva también está presente en Materiom, otro gran referente en cuanto biomaterialidad. La plataforma digital Materiom consiste en una base de datos abiertos para la fabricación de biomateriales, buscando nutrir la economía y ecología local desde la selección de materiales presentes en la biomasa local, considerándolo como parte fundamental de una economía circular regenerativa (Materiom, 2021).

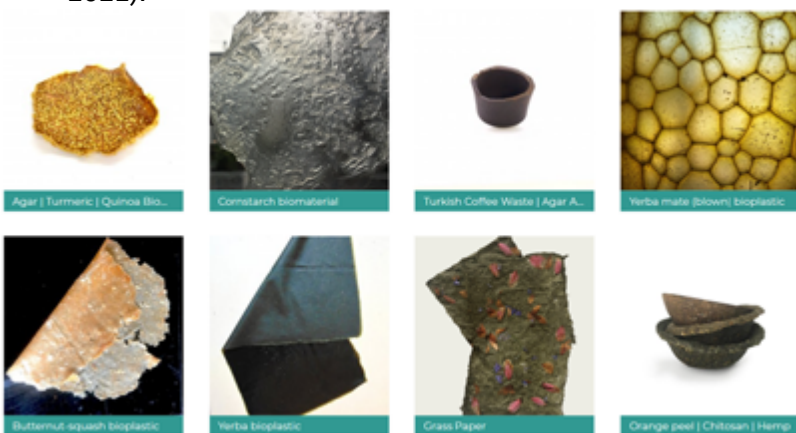


Figura n°17: Fragmento de recetario de biomateriales (Materiom, 2021).

Estas organizaciones como Labva y Materiom, permiten la colaboración y el acceso a información para poder replicar e ir iterando los procesos con facilidad, así mismo generar redes entre los distintos creadores e investigadores y conectar distintas localidades.

Otra referente es Clara Davis, una diseñadora enfocada al estudio de materiales sustentables aplicándolo al área de la moda en Barcelona, desarrolló un proyecto de investigación de materiales en el que aplica residuos alimentarios y almidón de tapioca para generar lo que denomina biocuero (Figura n°18). Generando en una propuesta de bolsa sustentable, económica y biodegradable, que requiere poca energía y es fácil de producir. Este concepto potencia la idea de sustentabilidad en la forma de diseñar de la cuna a la cuna y promueve la reutilización de materias primas (Clara Davis, 2020).



Figura n°18: Bolsa de biocuero a partir de residuos alimentarios (Davis, 2020).

Este diseño de material nace desde las motivaciones de hacer sustentable los procesos y la elección de materiales para la industria de la moda, destaca la estética y acabados en el resultado, este proyecto abre las posibilidades de experimentar con materiales, visibilizando la problemática y todo el proceso de producción que hay detrás. Demostrando que se puede llevar a cabo con pocos recursos y creatividad en un proceso de bajo consumo energético.

Otra muestra de materiales biobasados es un destacado proyecto chileno de la diseñadora Margarita Talep, desarrollado en un marco sustentable y motivado por la problemática de plásticos de un solo uso, proponiendo un cambio hacia el packaging hecho en base a un biolaminado derivado de algas.

Aportando al diseño de materiales, utilizando materias primas de la flora marina local, además del estudio cromático con tintes de otros elementos naturales, que crea una base para posteriores trabajos realizados con el material. La degradabilidad de este material hecho packaging es una de las características fundamentales, ya que se reintegra al medio entre 2 y 4 meses según las condiciones del ambiente (Talep, 2017).

Un aspecto no observado en este referente es la estandarización del proceso, su formulación o producción, quedando en una atractiva propuesta conceptual, sin información clara de las barreras o límites del proyecto.



Figura n°19: Proyecto Desintegra.me, packaging a partir de algas (Talep, 2017).

Con relación a la utilización de algas de las costas chilenas, otro proyecto llamado Lugae se basa en las algas rojas, específicamente la carragenina la cual se extrae en la zona sur de nuestro país. Dentro de su metodología está incluido el compartir y difundir información del material y el proceso con el fin de generar un conocimiento colectivo (Marquez, Pacheco, Vio, & Vivanco, LUGAE, 2020).

Este aporte abre las puertas y permite que surjan distintas aplicaciones concretas del material, se escoge como referente debido a su proceso de caracterización tanto física como perceptual, las dos principales aristas de la constitución de un material. Del cual se desprende qué tipo de propiedades se puede esperar y da noción de requerimientos de diseño, como su trabajabilidad con tecnologías de corte láser para generar patrones laminares, pliegues, uniones, acabados, entre otras pruebas de flexión y tracción que se comparan con las de los plásticos.



Figura n°20: Proyecto Lugae, muestras de carragenina, entramados con corte láser, moldeado y plegado (Marquez, Pacheco, Vio & Vivanco, 2020)

Estos proyectos han sido revisados por compartir el concepto de búsqueda de nuevos materiales, la reutilización de residuos y el compromiso con el desarrollo sostenible para otorgar posibilidades más amigables y de mayor significado antes que los plásticos petróleo basados de un solo uso que acostumbramos a ver en los productos que consumimos en la actualidad. La innovación mediante los materiales trae consigo un cambio tanto ambiental como social y responde a las nuevas preocupaciones de las personas y la experiencia que quieren en su entorno.

1.4 Aglomerantes

Figura n°21: Luga roja, *Sarcopeltis skottsbergii* (Algalab, 2020).

Chile tiene una costa de 6435 km dentro de la que podemos encontrar más de 800 especies de macroalgas, se extraen por la cualidad hidrocoloide de sus componentes, esta capacidad de formar geles, espesar o estabilizar mezclas de manera homogénea a nivel óptico, y heterogéneo a nivel microscópico, utilizado en industrias alimenticias y farmacéuticas.

Agar

Es un extracto de las algas rojas (Rhodophytas), produce una solución gelatinosa y forma parte de las paredes celulares de ciertas especies de algas. Generalmente son usadas como medio de cultivo en trabajos microbiológicos, es el sustituto vegetariano de la gelatina, espesante para líquidos, conservas, postres y otros (Materiom, 2021).

La producción mundial de agar es de 8000 toneladas anuales y Chile es el principal productor en el mercado con un 30% de la producción de este componente (Ondarza & Rincones, 2008).

Las especies más comunes en Chile para la extracción de agar son:

Gelidium Lingulatum: Es una fronda de color púrpura con bordes denticulados que puede llegar hasta una altura de 35 cm. Coloquialmente llamadas champas que se pueden encontrar desde Antofagasta hasta Talcahuano, por lo general en ambientes rocosos de difícil acceso (Cubillos, S.f).

Gelidium Filicinum: Similar a la especie anterior, pero de menor tamaño, alcanzando hasta 15 cm de extensión, de color púrpura oscuro con aspecto a helecho. Se extiende desde las costas de Perú y Chile hasta Talcahuano (Cubillos, S.f).

Gracilaria Chilensis: Tiene forma de filamentos cilíndricos y aspecto cartilaginoso con tonos verdosos, esta especie habita en la costa chilena hasta Chiloé (Cubillos, S.f).

Carragenina

Los carragenanos o carrageninas son una familia de polisacáridos que se extraen de las algas rojas. Son utilizados en la industria de alimentos, principalmente en aplicaciones en productos lácteos y cárnicos, debido a la capacidad que tiene a unirse con proteínas, tiene propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. (Materiom, 2021)

La extracción de carragenina es alrededor de 42930 toneladas anuales (Cubillos, S.f). y tiene una forma molecular de polisacáridos sulfatados, con variable ester. Está definido como una estructura química en forma de cadenas lineales de unidades alternadas de D-galactosa y 3,6 anhidro D-galactosa (3,6 AG), unidas a través de enlaces glicosídicos α -1,3 y β -1,4, a excepción de la carragenina lambda, que sólo está compuesta de unidades de D-galactosa (Fennema, 2000).

La mayor industria en Chile que genera este producto es Gelymar, desde hace más de dos décadas siendo un distribuidor primordial para productores mundiales en la cadena de alimentos, farmacéutica y de cuidado personal. Los principales destinos de exportación son países como China, Japón, Francia, Dinamarca, Estados Unidos, México (Mancilla, 2012).

Para la extracción de carragenina se recolectan distintas especies según crecimiento en agua fría o tropical. Existen 3 tipos principales de carrageninas, Kappa, iota y lambda que responden a distintas características y aplicaciones (Mancilla, 2012).

Tipo Kappa I: Genera geles firmes y quebradizos en agua.

Tipo Kappa II: Genera geles firmes y elásticos en agua y leche.

Tipo iota: Geles elásticos, Son más estables térmicamente.

Tipo Lambda: No gelifica y es viscoso.

La clase Rhodophyceae corresponde a las algas rojas, también conocidas como rodofitas (Gráfico nº3). La primera diferenciación entre familias de algas se encuentra entre Gigartinaceae y Solieraceae, que tiene como principal rasgo la temperatura de aguas en las que crecen y cultivan las algas (Solís, 2007).

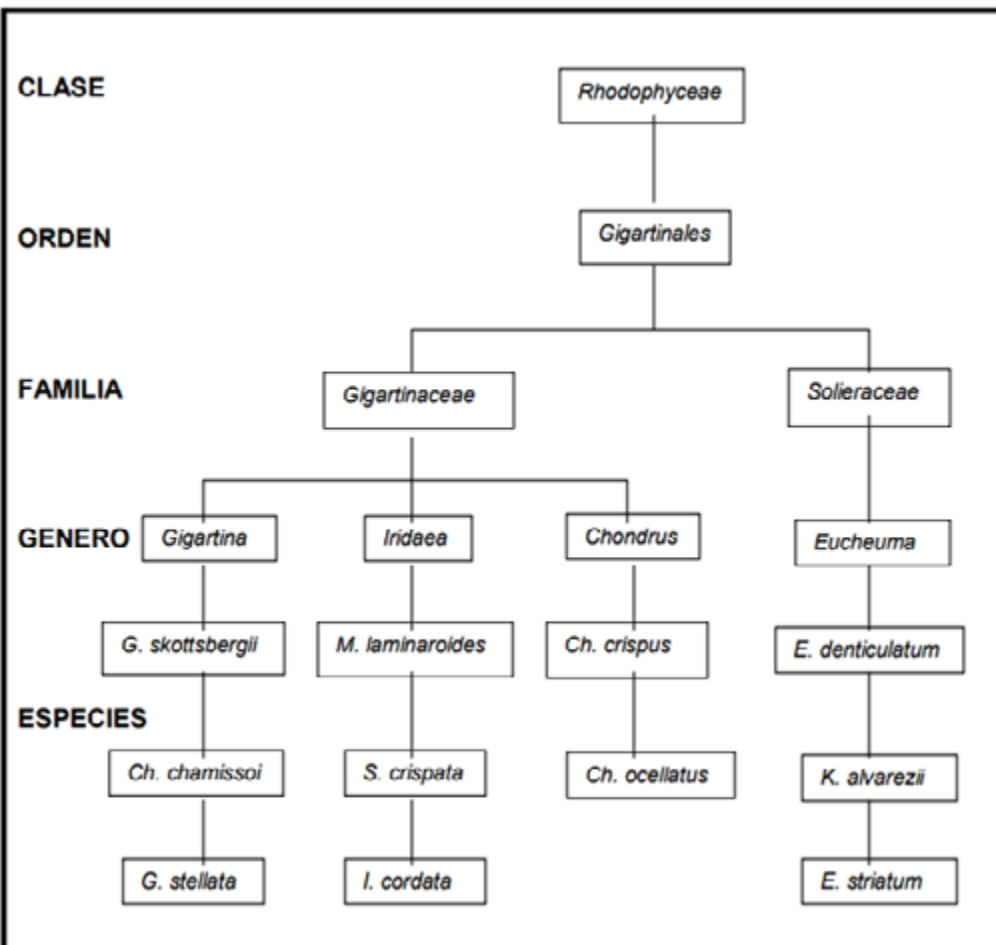
Filipinas e Indonesia tienen costas de aguas cálidas en las que se da el crecimiento de algas Solieraceae. Por su parte, las costas como Perú, Canadá, y Chile son de aguas frías y tienen mayor presencia de especies (Mancilla, 2012).

Gigartinaceae:

Gigartina skottsbergii: Se encuentra desde Cabo de Hornos hasta Valdivia. Chile, es conocida como Luga roja y habita en la profundidad.

De esta especie se extrae tipo **Kappa II y Lambda**.

Sarcophalia crispata: Se encuentra desde el sur de Perú y todo Chile. También se conoce como Luga negra y se desarrolla en zonas más rocosas y de poco oleaje. De esta especie se extrae **Kappa II y Lambda**.



Chondracantus chamissoi: También se conoce como chicoria de mar, se produce entre Chiloé e Iquique, en zonas más profundas de oleaje tranquilo, y se extrae para producir tipo Kappa II y Lambda.

Solieraceae:

Kappaphycus alvarezii: Conocida como cottonii, por su especie Euclima, de aguas tropicales de la cual se puede extraer carragenina tipo **Kappa I**

Euclima Denticulatum: También Spinosum de aguas tropicales para producción de carragenina **iota** (Mancilla, 2012).

Gráfico nº3: Esquema de especies de algas Rhodophyceae (Solís, 2007).

Producción

Los métodos más empleados son el japonés y el de Estados Unidos; el primero es menos costoso ya que usa procesos naturales, mientras que el segundo tiene más complejidad, por lo que se necesita mayor inversión.

Se revisa el método japonés ya que para la aplicación a los biomateriales se busca un proceso natural que garantice la propiedad de aglomerar.

De manera resumida el proceso de extracción tanto de la carragenina como el agar comienza con la recolección de diversos tipos de algas rojas, estas se cortan desde la fronda, es decir, que el sustrato del alga o sus "raíces" deben quedar intactos para que pueda regenerarse. Esta parte del proceso es de manera manual. Son clasificadas y lavadas rigurosamente así evitar las impurezas para después secar al sol, esto purifica y clarifica el alga (Cubillos, S.f).

Si bien la clarificación es importante para la producción mundial ya que es un requerimiento a nivel industrial debido a su aplicación en comida, farmacéuticos y otros, no es realmente necesario para sus cualidades aglomerantes.

El alga se hierva en agua en relación 5:1 de Agua/Alga durante 5 o 6 horas, para después agregar 10 partes de vinagre por 1000 partes del alga y hervir durante 30 minutos más. Ese líquido resultante se filtra y se deja gelatinizar en reposo hasta que se pueda trozar.

Los trozos se dejan en un ambiente frío por las noches, y durante el día se purifica naturalmente el extracto a medida que se diluye la parte líquida restante, que se puede secar al sol así lograr el extracto deshidratado (Cubillos, S.f).

En algunos otros casos se precipita con ayuda de otros elementos alcalinos o alcohol, ya que está en un estado fibroso, después se deshidrata y muele según los requerimientos de granulometría deseada. Finalmente se mezcla y estandariza para la comercialización (Mancilla, 2012).

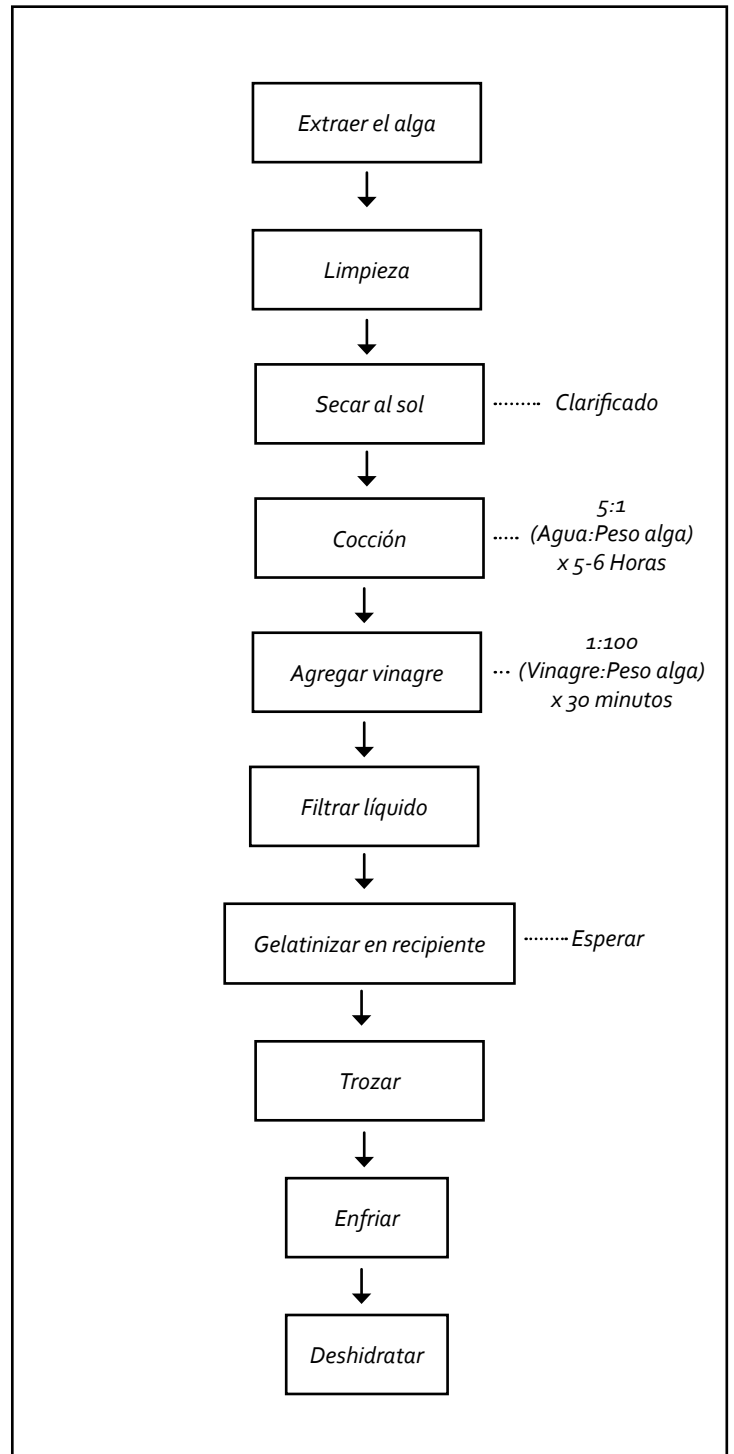


Gráfico n°4: Proceso natural de extracción de aglomerante (Autoría propia).

Beneficios y desventajas

Para complementar la información acerca de la posibilidad de utilizar extractos de alga como aglomerante, se selecciona distinta información recopilada en la revisión de bibliografía y categorizan como atributos de potencial beneficio o desventaja.

Principalmente los beneficios del cultivo se tienden a comparar con el cultivo en tierra, ya que tiene muchas ventajas en cuanto a tiempos de regeneración y beneficios ecológicos. Las desventajas se enfocan en la estacionalidad de las especies y la precaución ante la sobreexplotación de la flora marina.

| Beneficios | Desventaja |
|---|---|
| <i>El desarrollo de investigación científica puede asegurar una mejor producción y crecimiento. (BUSCHMANN, CORREA, WESTERMEIER, & HERNANDEZ, 2001)</i> | <i>Biomasa en periodos estacionales dificulta la recolección (Zamorano & Westermeier, 1996).</i> |
| <i>Las algas de agua fría tienen un rendimiento total de carragenina/materia seca mucho mayor que el de las algas tropicales (IMR, 1999).</i> | <i>Que tenga un mayor rendimiento Carragenina/materia seca incrementa su valor (IMR, 1999).</i> |
| <i>Los cultivos de algas marinas absorben CO₂ como parte de su proceso biológico. Dentro de su ciclo de vida las algas reducen la cantidad de CO₂, sin devaluar los suelos y sustratos de cada fronda, como sucede con la agricultura en tierra, que una vez cosechado se debe trabajar el suelo otra vez (Glacier Bay National Park and Preserve, 2018).</i> | <i>La extracción y recolección de las algas deben estar bajo supervisión y con capacitaciones para los recolectores, para prevenir daños a la base del sustrato ni una extracción desproporcionada.</i> |
| <i>El cultivo de algas evita la deforestación, sobredosis de fertilizantes, la combustión de maquinarias, y aprovecha las aguas del entorno marino funcionando de manera simbiótica con otras especies (Bate, 2018).</i> | |
| <i>Es una opción para la experimentación de biomateriales, aprovechando sus propiedades espesantes y aglomerantes.</i> | |

Tabla n°3: Beneficios y desventajas de la extracción de algas. (Creación propia).

Capítulo 2. Métodos

Figura n°22: Fotografía de muestras del material en área verde (Creación propia).

Antecedentes del proyecto

Las primeras aproximaciones a la experimentación con materiales biobasados desde la perspectiva del diseño, se realizó en un workshop de biomateriales impartido por el FabLab Santiago. En esta experiencia se hizo un reconocimiento teórico y práctico de distintas recetas de materiales, enfocada principalmente en las bioláminas a partir de algas, algunas recetas eran parte del desarrollo del proyecto Lugae y otras presentes en la base de datos de Materiom.

Las muestras se realizaron en cocinillas eléctricas y a gas, controlando variables de temperatura con termómetro digital, utilizando vasos precipitados y pipetas para luego experimentar en distintos moldes que había a disposición. El resultado fueron distintos materiales biobasados y un dominio básico para la elaboración de bioláminas a partir de Agar y Carragenina y la posibilidad de generar distintas muestras experimentales con tintes, cargas de aserrín, borra de café, entre otros. A partir de esto, se decide iniciar el proyecto para la reutilización del bagazo de malta.

Materiales e implementos utilizados

Los componentes base del material se definieron gracias a la experiencia previa y la disponibilidad de los recursos para la experimentación, estos componentes son el bagazo de malta, agar, carragenina, glicerina líquida y agua filtrada.

Los implementos para la experimentación son principalmente una olla metálica, jeringa, vaso graduado, pesa de gramos, recipientes, tamices, bandejas, moldes, deshidratadora, molinillo electromecánico y grabadora láser de escritorio.

Métodos

El método se desglosa en distintas etapas que nacen de los objetivos específicos del proyecto:

I. Analizar la producción de cerveza y el subproducto como materia prima

Esta primera etapa de descubrir la cervecería y el grano busca el reconocimiento de la línea productiva y los flujos de materiales. Es un proceso divergente que plantea actividades exploratorias e informativas, ya que busca entender el problema involucrándose dentro de los nuevos conceptos que rodean el tema central, en este caso tanto de la producción cervecera, el residuo y sus componentes.

| Objetivo I | Etapa | Tarea |
|---|---|---|
| <i>Analizar la producción de cerveza artesanal y el subproducto para definir sus cualidades como materia prima.</i> | <i>Descubrir la cervecería y la materia prima</i> | <i>Estudiar el proceso de producción</i> |
| | | <i>Estudiar el bagazo y sus usos actuales</i> |
| | | <i>Consultar a los productores</i> |

Tabla n°4: Objetivo I de los métodos (Creación propia).

Estudiar el proceso

Se analiza la información revisada de la bibliografía disponible, recetarios y guías de producción de cerveza artesanal para entender el flujo que tiene el residuo/materia prima y sus características principales.

Estudiar el bagazo y sus usos actuales.

Revisar la bibliografía y proyectos que aborden el bagazo de malta tanto en Chile y otros países. Definir su estructura principal y los componentes, comprendiendo sus cualidades y analizando el estado del arte para tomar en consideración esas variables.

Consultar a productores

La recopilación de información se realiza por medio de encuesta, con preguntas enfocadas a las materias primas e insumos utilizados, su volumen de producción para entender la relación entre producto y residuo, el proceso que le dan al bagazo, y su deposición.

II. Definición de proporción y experimentación del material.

| Objetivo II | Etapa | Tarea |
|---|----------------------------|--|
| <i>Definir las proporciones y tipo de aglomerante mediante la experimentación del material para lograr la replicabilidad del proceso de producción.</i> | <i>Definir componentes</i> | <i>Tratar el bagazo para su utilización</i> |
| | | <i>Experimentar distintas mezclas de los componentes</i> |

Tabla n°5: Objetivo II de los métodos (Creación propia).

Tratar el bagazo para su utilización

Se comienza con la coordinación para retirar el bagazo un día de filtración del mosto, este se recolecta, traslada y comienza a deshidratar para evitar su descomposición ya que se encuentra en estado húmedo. Una vez seco, se tritura para obtener un grano más fino y poder utilizarlo como carga en el biomaterial (Figura 23).

- Análisis granulométrico

En la experiencia inicial con el material, la molienda del subproducto se realiza de manera manual con un molinillo de granos (Figura 24), en la que se obtiene un resultado heterogéneo y sirve de manera preliminar para acercarse a las primeras muestras del material, este al no estar tamizado repercute en el acabado del material generando irregularidades.

Procesamiento del bagazo

Recolectar



Se recoge el grano filtrado del mosto que al estar recién filtrado se mantiene húmedo y caliente.

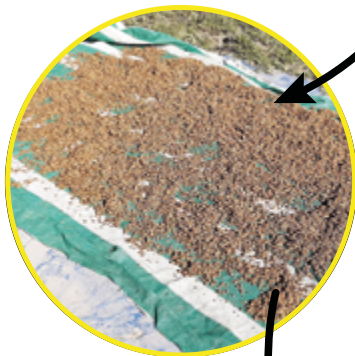
A partir de una olla de 100 Lts. se obtienen aproximadamente 35 kilos de grano húmedo.



Grano húmedo



Deshidratar



Ambiental

Según las condiciones climáticas y el espacio disponible, se seca el grano por medio de mallas expuestas al sol y que permite un buen flujo de aire.



Eléctrico

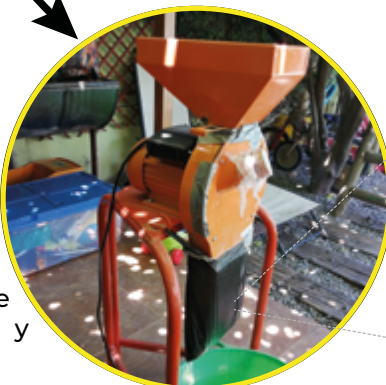
En este caso, se seca el bagazo en una máquina deshidratadora de frutas. Lo que permite controlar la temperatura del aire. Esto reduce el volúmen de secado por cantidad de tiempo.

Grano seco



Moler

El grano seco se muele en un molinillo de martillo marca G-tools, para obtener un grano regular con una malla de 0.8 mm. Resultan aproximadamente 7 kilos de grano seco y molido.



Grano molido





Figura n°24: Molinillo manual de granos (Autoría propia).

Con el BioLab Fau, se realiza la experiencia de molienda del bagazo en un molino de martillos electro-mecánico con el objetivo de analizar las partículas obtenidas a partir de este proceso y llegar a un grano más fino que con el proceso antes realizado, de esta manera producir un material con mejor acabado superficial y estudiar sus características.



Figura n°25: Molinillo electromecánico (Autoría propia).

Para caracterizar el porcentaje de partículas en el grano molido de malta se selecciona una muestra de 100 gramos del total de la molienda y se tamiza con la regulación de la norma Astm con distintos diámetros:

Tamices marca "Perfomallas Chile" norma Astm:

Mesh:10 - mm:2

Mesh:18 - mm:1

Mesh:35 - mm:0.5

Mesh:100 - mm:0.15

Mesh:325 - mm:0.045

Procedimiento: Se muele el bagazo en ciclos para que no se trabase la máquina, acumulando el bagazo en un contenedor de polipropileno. Una vez terminada la molienda, se toma una muestra de 100 gramos la cual se deposita en el tamiz superior. Una vez agitado (en este caso manualmente) se inicia la etapa de masar las muestras de cada tamiz, obteniendo su peso en gramos, su porcentaje en relación con el total de la muestra, y el rango de diámetro de la partícula en cada tamiz.

Experimentar distintas mezclas de los componentes

A partir de la referencia de una lámina de carragenina de 320*260 mm hecha de carragenina (16gr), Glicerina(3ml) y Agua destilada (350 ml) desarrollada en el proyecto Lugae (Marquez, Pacheco, Vio, & Vivanco, Lugae.cl, 2020), se escalan a las dimensiones del molde a disposición y se realiza una probeta base, continuando con distintas probetas para definir las proporciones de los componentes del material y garantizar una replicabilidad. En esta etapa se realizan las muestras para los siguientes ensayos de caracterización en sus distintos formatos.

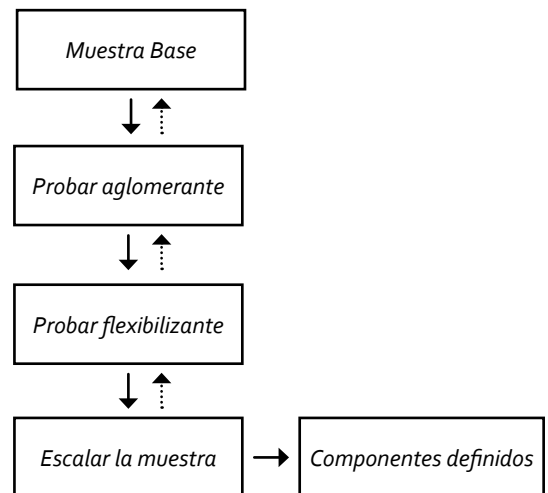


Gráfico n°5: Etapas de la experimentación de los componentes (Autoría propia).

El procedimiento práctico consiste en mezclar homogéneamente la carga de material orgánico (bagazo) con el aglomerante (Agar o Carragenina) y el flexibilizante o plastificante (Glicerina), en una solución de base acuosa (Agua filtrada) en un recipiente metálico expuesto al calor hasta alcanzar una temperatura entre 70° y 80° C, y verter en el molde. Esta mezcla al bajar de temperatura toma una consistencia tipo gelatina, la cual se deja deshidratar para ver los resultados (Figura 26). En este último proceso tiende a reducirse el tamaño de la muestra al perder agua.

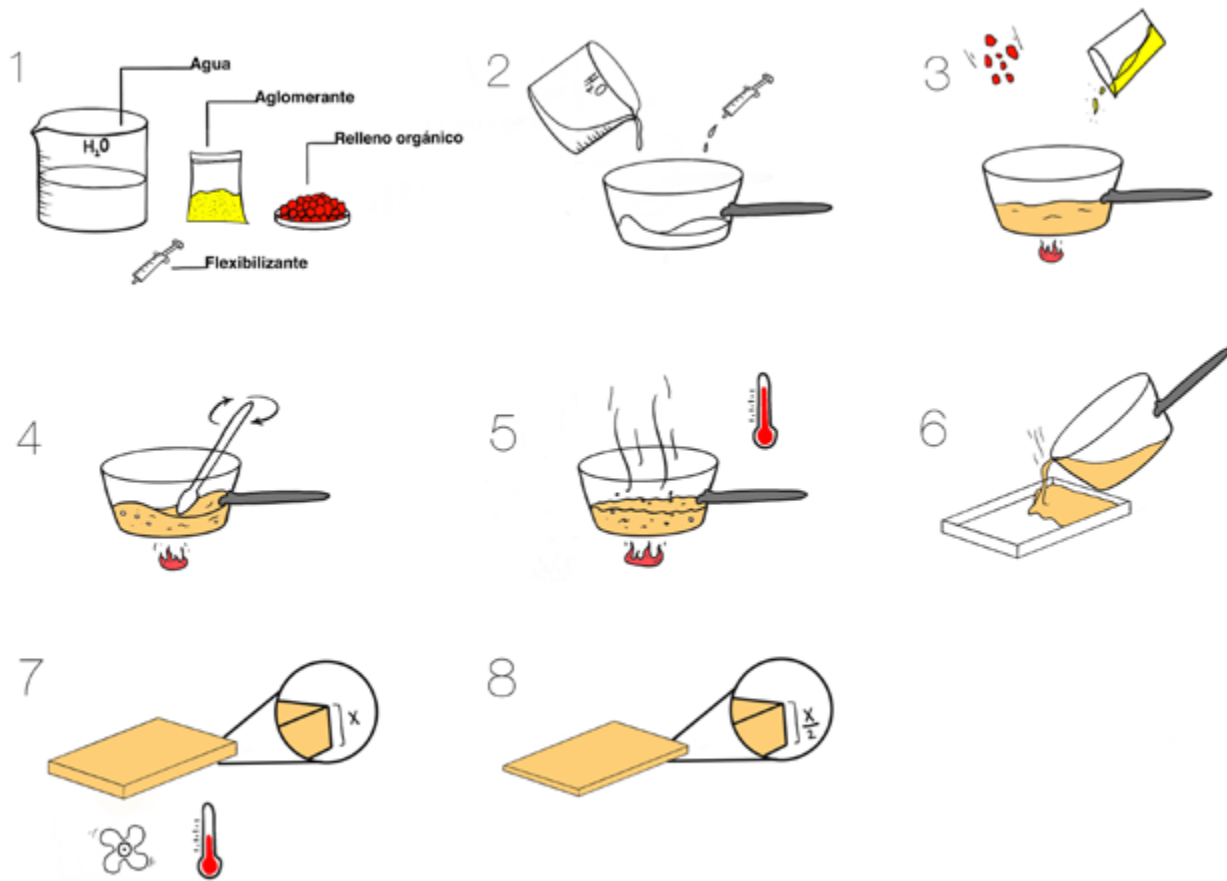


Figura n°26: Ilustración del proceso práctico de la producción de una biolamina (Autoría propia).

III. Caracterización del material.

| Objetivo III | Etapas | Tarea |
|--|--------------------------------|--|
| <p>Caracterizar mecánica, física y perceptualmente las muestras del material diseñado para determinar sus propiedades.</p> | <p>Desarrollar el material</p> | Introducir Material Driven Design |
| | | Realizar ensayos físicos |
| | | Realizar ensayo mecánico |
| | | Realizar ensayos de resistencia a agentes externos |
| | | Realizar ensayo de trabajabilidad |
| | | Realizar un ensayo perceptual |

Tabla n°6: Objetivo III de los métodos (Creación propia).

Introducción de Material Driven Design

En este punto, ya se obtienen distintas muestras del material, por lo que se propone utilizar la metodología MDD para focalizar el proceso de desarrollo en la experiencia material (Figura 27).

Esta perspectiva permite clasificar el material por "lo que provoca" o "que nos hace hacer", y alejar la decisión de elección de material en el proceso de diseño que se basa en la discriminación por requerimientos funcionales, económicos o de modo de producción, enfocándose en la experiencia que otorga el material para después aplicarla por medio de un producto

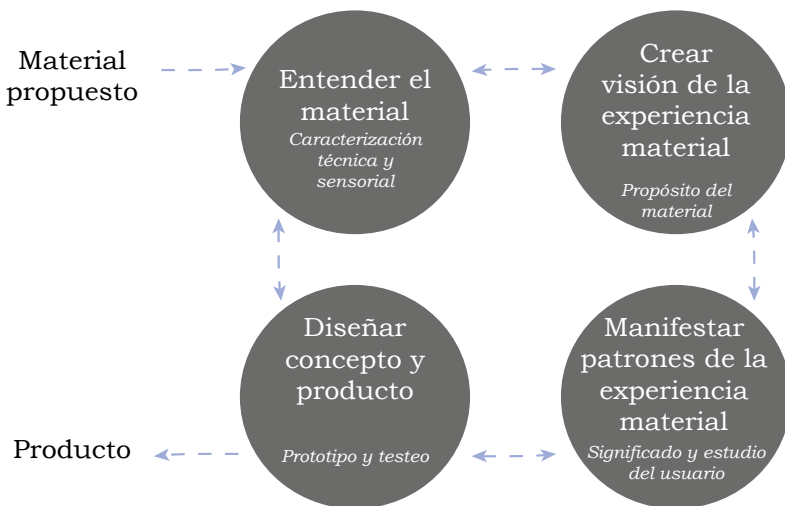


Figura n°27: Diagrama de metodología MDD (Autoría propia a partir de (Karana, 2015)).

Realización de ensayos físicos

En este punto, ya se obtienen distintas muestras del material, por lo que se propone utilizar la metodología MDD para focalizar el proceso de desarrollo en la experiencia material (Figura 27).

Esta perspectiva permite clasificar el material por "lo que provoca" o "que nos hace hacer", y alejar la decisión de elección de material en el proceso de diseño que se basa en la discriminación por requerimientos funcionales, económicos o de modo de producción, enfocándose en la experiencia que otorga el material para después aplicarla por medio de un producto

- Densidad del material

La densidad del material permite cuantificar la cantidad de masa de un cuerpo en el espacio que este ocupa, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\rho = M/V$$

M=Masa (Kg) V= Volumen (mt³)

Este resultado se comparará con el de otros materiales convencionales para tener una referencia.

- Absorción de agua por inmersión y absorción de agua para plásticos.

Uno de los principales límites del material es su interacción con el agua u otro líquido que pueda estar presente, ya que los aglomerantes hidrocoloides son hidrosolubles y esto puede ser un límite o una oportunidad para el diseño de la respectiva aplicación del material.

Para analizar este comportamiento se toma como referencia dos normas Astm de estándar internacional, la N° D1037 en su primera etapa, y la N° D570.

En la primera el ensayo contiene distintas pruebas para distintos objetivos, y se selecciona la primera parte, en la que se testean materiales en pequeña escala de basados en maderas y tableros de aglomerados de partículas. Consiste en sumergir durante 24 horas en agua a 20 +/- 1°C, y parámetros como peso, medidas generales deben ser tomadas al inicio y al final del ensayo con un desfase de 30 minutos (Astm D1037, 2012).

En este caso no hay un requerimiento en cuanto a número de muestras ni dimensión, solo debe ser representativo para el material en análisis según el propósito del ensayo. Mientras que la segunda (Astm D570) tiene como objetivo el análisis de materiales plásticos para el control de la uniformidad del material y su porcentaje de absorción de humedad, esta norma define que la muestra de ensayo para plásticos homogéneos será de 60 por 60 por 1 mm. Mientras que para planchas debe tener forma de barra con dimensiones de 76.2mm x 25.4 x espesor del material.

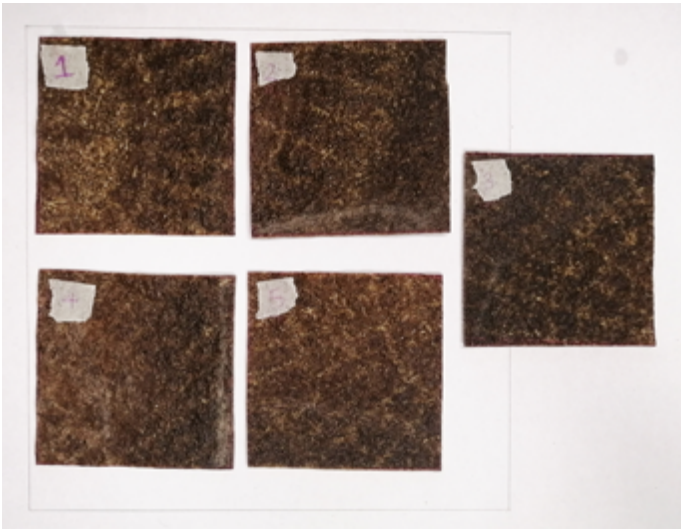


Figura n°28: Fotografía de las 5 muestras antes de ser sumergidas. (Autoría propia).

Estas muestras deben ser posicionadas en un contenedor con agua destilada manteniendo una temperatura de 23°C +-1°C dejando todos los bordes de la muestra sumergidos por 2 horas, posterior a ese rango de tiempo debe removerse del contenedor, secar superficialmente con un paño seco y pesar inmediatamente. Posterior a eso se somete al mismo procedimiento aumentando el rango de tiempo a 24 hrs (Astm D570, 1998).

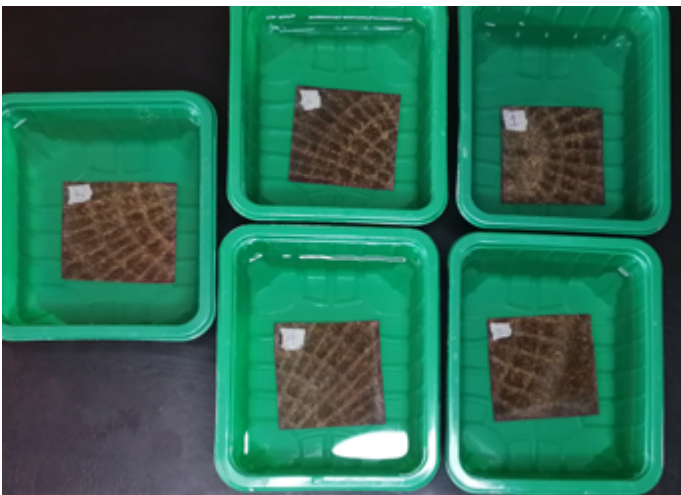


Figura n°29: Fotografía de las 5 muestras sumergidas. (Autoría propia).

Estas muestras deben ser posicionadas en un contenedor con agua destilada manteniendo una temperatura de 23°C +-1°C dejando todos los bordes de la muestra sumergidos por 2 horas, posterior a ese rango de tiempo debe removerse del contenedor, secar superficialmente con un paño seco y pesar inmediatamente. Posterior a eso se somete al mismo procedimiento aumentando el rango de tiempo a 24 hrs (Astm D570, 1998).

Para el análisis del material de bagazo de malta se utiliza el segundo procedimiento, que corresponde a la norma Astm D570, sin embargo, al ser un material de partículas aglomeradas se incluirá el proceso de 30 minutos entre mediciones como lo define la norma Astm 1037.

El porcentaje de absorción de agua se determinará por la fórmula:

$$\frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}} \times 100 = \% \text{ de absorción}$$

El porcentaje de hinchamiento se determinará por la fórmula:

$$\frac{(\text{Espesor final} - \text{Espesor inicial})}{\text{Espesor inicial}} \times 100 = \% \text{ de hinchamiento}$$

Realización de ensayo mecánico

El ensayo que se realiza es el de tracción tomando como referencia la Norma Astm D638, una prueba diseñada para recopilar datos cuantitativos en cuanto a la resistencia de materiales plásticos, estos datos son utilizados para la caracterización cualitativa y desarrollo de investigaciones (Astm D638, 2014).

La norma describe que las muestras deben ser preparadas logrando los siguientes requisitos para el tipo IV de plásticos no rígidos:

- T: <4 mm
- LO:115 mm.
- D:65 mm.
- L: 33 mm.
- G:25 mm.
- Wc:33 mm.
- Wo:19 mm.
- R:14mm.

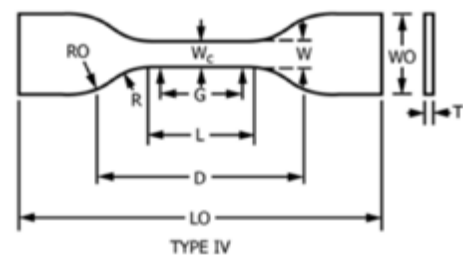


Figura n°30: Dimensiones de la probeta de prueba (Astm D638, 2014).

La norma regula que debe realizarse el ensayo con al menos 5 muestras con una velocidad entre 0,5 y 5 minutos por prueba, considerando la misma temperatura y humedad en el ambiente para cada prueba.

El procedimiento es el mismo para cada muestra, iniciando con el registro de un parámetro de distancia entre dos puntos equidistantes de la muestra una vez posicionada con una prensa en cada extremo que afirmará la muestra y somete el material a una tensión. Esto demostrará el rango de elasticidad de la muestra y su punto de quiebre donde finaliza la prueba.



Figura n°31: Probeta de prueba (Astm D638, 2014).

Se realiza el ensayo en la Universidad del Bío Bío, Concepción, donde se envían 11 probetas de bagazo carragenina para ser testeadas.

Prueba de resistencia a agentes externos

- Análisis de degradabilidad y envejecimiento natural.

Para completar la caracterización del material y definir la reincorporación del material y su respectiva aplicación se observará como se degrada. Para esta etapa se revisa la norma de estándar australiano AS4351.1 -1996 la cual entrega una definición de biodegradabilidad: "Es la capacidad de una sustancia orgánica de ser descompuesta por la acción biológica de microorganismos (AS 4351, 1996)."

Los análisis descritos en esta norma no miden el grado de impacto que provoca el material en el medio ambiente, sino que establece sus pruebas aplicando análisis de carbono disuelto, demanda de oxígeno en la degradabilidad, dióxido de carbono liberado, bioquímica, entre otros análisis para compuestos orgánicos en medios acuosos.

Este tipo de análisis está fuera del alcance de esta investigación, por lo que se opta por tomar otras referencias, como la norma del comité europeo EN 13432 que define dos principales características para que un material sea considerado biodegradable: En 3 meses con contacto con materia orgánica el 90% del material debe estar fragmentado en partículas con dimensiones inferiores a 2 mm. y por otro lado en 6 meses el 90% del material debe estar degradado, al estar en un ambiente rico de dióxido de carbono (Ecozema, 2002).

Teniendo en cuenta las normas mencionadas, el material se prueba con cuatro muestras de 50 x 50 mm x 1 mm de espesor, estas serán encapsuladas en mallas con aperturas de 4 mm y serán enterradas en tierra, de esta manera la probeta estará en contacto con materia orgánica y sometida a las variantes del clima, y a la vez podrá ser retirada cada 7 días para pesar, obtener su porcentaje de humedad, y un registro fotográfico. Dos de estas muestras serán enterradas a 50 mm de profundidad en el suelo amplio, expuesto al sol y a los organismos del ambiente. Mientras que otras dos probetas serán dispuestas en 50 mm de profundidad en una maceta para registrar la diferencia de ambientes y sacar conclusiones acerca de la degradabilidad del material.



Figura n°32: Probeta para prueba de degradabilidad (Autoría propia).

Trabajabilidad del material

- Hidroformado

El hidroformado hace referencia a generar una forma mediante agua caliente y un molde que sirve de matriz para que el material lo copie, debido a los componentes del material de bagazo, tanto la carga como el aglomerante reaccionan fácilmente al someterse a medios líquidos.

Mediante esta prueba se someterá una lámina de bagazo en agua caliente para posicionarlo en un molde de doble curvatura. El material se deshidratará con un peso que genere la contra forma y en estas condiciones se espera que el material adopte la forma de la superficie del molde.

Este proceso puede ayudar en la generación de formas más complejas así ampliar las posibilidades de su aplicación.

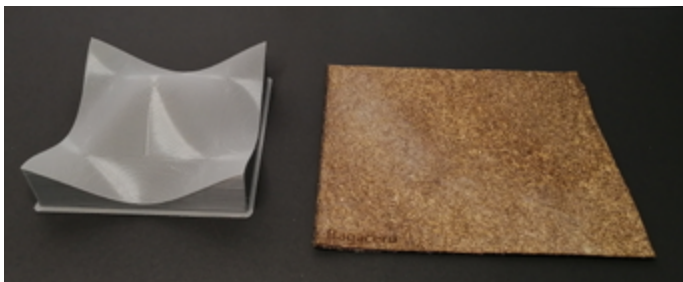


Figura n°33: Molde de superficie y lámina de prueba (Autoría propia).

- Costura

El material a simple vista se comporta como un textil, por lo que se hace una prueba de costura a mano con un punto simple y con hilo encerado de 1 mm de diámetro. Para esto se seleccionan dos trozos de material, en sus bordes se genera un pliegue y se perfora con la aguja cada 3 mm, generando una costura de 85 mm de longitud.



Figura n°34: Prueba de unión de piezas mediante costura (Autoría propia).

- Adhesivos

Una de las formas usuales de trabajar los materiales es combinándolo entre sí, uniendo distintas piezas para lograr un todo. Para entender como el material puede lograr esta función se utilizan dos probetas de 30 * 150 mm * 1,5 mm.



Figura n°35: Muestras para prueba de adhesivos (Autoría propia).

En la primera probeta se utiliza cola para maderas o PVA, en los primeros 20 mm de uno de los extremos como se muestra en la figura 36, ya que el bagazo contiene en su composición componentes como lignina y celulosa al igual que la madera. La sección con el adhesivo se posiciona en el otro extremo de la muestra, generando una circunferencia y se prensa durante 12 horas.

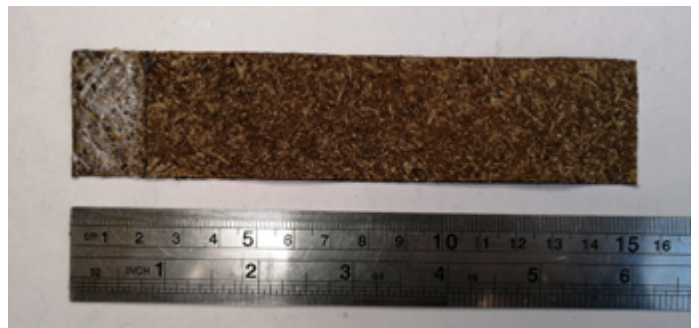


Figura n°36: Muestra adherida con cola para maderas (Autoría propia).

La otra probeta tiene el mismo procedimiento, sin embargo, se utiliza agua caliente como adhesivo como se muestra en la figura 37, sumergiendo los dos extremos para luego unirlos y dejarlos prensados secando por 12 horas, esto principalmente por que la carragenina se activa con agua caliente.



Figura nº37: Muestra adherida con agua caliente (Autoría propia).

- **Grabado y corte láser**

El corte y grabado láser es una muy buena herramienta de la fabricación digital, hoy en día cada vez es mas accesible y otorga una infinita posibilidad para generar cortes y grabados en distintos materiales. En este caso se utiliza una maquina Ortur 2 de 15 W que mediante un diodo genera un haz de luz azul que se focaliza y controla mediante un software.

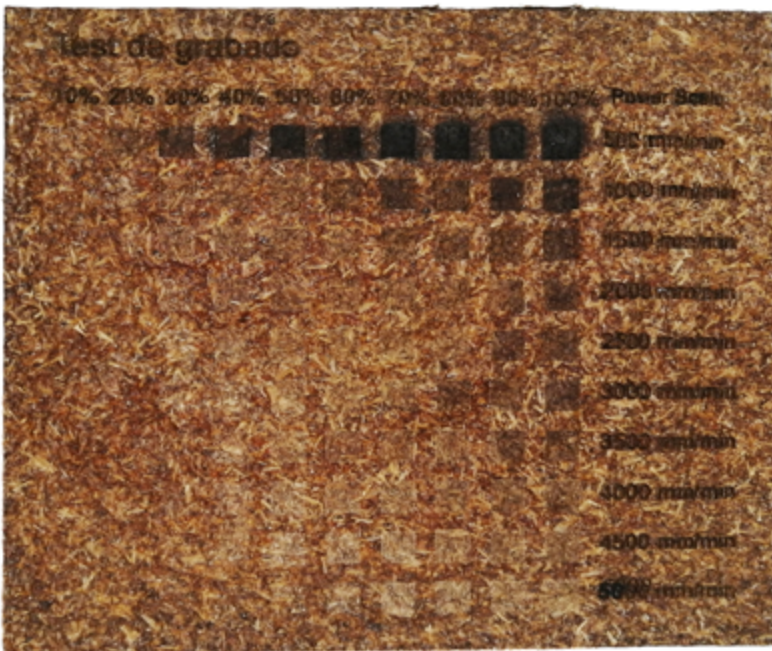


Figura nº38: Test de grabado láser (Autoría propia).

Para definir los parámetros de potencia y velocidad de grabado se utiliza una muestra de 150 x 150 mm x 2 mm y un test de grabado, que genera una matriz entre las potencias entre 10 y 100% en intervalos de 10, y desde los 500 mm/min hasta los 5000 mm/min En base a estos resultados tambien se definen parametros para corte.

- **Patrón o módulos de ensamble**

Se explora la opción de acoplar una pieza del material a otra mediante un ensamble entre dos piezas o tramas más complejas formadas por módulos. Para obtener un acabado preciso se realizan los cortes con la maquina laser en una lámina de 1 mm de espesor



Figura nº39: Prueba de modulos (Autoría propia).



Figura nº40: Prueba de ensamble por pestañas (Autoría propia).

Ensayo perceptual del material.

Para lograr entender el material completamente desde su aspecto técnico y práctico es necesario realizar ensayos y pruebas, pero para dirigir el proceso de diseño y comprender la experiencia que hay entre el material y el usuario se necesita caracterizar sensorialmente. Como herramienta para realizar esta evaluación, Elvin Karana y Serena Camere han estudiado la experiencia material y desarrollado un kit de herramientas llamado Ma2E4 (Material to Experience at 4 levels) que divide el análisis en cuatro niveles (Camere & Karana, 2018).

- Sensorial

Se basa en una escala sensorial que permite describir el material asignándole un valor. Estas características fueron desarrolladas, adaptadas y validadas con distintos materiales para lograr esta herramienta (Karana E. , 2009).

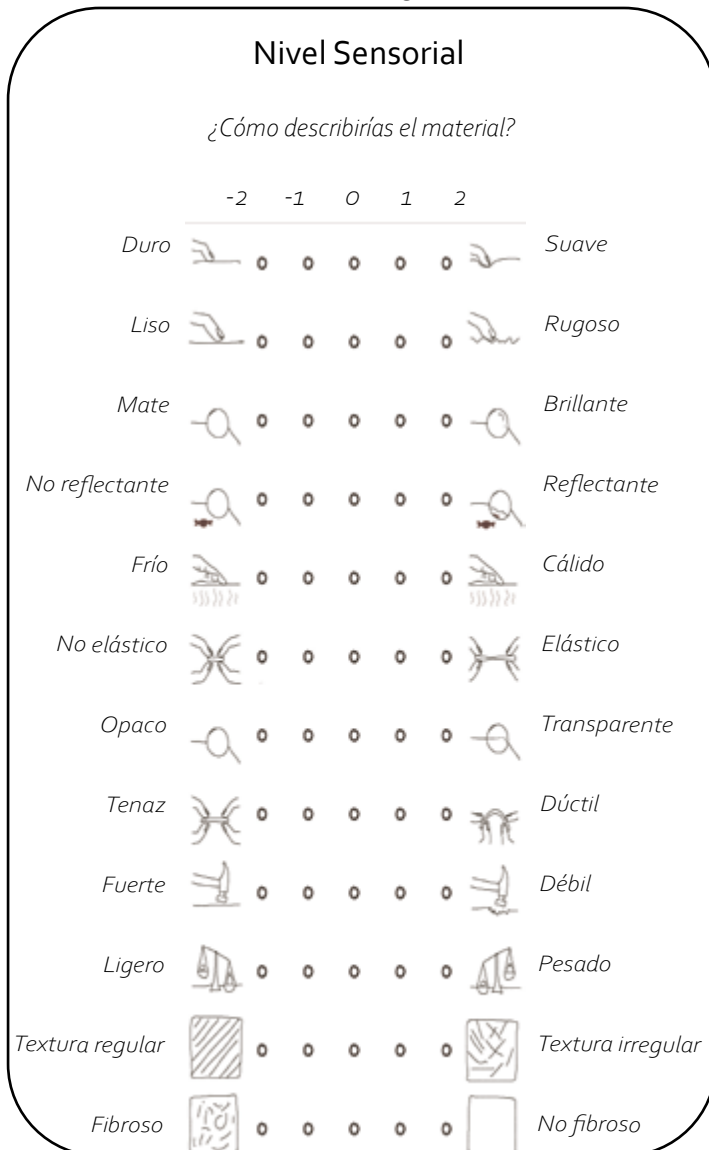


Figura n°41: Guía de nivel sensorial del toolkit (Adaptación de (Camere Karana, 2018)).

La muestra del material (150 x 150mm) y esta guía se les entregan a los usuarios (10 usuarios) para que puedan describirlo marcando que características les hace más sentido (Figura 41), mientras que se hace una observación de como interactúa el usuario con el material.

- Interpretativo

En esta etapa de la caracterización se busca recopilar los significados que le dan los usuarios al material y datos de cómo/con qué lo relacionan solicitándoles que definan el material con tres palabras y una breve explicación de cada una de estas.

Nivel interpretativo

¿Con qué asocias el material?
¿Como lo describirías?

| Significado 1 | Significado 2 |
|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Figura n°42: Guía de nivel interpretativo del toolkit (Adaptación de (Camere & Karana, 2018)).

- Afectivo

Este nivel grafica la emoción que le produce a la persona al interactuar con el material, definido por el modelo de Russell que categoriza las emociones como placenteras o no placenteras (Russell, 2003) y variando entre esos dos ejes, el usuario define un nivel de intensidad a la emoción que escoge. Si el usuario logra definir una emoción específica, se registra dentro del mismo gráfico.

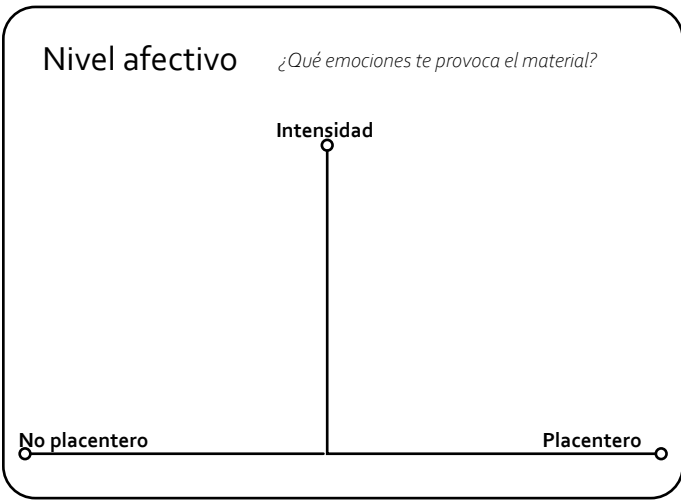


Figura n°43: Guía de nivel afectivo del toolkit (Adaptación de (Camere Karana, 2018).

- Performativo

Este nivel busca definir qué es lo que incita el material en el usuario, y se utilizan distintas acciones para responder al acto de tocar, mover, y sostener el material, apoyado de distintas imágenes como orientación.

Nivel performático ¿Qué te hace hacer el material?

¿Cómo tocas el material?

- Presionando
- Frotando
- Rozando
- Comprimiendo
- Pinchando
- Tallando
- Tocando
- Golpeando
- Empujando
-

¿Cómo mueves el material?

- Plegando
- Levantando
- Cargando
- Doblando
- Flectando
- Recogiendo
- Exprimiendo
-

¿Cómo sostienes el material?

- Sujetando
- Capturando
- Pellizcando
- Tomando
- Agarrando
-

Figura n°44: Guía de nivel performativo del toolkit (Adaptación de (Camere Karana, 2018).

IV. Aplicación del material en la experiencia de consumir cerveza artesanal

| Objetivo IV | Etapa | Tarea |
|--|---|--|
| <i>Analizar la experiencia de consumo definiendo requerimientos de diseño para aplicar el material biobasado en una propuesta de aplicación.</i> | <i>Entregar un significado y propuesta para la experiencia.</i> | <i>Analizar la experiencia del usuario</i> |
| | | <i>Definir requerimientos de diseño</i> |
| | | <i>Otorgar significado al material</i> |
| | | <i>Elaborar propuestas conceptuales</i> |
| | | <i>Prototipar propuesta</i> |

Tabla n°7: Objetivo IV de los métodos (Creación propia).

Analizar la experiencia del usuario

El análisis de la experiencia se realiza una encuesta online a consumidores que gusten de la cerveza artesanal, logrando un universo de 261 consumidores, de los que se recopila información de sus datos demográficos, la compra de cerveza artesanal y la experiencia de consumo. Para el procesamiento de los datos se utiliza el software MAXQDA de análisis de datos cualitativos (Verbi GmbH, 1995 - 2021), que permite reconocer patrones entre las palabras repetidas en las respuestas, otorgando recursos como nubes de conceptos, en este caso relacionados a la experiencia del rito que tienen los usuarios entorno a la cerveza artesanal.

Definir requerimientos de diseño

A partir del análisis de los datos tanto de la experiencia en el consumo de cerveza, la experiencia de interacción con el material, y los aspectos técnicos se definen los requerimientos para diseñar una propuesta de aplicación.

Otorgar significado del material

Desde los significados otorgados por los usuarios, se desarrollan conceptos relacionados, para definir un significado y un concepto central que ayude a dirigir los aspectos formales de la aplicación dentro del proceso de diseño.

Elaborar propuesta conceptual

El concepto y los requerimientos evalúan distintas aplicaciones, se utilizan cuadros de inspiración que reflejen la idea, que permite evaluar la utilización del material en un producto relacionado a la experiencia de consumo de cerveza artesanal. Estas propuestas se presentan como bocetos.

Prototipado de la propuesta

A partir de los bocetos, se escoge la propuesta principal para desarrollar los prototipos pertinentes según la aplicación definida.

Capítulo 3. Resultados

Figura n°45: Fotografía del material resultante expuesto a la luz artificial (Autoría propia).

3.1 Análisis de la producción de cerveza y el subproducto como materia prima.

Encuesta a los productores

La revisión de bibliografía y la encuesta realizada a los productores de cerveza artesanal dan un marco general de información, que reafirman la observación inicial sobre la necesidad de analizar el ciclo de vida del grano de malta.

Los productores encuestados fueron 2 de la quinta región, 2 de la séptima región y 7 de la Región Metropolitana.

En cuanto al origen del grano que utilizan se obtiene que 6 de los productores utilizan un cereal cultivado en Chile, mientras que 5 usan granos que son importados desde Alemania, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Bélgica, o China.

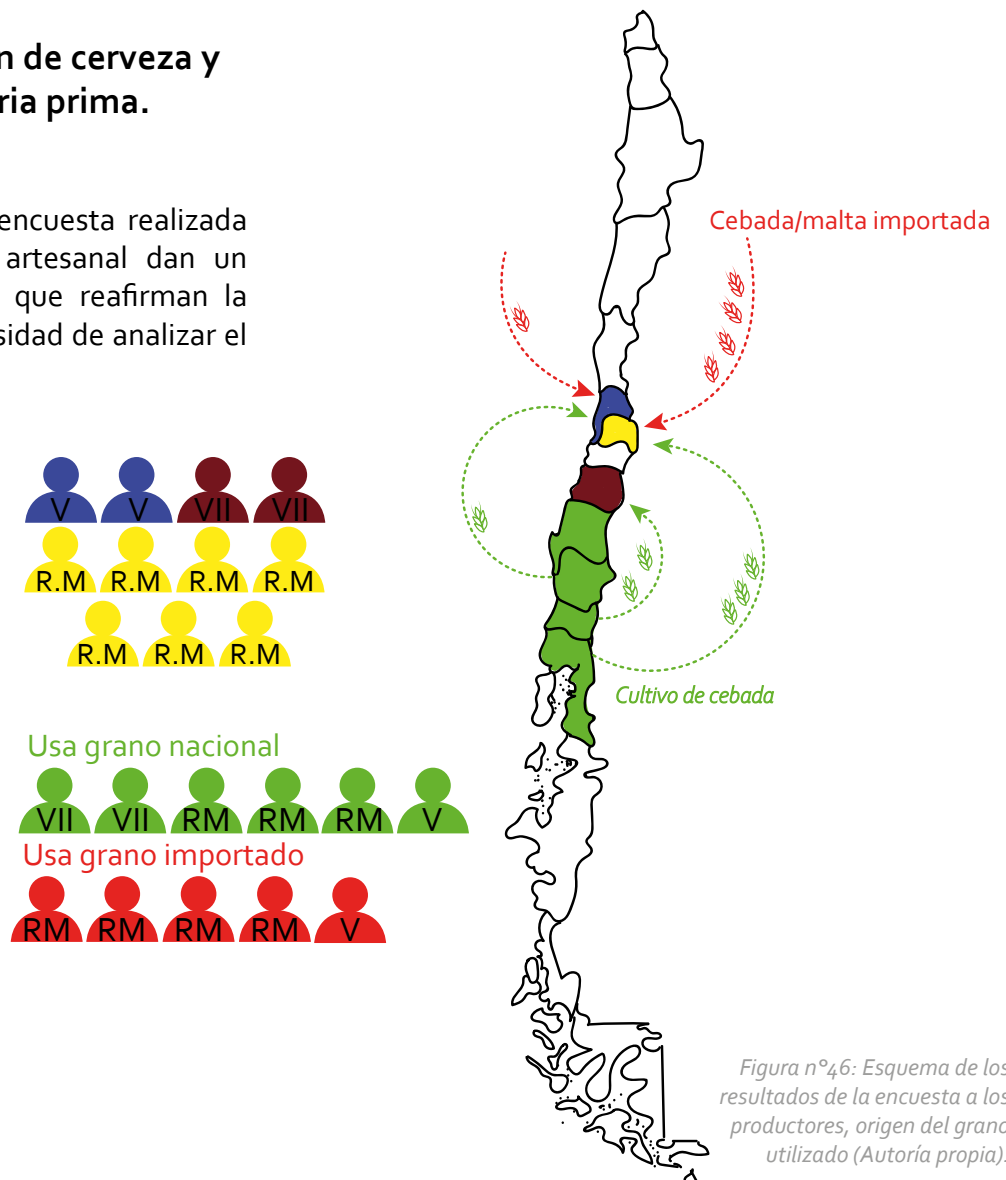


Figura n°46: Esquema de los resultados de la encuesta a los productores, origen del grano utilizado (Autoría propia).

Los productores tienen distintos proveedores minoristas, que trabajan con variedades de maltas hechas por Maltexco en su marca Patagonia Malt, cultivadas y tratadas entre la Región del Bío Bío y la Región de los Lagos.

En cuanto a la generación del residuo, coinciden en que es procesado mediante molinillo antes de comenzar la cocción y no tiene un mayor procesamiento posterior al filtrado de mosto, salvo uno de los encuestados que deja estilar el bagazo por 1 día y almacena en sacos para que lo retire la persona a quien se lo regalan como alimento de ganado, pero que esto no es un proceso regular.

La producción de litros de cerveza y la relación de kilos de malta utilizados calculada por los productores, se tabulan y permiten estimar la cantidad de bagazo producido por cada cocinero. Si bien, el volumen de producción por cocinero varía según la cervecería la relación entre kilogramos de malta y cantidad de litros producidos se define entre 1:2 y 1:5 como se muestra en la tabla n° 8.

| Litros de cerveza x mes | Relación Kg/Lt de su producción | Kg estimados de bagazo x mes |
|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 600 | 1:4 | 150 |
| 150 | 1:2 | 75 |
| 1500 | 1:3 | 500 |
| No responde | No responde | - |
| 1000 | No tiene | - |
| 200 | Si tiene, no responde | - |
| 20 | 1:4 | 5 |
| 30 | Si tiene, no responde | - |
| 100 | 1:10 | 10 |
| 8000 | 1:4 | 2000 |
| Relativo | 1:5 | - |

Tabla n°8: Litros producidos y relación con bagazo generado. (Creación propia).

Deposición

En cuanto a su deposición, 6 de ellos lo tiran a la basura, 4 lo usan como alimento para ganado y 1 lo utiliza como fertilizante para suelo enterrándolo y mezclándolo con tierra.

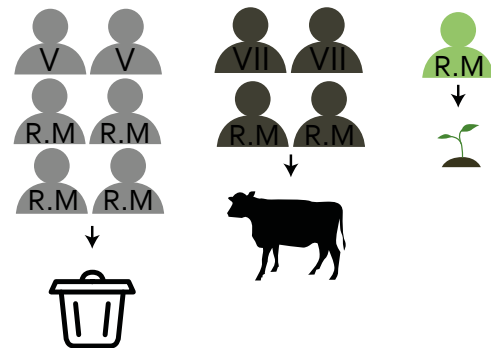


Figura n°47: Representación visual de las respuestas de los productores en cuanto a los residuos (Autoría propia).

Del total de encuestados 8 contestan que les gustaría poder reutilizar el bagazo, mientras que los otros 3 comentan que tal vez.

Un 54,5% considera que el bagazo si es un problema una vez terminado el proceso de maceración. Considerando y añadiendo el 18,2% que comenta acerca de su rápida descomposición, los malestares que genera su olor y la presencia de moscas. Se obtiene que **un 72% considera que el bagazo si le genera un problema** y solo un 27,3% considera que no lo es.

El resultado de esta etapa responde al objetivo de analizar la producción de cerveza artesanal y el subproducto mediante la revisión bibliográfica del primer capítulo y la información otorgada por los productores. Complementa los datos del ciclo de vida que tiene el bagazo, principalmente su origen compartido entre prácticamente el 54% de los productores consultados que utilizan cereal cultivado en territorio nacional, mientras que el 46% tiene un cereal importado.

En ambos casos, su contenido de proteínas y ligninas, el recurso hídrico invertido, la inversión energética realizada en el cultivo y traslado, especialmente cuando se realiza desde otros continentes, son suficientes como para reconsiderar el bagazo como una materia prima.

3.2 Proporciones del material

Granulometría

El resultado del análisis granulométrico se basa en el tamaño de las partículas obtenidas en cada nivel del tamizado, para la tabulación de los resultados utilizaremos un término de **fracción másica** para análisis de partículas, que consiste en la relación del soluto en el total de la solución y se expresa con la sigla Xi.

$$xi = \frac{\text{masa soluto}}{\text{masa total}}$$

| Rango tamiz mesh Astm | Intervalo de diámetro en mm | Xi | gr | % |
|-----------------------|-----------------------------|------|----|-------|
| 10-18 | 2-1 | 0,02 | 2 | 1,7 |
| 18-35 | 1-0,5 | 0,27 | 27 | 26,94 |
| 35-100 | 0,5-0,15 | 0,55 | 55 | 54,5 |
| 100-325 | 0,15-0,045 | 0,14 | 14 | 13,77 |
| <325 | <0,04 | 0,02 | 2 | 1,95 |

Tabla n°9: Porcentajes de diámetros de las partículas del bagazo después de molienda. (Creación propia).

Se concentra el mayor porcentaje de muestra en el tercer intervalo, es decir más del 50 % de la muestra tiene un diámetro entre 0,15 y 0,5 mm. Seguido de un 27% que se encuentra entre 1 y 0,5 mm. Este grano se utilizará para las probetas posteriores, esperando un resultado homogéneo y un mejor acabado superficial.



Figura n°48:Granulometría del grano. (Autoría propia).

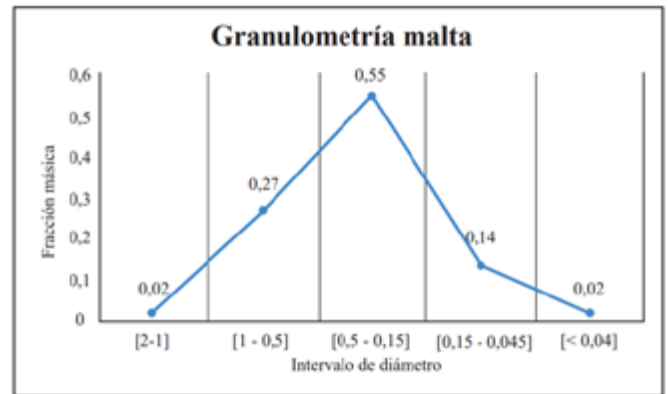


Gráfico n°6: Fracción másica del intervalo de diámetro del bagazo (Autoría propia).

Experimentos de agar y carragenina

- Aglomerante

La Carragenina y Agar Agar se probaron con una receta base de 60 ml de agua filtrada, y un molde cilíndrico, en relaciones de 5:4 - 5:3 - 5:2 - 5:1 con el primer grano molido manualmente de bagazo de cerveza.

Se registran las proporciones de cada componente de las respectivas muestras (Tabla 10), indicando que la variable que se manipula es la cantidad de aglomerante, es decir, las probetas A4 y B4 son las que tienen menos aglomerantes por cantidad de grano de malta.

| Probetas A | A1 | A2 | A3 | A4 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bagazo molido | 5 gr | 5 gr | 5 gr | 5 gr |
| Carragenina | 4 gr | 3 gr | 2 gr | 1 gr |
| Glicerina | 2 ml | 2 ml | 2 ml | 2 ml |
| Agua filtrada | 60 ml | 60 ml | 60 ml | 60 ml |
| Probetas B | B1 | B2 | B3 | B4 |
| Bagazo molido | 5 gr | 5 gr | 5 gr | 5 gr |
| Agar | 4 gr | 3 gr | 2 gr | 1 gr |
| Glicerina | 2 ml | 2 ml | 2 ml | 2 ml |
| Agua filtrada | 60 ml | 60 ml | 60 ml | 60 ml |

Tabla n°10: Detalle de las proporciones de las pruebas (Creación propia).

















| Probeta | Estado inicial | | Estado final | |
|---------|---|---|--|---|
| | Vista superior | Vista inferior | Vista superior | Vista inferior |
| A1 |  |  |  |  |
| A2 |  |  |  |  |
| A3 |  |  |  |  |
| A4 |  |  |  |  |

Tabla n°11: Muestras de carragenina estado inicial y final (Creación propia).

| Medición | A1 | A2 | A3 | A4 |
|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Peso inicial | 67 gr | 69 gr | 67,5 gr | 65,1 gr |
| Medida inicial | D: 95mm h: 9 mm | D: 95mm h: 12 mm | D: 95mm h: 9 mm | D: 95mm h: 10 mm |
| T° deshidratación | 50°C | 55°C | 60 °C | 60 °C |
| Peso final | 13,5 gr | 11,9 gr | 11,3 gr | 9,6 gr |
| Medida final | D: 72 mm h: 4mm | D: 72,2 mm h: 4mm | D: 74 mm h: 4mm | D: 77 mm h: 4mm |

Tabla n°12: Datos de las muestras de carragenina en su estado inicial y final (Creación propia).

















| Probeta | Estado inicial | | Estado final | |
|----------------|---|---|--|---|
| | Vista superior | Vista inferior | Vista superior | Vista inferior |
| B ₁ |  |  |  |  |
| B ₂ |  |  |  |  |
| B ₃ |  |  |  |  |
| B ₄ |  |  |  |  |

Tabla n°13: Muestras de agar estado inicial y final (Creación propia).

| Medición | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Peso inicial | 60 gr | 67,3 gr | 67,5 gr | 65,1 gr |
| Medida inicial | D: 92 mm h: 8 mm | D: 94 mm h: 11 mm | D: 95mm h: 10 mm | D: 95mm h: 9 mm |
| T° deshidratación | 50°C | 55°C | 60 °C | 60 °C |
| Peso final | 12,7 gr | 11,5 gr | 10,3 gr | 9,2 gr |
| Medida final | D: 69 mm h: 4mm | D: 78 mm h: 3 mm | D: 76 mm h: 4mm | D: 77 mm h: 4 mm |

Tabla n°14: Datos de las muestras de agar en su estado inicial y final (Creación propia).

La carragenina genera mezclas compactas, la muestra con mayor aglomerante tuvo un resultado final con menores dimensiones, y en el caso contrario, la muestra con menor aglomerante mantuvo en mayor proporción su diámetro, es decir menor contracción. Todas las muestras tienen un grado de flexibilidad que no varía según la proporción de aglomerante. No obstante, la percepción de resistencia a la tracción disminuye junto a la proporción de aglomerante.

El agar como aglomerante genera mezclas homogéneas en todas las proporciones. Se percibe que a mayor cantidad de aglomerante aumenta la rigidez. La flexibilidad se percibe de menor rango que las mezclas con carragenina, ya que en general presentan mayor rigidez.

Ambos aglomerantes cumplen con homogeneizar y aglomerar la mezcla de los granos triturados. Se resumen las observaciones de cada aglomerante:

Carragenina:

- Genera espuma
- Otorga mayor flexibilidad
- En mayor proporción, más contracción
- Da una terminación de color más oscuro
- Mayor proporción, mayor resistencia

Agar:

- Mayor rigidez
- Mejor maniobrabilidad en la cocción
- Menor presencia de grumos
- Mayor proporción, mayor resistencia
- No altera el color del grano

Para continuar la experimentación se selecciona la proporción de probeta **A3 y B3**, ya que reduce la cantidad de aglomerante sin perder la percepción de resistencia mecánica.

- **Flexibilizante o plastificante**

En esta receta se analiza la flexibilidad del aglomerado con carragenina y agar comparado con las distintas proporciones de glicerina, con una base de 60 ml de agua filtrada, 5 gr de bagazo molido manualmente y 2 gr de aglomerante.

Se observa que la carragenina tiene un comportamiento similar con las proporciones de glicerina, disminuyendo el grado de flexibilidad con la proporción del flexibilizante, en la ausencia de este, se percibe una pequeña elasticidad, sin embargo, tiene a comportarse de manera rígida, la carragenina por si sola, otorga una pequeña sensación de flexibilidad.

| Probetas AG | AG1 | AG2 | AG3 | AG4 |
|----------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| <i>Bagazo molido</i> | <i>5 gr</i> | <i>5 gr</i> | <i>5 gr</i> | <i>5 gr</i> |
| Carragenina | 2 gr | 2 gr | 2 gr | 2 gr |
| Glicerina | 2 ml | 1,5 ml | 1 ml | - |
| <i>Agua filtrada</i> | <i>60 ml</i> | <i>60 ml</i> | <i>60 ml</i> | <i>60 ml</i> |
| Probetas BG | BG1 | BG2 | BG3 | BG4 |
| <i>Bagazo molido</i> | <i>5 gr</i> | <i>5 gr</i> | <i>5 gr</i> | <i>5 gr</i> |
| Agar | 2 gr | 2 gr | 2 gr | 2 gr |
| Glicerina | 2 ml | 1,5 ml | 1 ml | - |
| <i>Agua filtrada</i> | <i>60 ml</i> | <i>60 ml</i> | <i>60 ml</i> | <i>60 ml</i> |

Tabla nº15: Detalle de las proporciones de las pruebas de glicerina (Creación propia).





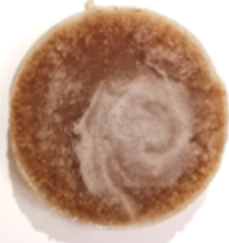











| Probeta | Estado inicial | | Estado final | |
|-----------------|---|---|--|---|
| | Vista superior | Vista inferior | Vista superior | Vista inferior |
| AG ₁ |  |  |  |  |
| AG ₂ |  |  |  |  |
| AG ₃ |  |  |  |  |
| AG ₄ |  |  |  |  |

Tabla n°16: Muestras de carragenina y glicerina estado inicial y final (Creación propia).

| Medición | AG ₁ | AG ₂ | AG ₃ | AG ₄ |
|----------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Peso inicial | 67,5 gr | 63,5 gr | 65,1 gr | 64,8 gr |
| Medida inicial | D: 95 mm h: 9 mm | D: 96 mm h: 10 mm | D: 95mm h: 10 mm | D: 96mm h: 11 mm |
| T° deshidratación | 60 °C | 60 °C | 60 °C | 60°C |
| Peso final | 11,3 gr | 9,5 gr | 9,6 gr | 8,2 gr |
| Medida final | D: 74 mm h: 4mm | D: 70 mm h: 3,5 mm | D: 77 mm h: 4 mm | D: 74 mm h: 2,5 mm |

Tabla n°17: Datos de las muestras de carragenina y glicerina en su estado inicial y final (Creación propia).





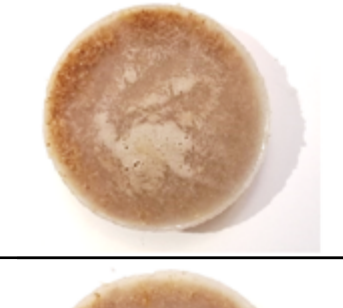



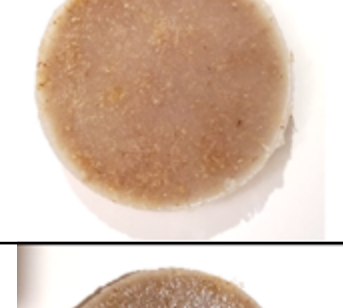






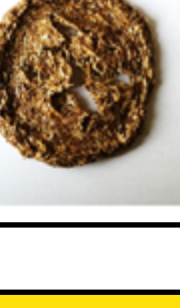
| Probeta | Estado inicial | | Estado final | |
|-----------------|---|---|--|---|
| | Vista superior | Vista inferior | Vista superior | Vista inferior |
| BG ₁ |  |  |  |  |
| BG ₂ |  |  |  |  |
| BG ₃ |  |  |  |  |
| BG ₄ |  |  |  |  |

Tabla n°18: Muestras de agar y glicerina estado inicial y final (Creación propia).

| Medición | BG ₁ | BG ₂ | BG ₃ | BG ₄ |
|-------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Peso inicial | 67,5 gr | 63,5 gr | 65,1 gr | 64,8 gr |
| Medida inicial | D: 95 mm h: 9 mm | D: 96 mm h: 10 mm | D: 95mm h: 10 mm | D: 96mm h: 11 mm |
| T° deshidratación | 60 °C | 60 °C | 60 °C | 60°C |
| Peso final | 11,3 gr | 9,5 gr | 9,6 gr | 8,2 gr |
| Medida final | D: 74 mm h: 4mm | D: 70 mm h: 3,5 mm | D: 77 mm h: 4 mm | D: 74 mm h: 2,5 mm |

Tabla n°19: Datos de las muestras de agar y glicerina en su estado inicial y final (Creación propia).

En esta etapa se observa que la carragenina tiene un comportamiento similar con las proporciones de glicerina, disminuyendo el grado de flexibilidad con la proporción del flexibilizante, en la ausencia de este la carragenina por si sola otorga una pequeña sensación de flexibilidad.

En la observación de las muestras de agar con proporciones de glicerol, se nota que es flexible en menor grado que las muestras de carragenina, y que el agar presenta mayor rigidez al disminuir el glicerol. En su ausencia, la muestra se vuelve más frágil en su etapa de gelificación y en este caso se produce una grieta que al deshidratarse aumenta, generando una muestra rígida, sin grados de flexibilidad aparente.

El glicerol cumple la función de flexibilizar el material. A mayor proporción se potencian las propiedades de flexibilidad. La carragenina por si sola, produce un grado de flexibilidad, por lo que se requiere menos glicerol, para producir un material de estas características.

El agar, al contrario, muestra que sin glicerol puede aglomerarse de buena manera generando un material rígido. Las dimensiones de las probetas no tienen un patrón similar a la proporción de glicerol, no así, su peso final, que disminuye directamente con la presencia del glicerol. Para continuar la experimentación se selecciona la proporción de probeta AG₃ y BG₃, que se percibe un equilibrio entre la cantidad de glicerina y aglomerante, así poder escalar estas proporciones a una mayor dimensión.

Carragenina

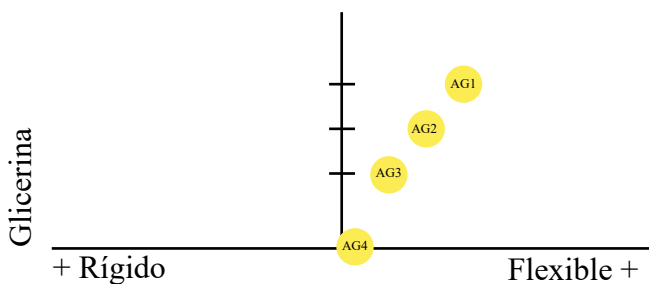


Gráfico n°7: Posicionamiento de las muestras de carragenina en relación a la proporción de glicerina y su flexibilidad percibida (Autoría propia).

Agar

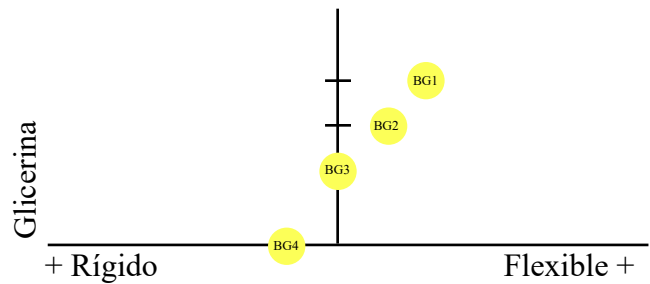


Gráfico n°8: Posicionamiento de las muestras de agar en relación a la proporción de glicerina y su flexibilidad percibida (Autoría propia).

- Escalar la receta

Se repite el proceso de muestras pequeñas a una escala mediana, escalando a 300 ml la base de agua filtrada en un molde cilíndrico, los componentes son escalados por un factor de 5 veces la muestra G₃ como se muestra en la tabla n° 20.

| Probeta AG ₃ | AG ₃ | AG ₃ ' |
|-------------------------|-----------------|-------------------|
| Carragenina | 2 gr | 10 gr |
| Bagazo molido | 5 gr | 25 gr |
| Glicerina | 1 ml | 5 ml |
| Agua filtrada | 60 ml | 300 ml |
| Probeta BG ₃ | BG ₃ | BG ₃ ' |
| Agar | 2 gr | 10 gr |
| Bagazo molido | 5 gr | 25 gr |
| Glicerina | 1 ml | 5 ml |
| Agua filtrada | 60 ml | 300 ml |

Tabla n°20: Datos de las muestras escaladas (Creación propia).

| | Estado inicial | | Estado final | |
|------------------|---|---|--|---|
| | Vista superior | Vista inferior | Vista superior | Vista inferior |
| AG _{3'} |  |  |  |  |
| BG _{3'} |  |  |  |  |

Tabla n°21: Muestras escaladas (Creación propia).



| Medición | AG _{3'} | BG _{3'} |
|-------------------|------------------|------------------|
| Diámetro inicial | 223 mm | 235 mm |
| Espesor inicial | 8,5 mm | 9,5 mm |
| T° deshidratación | 65°C | 65°C |
| Tiempo | 28 hrs 20 min | 28 hrs 20 min |
| Diámetro final | 162 mm | 186 mm |
| Espesor final | 2,5 mm | 3 mm |

Tabla n°22: Datos de las medidas de muestras escaladas (Creación propia).

Las muestras se escalan en una relación de valor 1:5 y se elaboran en un contenedor metálico, de 230 mm de diámetro. Se logran dos probetas uniformes, los bordes se contraen en el proceso de la deshidratación, el cual la de carragenina pierde el 27,4 % de su diámetro y la muestra de agar un 20,9%.

Figura n°49: Muestras en la bandeja para deshidratar. (Autoría propia).

La probeta AG₃' tiene una tonalidad más oscura, mayor pérdida de diámetro, pero presenta mayor flexibilidad que la probeta BG₃' la cual es más rígida, tiene un tono más claro y en su preparación se comporta similar, sin embargo, en los resultados observados manifiesta propiedades menos flexibles que la percepción de las probetas pequeñas. Debido a esto se retrocede, y para el siguiente ensayo se probará una proporción más flexible con el propósito de generar una muestra de mayor dimensión.



Figura n°50: Muestras AG₁' y BG₁' en bandeja y en estado gelificado (Autoría propia).

- Escalar la receta BG₁.

La receta se escala y se elaboran en una bandeja metálica, de dimensiones 225 mm * 305 mm y un fondo de 40 mm. Para este proceso se selecciona la proporción de ingredientes de las muestras **AG₁** y **BG₁** del experimento de flexibilidad, con el propósito de obtener una muestra con características observables como la flexibilidad. La muestra se cocina en un recipiente pequeño y luego se vierte en la bandeja. Después del proceso de gelificación, se procede a desmoldar y tomar medidas para después posicionarlas en una bandeja de deshidratación.

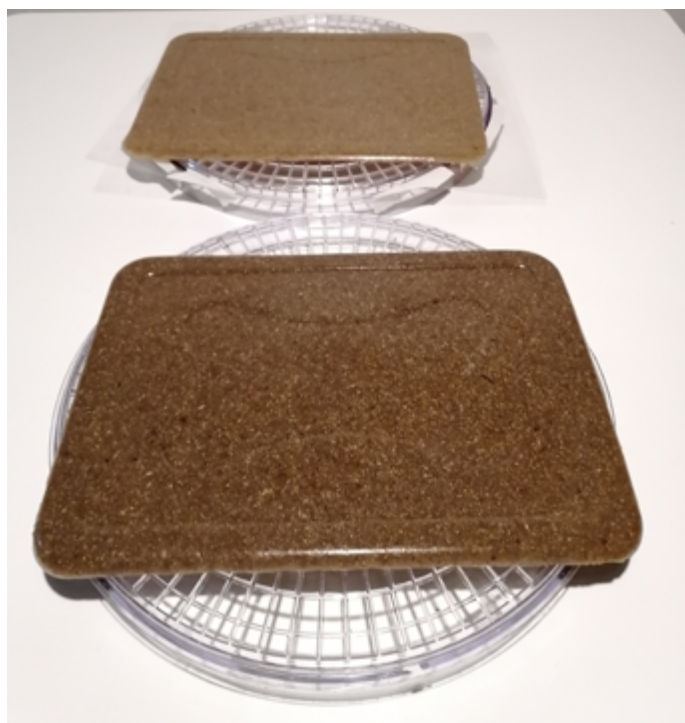


Figura n°51: Muestras AG₁' y BG₁' en la bandeja para deshidratar. (Autoría propia).

| Probeta AG ₃ | AG ₁ | AG ₁ ' |
|-------------------------|-----------------|-------------------|
| Carragenina | 2 gr | 13 gr |
| Bagazo molido | 5 gr | 33 gr |
| Glicerina | 2 ml | 13 ml |
| Agua filtrada | 60 ml | 400 ml |
| Probeta BG ₃ | BG ₁ | BG ₁ ' |
| Agar | 2 gr | 13 gr |
| Bagazo molido | 5 gr | 33 gr |
| Glicerina | 2 ml | 13 ml |
| Agua filtrada | 60 ml | 400 ml |

Tabla n°22: Datos de las muestras AG₁' y BG₁' escaladas (Creación propia).

La muestra de escala media mantuvo las propiedades de la muestra pequeña. Observándose un material homogéneo en los dos casos (Figura 52 y 53), maleable, flexible y con las leves diferencias entre si también observadas con anterioridad, siendo el color más oscuro, y una percepción más flexible en la muestra con carragenina.

Carragenina como aglomerante

A partir del último resultado aumentando el tamaño de la muestra, se decide utilizar la carragenina como aglomerante ya que se observa una cualidad de maleabilidad y de resistencia mayor que con el uso de agar.

- Receta con el grano fino

La receta seleccionada de bagazo y carragenina fue repetida con un grano medio de la molienda manual y con un grano fino producido por el molino de martillo.

El resultado es una superficie más regular, con una mejor continuidad en su espesor, como se puede ver en la fotografía xxx la muestra superior tiene un acabado más rugoso, mientras que la muestra inferior consigue un mejor acabo superficial.



Figura n°52: Muestras AG1' deshidratada (Autoría propia).



Figura n°53: Muestras BG1' deshidratada (Autoría propia).



Figura n°54: Muestras AG1' enrollada (Autoría propia).



Figura n°55: Muestras AG1 en la esquina superior, muestra ag1 de grano fino en la esquina inferior (Autoría propia).

- Espesor

Para realizar una comparación entre los espesores se hizo tre muestras de 78 mm de diámetro y diferentes espesores: 5,10 y 15 mm. La receta AG1 se distribuyo en los tres moldes.







| | aS | aM | aL |
|-----------------------------|---|--|---|
| <i>Foto</i> |  |  |  |
| <i>Espesor inicial</i> | 5 mm | 10 mm | 15 mm |
| <i>Peso inicial</i> | 27,4 gr | 43,5 gr | 64,5 gr |
| <i>T° de deshidratación</i> | 60°C | 60 °C | 60°C |
| <i>Tiempo de secado</i> | 21 hrs | 21 hrs | 21 hrs |
| <i>Foto final</i> |  |  |  |
| <i>Diámetro final</i> | 57 mm | 57 mm | 53 mm |
| <i>Espesor final</i> | 2,5 mm | 5 mm | 9 mm |
| <i>Peso final</i> | 5,6 gr | 10,1 gr | 15,9 gr |

Tabla n°23: Registro de los datos de espesores (Creación propia).

Se observa que el espesor final de la probeta se reduce a la mitad del espesor del molde y que, a mayor espesor, esta relación podría disminuir el diámetro total de la muestra y también su espesor.

Definición de componentes

De acuerdo con el objetivo de definir las proporciones mediante la experimentación de extractos de algas, flexibilizante, espesores de las muestras y la escalabilidad de la muestra pequeña a una muestra de mayores proporciones, se logra una receta para la replicabilidad del biomaterial.

El resultado se define con las siguientes proporciones para un formato laminar:

| Componente del material | Proporción | Unidad de medida |
|--------------------------|------------|------------------|
| <i>Bagazo molido</i> | 2 | gr |
| <i>Carragenina kappa</i> | 5 | gr |
| <i>Glicerina</i> | 2 | ml |
| <i>Agua filtrada</i> | 60 | ml |

Tabla n°24: Proporción de los componentes (Creación propia).

Para reproducir la receta en una mezcla de mayor tamaño, se debe medir el volumen del molde a vertir y dividirlo por la proporción de agua de la receta, así se obtiene el factor de escala que debe multiplicar cada componente.

Por ejemplo, si deseo llenar un molde de 600 ml:

$$600/60=10.$$

$$10*5= 50 \text{ gr. de bagazo molido}$$

$$10*2= 20 \text{ gr. de carragenina}$$

$$10*2= 20 \text{ ml. de glicerina}$$

$$10*60= 600 \text{ ml de agua filtrada}$$

El volumen total de la mezcla es mayor al molde, sin embargo este cálculo considera un porcentaje de pérdida de agua que se evapora por evaporación al cocinar y restos de la mezcla que se pierden al vertir.

3.3 Características del material

Densidad

A partir de las muestras aS, aM, aL del ensayo de espesores, se obtuvo el peso y el volumen de cada una, tabuladas en la tabla nº 25 y mediante la fórmula: $\rho = M/V$ se obtienen la densidad promedio de 0,91 gr/cm³ lo que equivale a 913 kg/m³.

El valor de la densidad promedio del material se posiciona en el diagrama de Ashby (Gráfico nº 8) el cual se encuentra en la proyección de la línea naranja junto a materiales como el cuero, goma eva, polietileno, polipropileno, entre otros.

| Medida/muestra | aS | aM | aL |
|----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Masa | 5,5 gr | 8,4 gr | 12 gr |
| Volumen | 5 cm ³ | 10 cm ³ | 15 cm ³ |
| Densidad | 1,1 gr/cm ³ | 0,84 gr/cm ³ | 0,8 gr/cm ³ |

Tabla nº25: Densidad de las muestras aS, aM, aL (Creación propia).

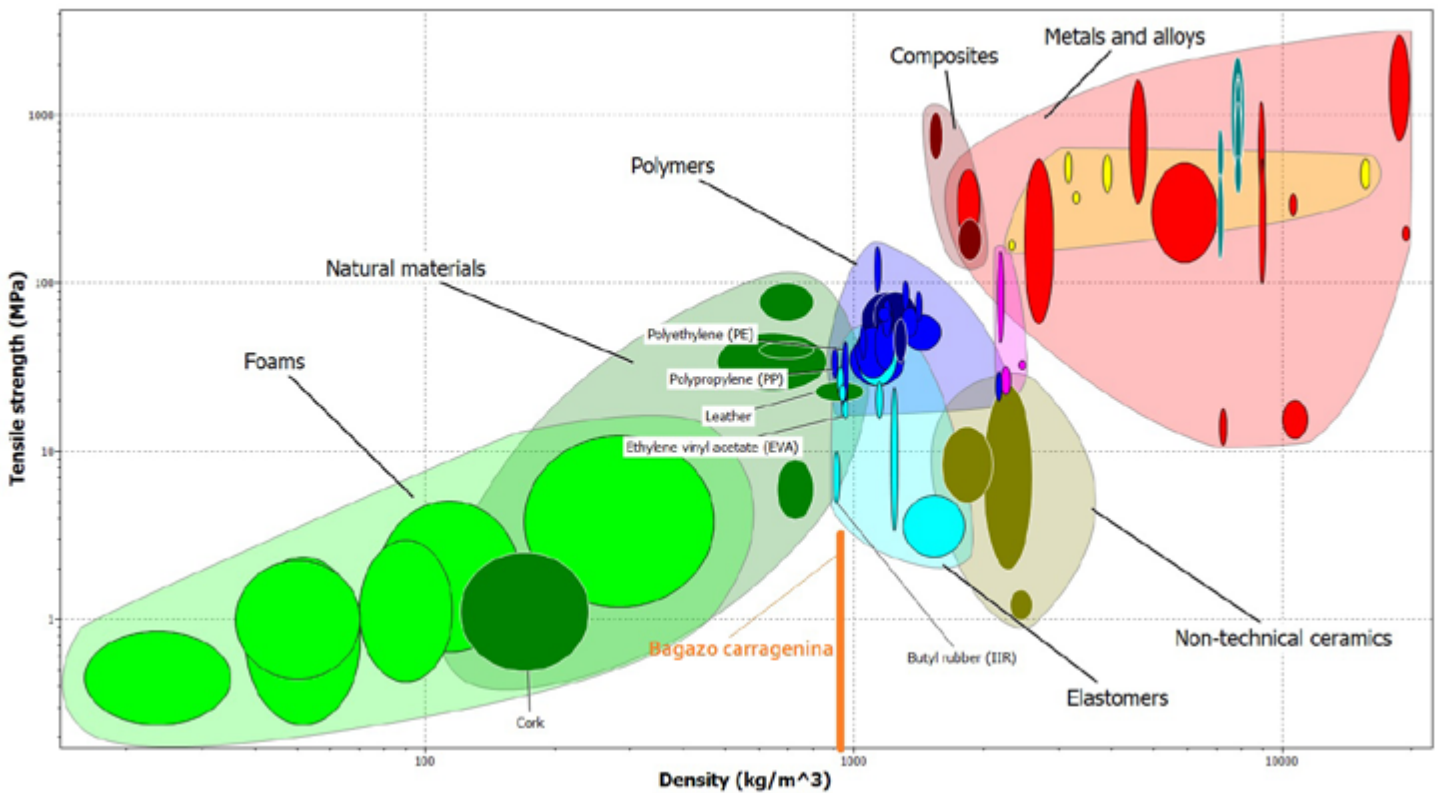


Gráfico nº8: Densidad del material en el diagrama de Ashby, realizado en CES EduPack 2013 (Autoría propia).

Absorción de agua e hinchamiento

A partir de los resultados (Tabla n° 26) y mediante la ecuación:

$$\frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}} \times 100 = \% \text{ de absorción}$$

Se determina un 257% de absorción de agua a las 24 hrs inmerso, lo que hace la muestra recuperar su estado gel otorgado por la carragenina, manteniendo su forma y debilitándose, posteriormente la muestra al deshidratarse pierde en gran partes su flexibilidad.



Figura n°56: Muestra 1 después de 24 horas sumergida en agua (Autoría propia).

En cuanto a sus dimensiones, el hinchamiento de la muestra de bagazo y carragenina al estar sumergido 24 horas se define según la ecuación:

$$\frac{(\text{Espesor final} - \text{Espesor inicial})}{\text{Espesor inicial}} \times 100 = \% \text{ de hinchamiento}$$

Resultando un hinchamiento promedio de 347,5% el cual se manifiesta desde las primeras 2 horas, demostrando que no es un material impermeable y que el ambiente húmedo puede ser uno de los factores externos con potencial para degradar el material.

| Horas | Medición | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Muestra 5 |
|-------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0 | Dimensión inicial | 60 * 60 mm | 60 * 60 mm | 60 * 60 mm | 60 * 60 mm | 60 * 60 mm |
| | Espesor | 0,5 mm | 1 mm | 1 mm | 0,5 mm | 0,5 mm |
| | Peso inicial | 3,8 gr | 4,8 gr | 5 gr | 3,9 gr | 3,6 gr |
| 2 | Dimensión | 65 * 68 mm | 65 * 73 mm | 68 * 70 mm | 65 * 70 mm | 66 * 68 mm |
| | Espesor | 1,8 mm | 2,25 mm | 2,5 mm | 1,6 mm | 1,75 mm |
| | Masa | 10,3 gr | 13,2 gr | 13,2 gr | 10,9 mm | 10,2 mm |
| 24 | Dimensión | 66 * 70 mm | 70 * 76 mm | 70 * 71 mm | 68 * 70 mm | 69 * 70 mm |
| | Espesor | 2,6 mm | 3,3 mm | 3,25 mm | 2,75 mm | 2,5 mm |
| | Peso | 13,4 gr | 17,2 gr | 17,2 mm | 13,9 mm | 13,6 gr |
| % | % Absorción | 256,6 % | 258,3 % | 244 % | 256,4 % | 277,7% |
| | % Hinchamiento | 425 % | 237,5 % | 225 % | 450 % | 400 % |

Tabla n°26: Datos del ensayo de absorción de agua e hinchamiento (Creación propia).

Tracción

El ensayo de tracción realizado en la Universidad del Bío Bío bajo la Norma Astm D638, da como resultado un valor promedio de tensión máxima de 0,71 Mpa, un Módulo de Young de 720,24 Mpa y desplazamiento promedio de 10,4 mm antes de llegar a su ruptura.

En relación con estos resultados y la densidad calculada anteriormente, se ubica la muestra AG1' en el diagrama de Ashby, ubicándose en un área común entre materiales naturales y polímeros, muy cercano al polietileno (PE) que generalmente se usa para contenedores de aceite, botellas de leche, juguetes, packaging para comida, bolsas plásticas, entre otros.



Figura n°57: Ensayo de tracción (Autoría propia).

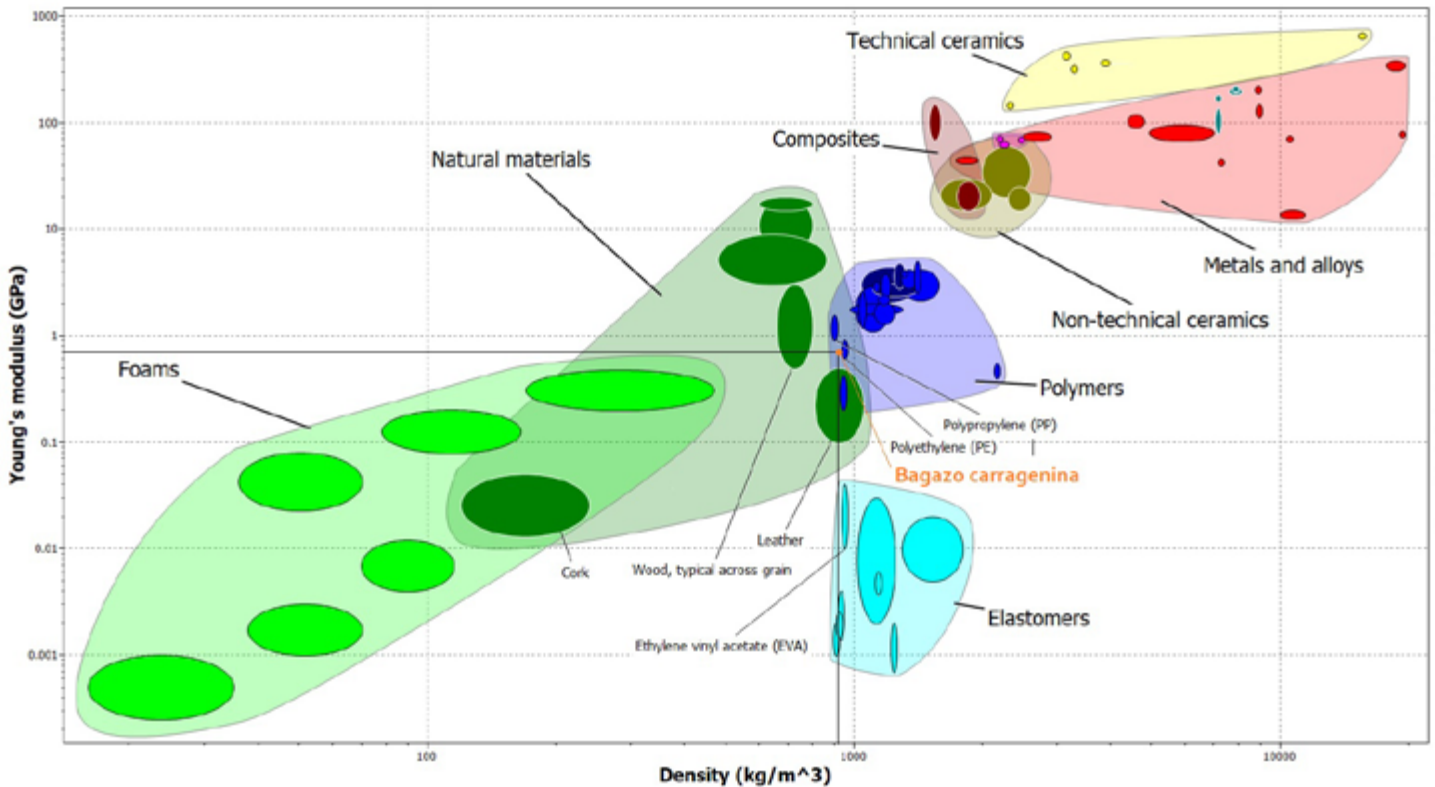


Gráfico n°9: Densidad y módulo de young del material en el diagrama de Ashby, realizado en CES EduPack 2013 (Autoría propia).

Degradación y envejecimiento natural

El registro de la degradación del material se presenta en la tabla n° 27, se puede visualizar que las probetas que se encontraban enterradas en el suelo absorben mayor humedad en el primer mes, mientras que, en el segundo mes no se pudo hacer el registro hasta el día 63 donde se observa en la muestra de suelo 1 una evidente degradación, un gran porcentaje de humedad, presencia de ciempiés y otros insectos al igual que la probeta de suelo 2 que no se observa tanta degradación.

En las muestras de maceta 1 y 2 se observa una variación en su porcentaje de peso a través del tiempo, al aumentar por absorción de humedad se observa su relación con la presencia y crecimiento de hongos. Lo que también se presencié en las primeras semanas de las muestras de suelo.

Las condiciones climáticas de los 2 meses en que se hizo el registro se pueden observar en el gráfico n° 10 y se relaciona que las semanas donde ha llovido, aumenta el peso de las muestras.

El resultado para definir si el material es biodegradable debe estar estudiado por 120 días, y comprobar que el 90 % esté particulado en fragmentos mínimos de 2 mm. Proyectando la muestra de suelo 1, que a los 63 días presenta una fragmentación parcial de 6 mm (Figura 58) en algunas zonas, sin mayores intervenciones. Se considera que, en un ambiente de degradación con mayor control, como una compostera o riegos constantes el material puede ser biodegradado entre 2 y 4 meses, reincorporando la materia al ciclo natural.



Figura n°58: Muestra de suelo 1 en detalle al día 63 (Autoría propia).

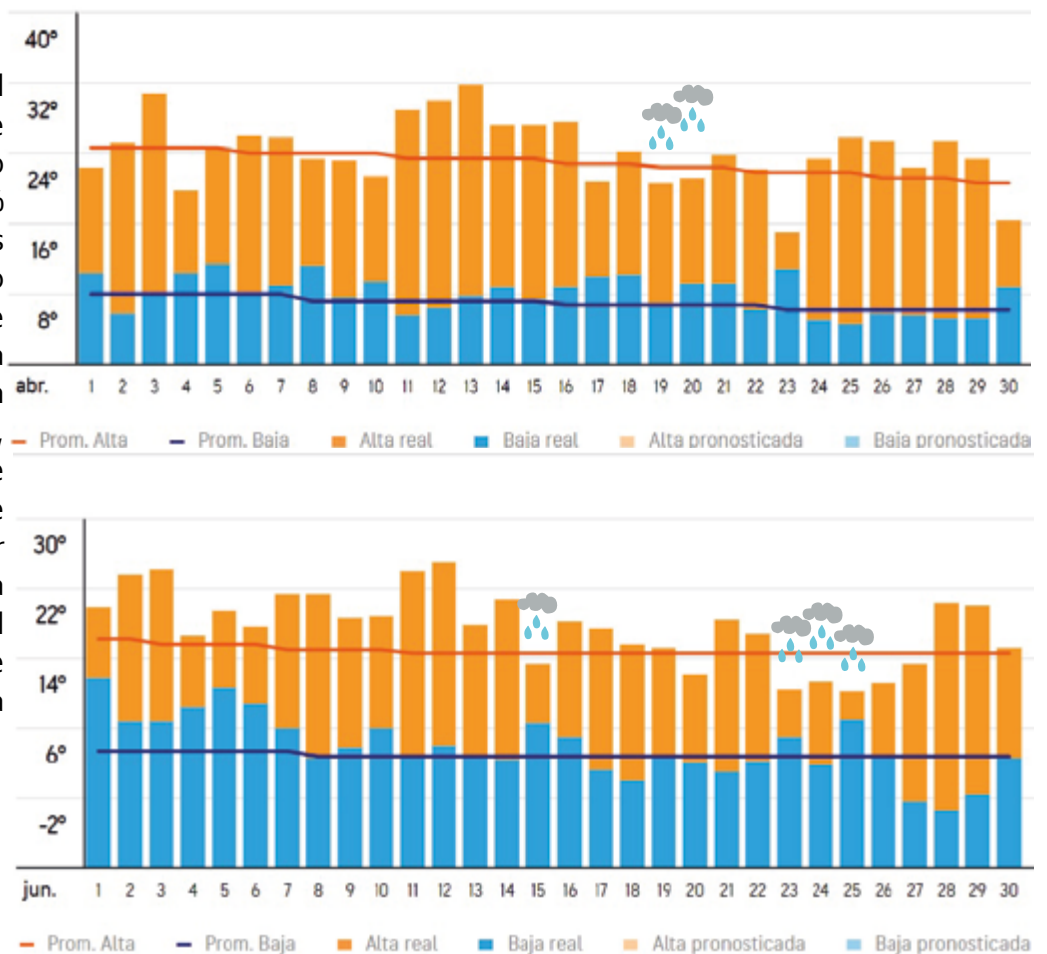


Gráfico n°10: Variación de temperaturas entre Mayo y Junio de 2021 (AccuWeather, 2021).







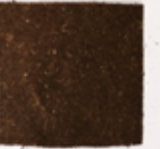

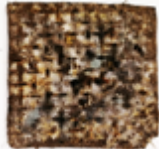














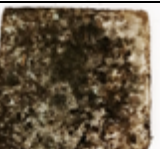








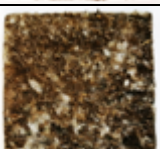

| Día | Suelo | | | | Maceta | | | |
|---|---|----------------|---|----------------|--|----------------|---|----------------|
| | Muestra 1 50*50*1,2 mm 3,2 gr | % Δ peso | Muestra 2 50*50*2,5 mm 5,3 gr | % Δ peso | Muestra 1 50*50*1,4 mm 3,9 gr | % Δ peso | Muestra 2 50*50*2,3 mm 4,5 gr | % Δ peso |
| 0 |  | 0 % |  | 0 % |  | 0 % |  | 0 % |
| 7 |  | 162,5 % |  | 71 % |  | 48 % |  | 75 % |
| 14 |  | 150 % |  | 90 % |  | -20 % |  | -13% |
| 21  |  | 103 % |  | 47% |  | -23 % |  | -22% |
| 28 |  | 118 % |  | 60 % |  | 23 % |  | 26% |
| 35 | Sin registro | | Sin registro | |  | 30 % |  | 48% |
| 42 | Sin registro | | Sin registro | |  | 30 % |  | 31% |
| 49  | Sin registro | | Sin registro | |  | -17% |  | -6 % |
| 56  | Sin registro | | Sin registro | |  | 0 % |  | 6 % |
| 63 |  | 9 % |  | 26 % |  | 30 % |  | 20 % |

Tabla n°27: Registro de envejecimiento y degradación del material (Creación propia).

Hidroformado

El material en formato láminar puede ser manipulado con agua, y moldes para formar otras superficies curvas, sin embargo, se observa que la cualidad flexible del material una vez deshidratado se desgastan, logrando una superficie levemente más rígida y con mayor fragilidad.

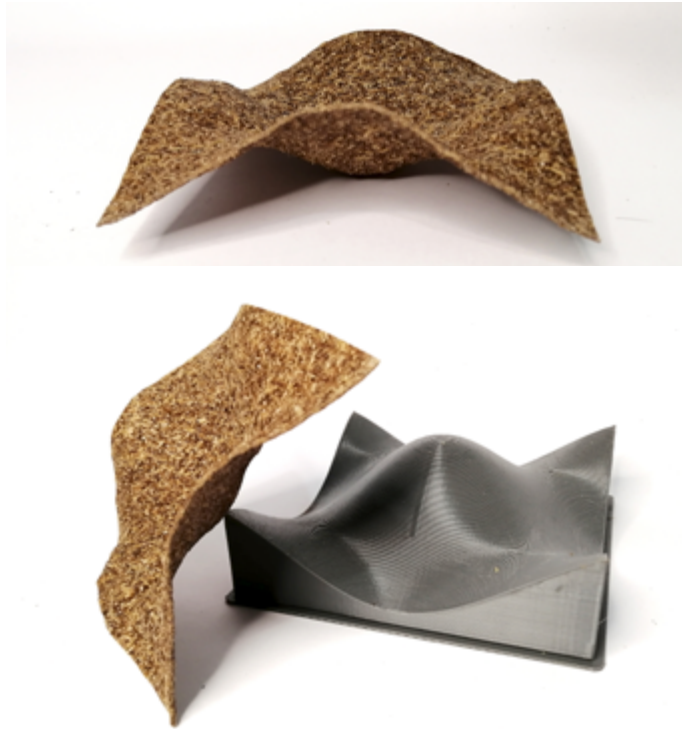


Figura n°59: Lámina hidroformada (Autoría propia).

Costuras

El biomaterial de bagazo y carragenina puede ser manipulado como textil, cortado con tijeras, gillotina o hojas de corte. La costura con hilo encerado es una manifestación de las posibilidades que existen a través de esta herramienta. Se debe considerar que el hilo delgado puede romper con mayor facilidad la costura y es recomendado explorar otros puntos de costura, o un doblar en el material para reforzar la costura.



Figura n°60: Costura de dos láminas con hilo encerado (Autoría propia).

Adhesivos

Las muestras se sometieron a una prueba de carga de 0,5 kilogramos, soportando la carga sin problemas. Se observa que la muestra pegada con cola para maderas es levemente más rígida que la muestra adherida con agua caliente.



Figura n°61: Lámina pegada con cola (Autoría propia).

Figura n°62: Lámina pegada con agua caliente (Autoría propia).



Figura n°63: Lámina pegada con cola soportando una carga de 0,5 kilogramos (Autoría propia).

Figura n°64: Lámina pegada con agua caliente soportando una carga de 0,5 kilogramos (Autoría propia).

Grabado y corte láser

Los parámetros de corte y grabado varían según la potencia y el tipo de máquina, en este caso se ocupa una maquina láser de escritorio Ortur Máster Laser 2 con diodo de 15 W. Resultando los parámetros de la tabla 28 logrando cortes en láminas de 1 y 2 mm, considerando 2 pasadas por cada mm de espesor.

| | Velocidad | Potencia |
|---------|-------------|----------|
| Corte | 500 mm/min | 100 % |
| Grabado | 1000 mm/min | 80 % |

Tabla n°28: Parámetros para corte láser (Creación propia).



Figura n°65: Cortes realizados con láser (Autoría propia).

Ensayo de patrón o módulos de ensambles

Los ensambles cortados por láser permiten un tramado que puede utilizarse como recurso estético, sin embargo, para la finalidad práctica de unir una pieza con otra no genera una lámina firme, y tiende a rasgar las uniones. Por lo que se recomienda usarlo de manera complementaria a una adhesión por agua.



Figura n°66: Detalle de módulos (Autoría propia).

Ensayo perceptual del material

La muestra del material fue evaluada por 10 personas entre 18 y 36 años, que observaron, manipularon y sintieron, para dar sus respuestas en cada uno de los siguientes niveles desarrollados en el toolkit MazE4 (Materials to experience at four levels)(Camere & Karana,2018):

Nivel performativo

Principalmente los usuarios tienden a tocar el material presionándolo y tocándolo. El material es desplazado plegándolo o doblándolo, mientras que lo sostienen principalmente sujetándolo, lo que significa ejercer cierta presión sobre él (Figura n° 64). Como observación, los usuarios tienden a acercar su nariz al material, para olerlo reiteradamente mientras se realiza el ejercicio.

1. Nivel performático

¿Qué te hace hacer el material?

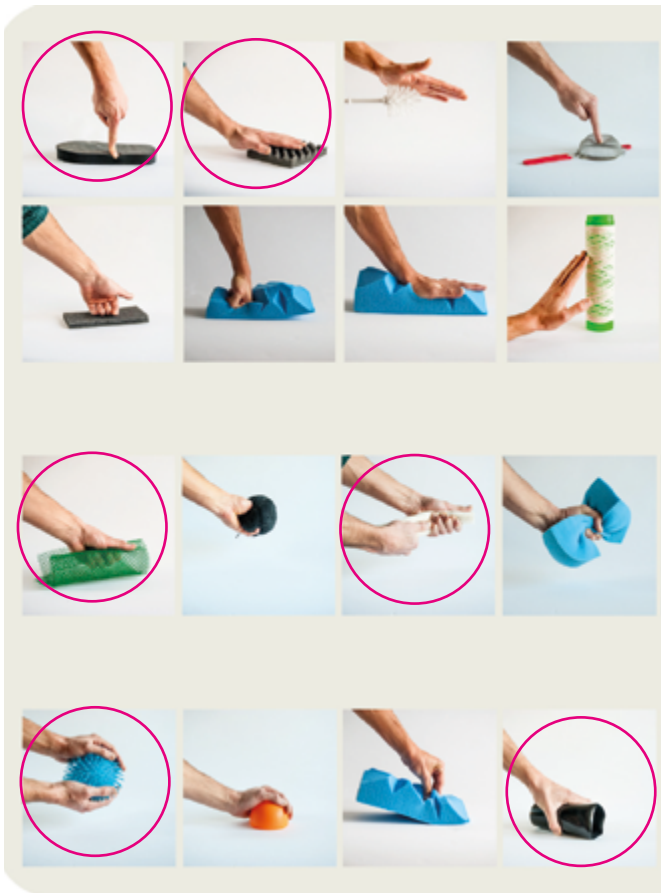


Figura n°67: Respuestas del nivel performativo del material (Autoría propia).

Nivel sensorial

Las respuestas en cuanto a la descripción del material mediante los sentidos (Figura n° 68), fue dividida en las característica: Duro/Suave, Mate/Brillante, Frío/Cálido y No elástico/Elástico.

La elasticidad y dureza del material varía según la referencia de comparación, lo que explica el resultado de esa característica según la cantidad de gente consultada, mientras que el acabado del material tiene un lado oscuro y otro más claro, por lo que es una variable distractora en cuanto al concepto de mate/brillante. En cuanto a la percepción de la temperatura del material es una característica de interés para estudiar ya que, dentro de las reflexiones finales y significados del material, algunos encuestados comentan que el material pareciera ser buen aislante, aunque parezca un material frío, y viceversa, que es un material frío que tiene aspecto cálido, demostrando que su aspecto y su sensación térmica puede no estar relacionado.

Por otro lado, los aspectos que muestran una clara tendencia son las características que describen al material como: Rugoso, no reflectante, opaco, dúctil, fuerte, ligero, textura irregular y fibroso.

2. Nivel Sensorial

¿Cómo describirías el material?

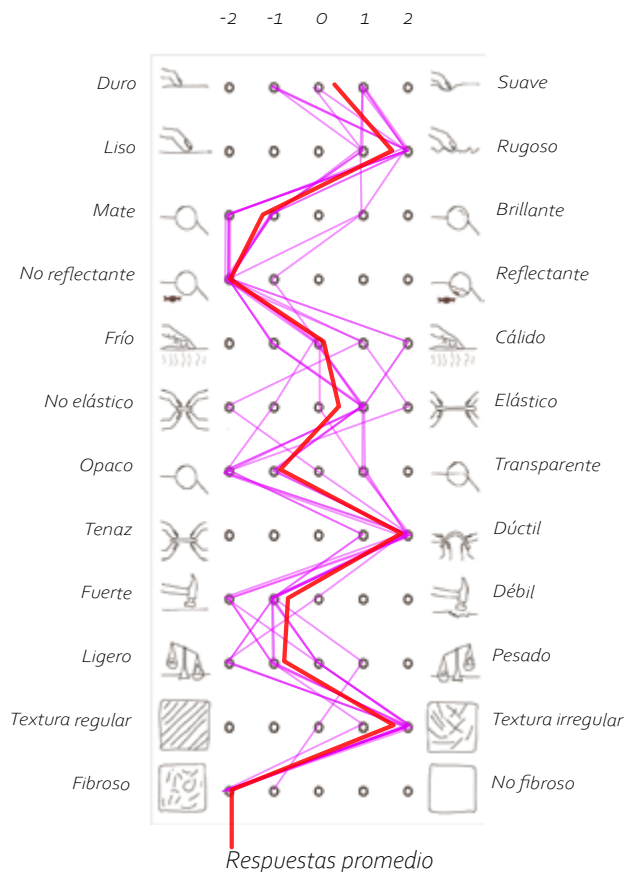


Figura n°68: Respuestas del nivel sensorial del material (Autoría propia).

Nivel afectivo

Las respuestas fueron graficadas por cada usuario y se recopilan en la partes superior de la figura nº 6g, donde muestra que el material provoca distintas emociones y una sensación medianamente placentera en los encuestados. Algunos logran definirla como curiosidad, atención, intriga o comodidad.

Nivel interpretativo

En la figura 6g se observan las respuestas agrupadas de los usuarios, quienes definieron el material en tres palabras, resultando los conceptos de: Natural, curioso y rústico. Estos significados son derivados principalmente por características como el color y la textura del material.

Al finalizar la encuesta, se comentan las reflexiones sobre el material, definiendo que lo más agradable es su textura y maleabilidad, mientras que lo más desagradable es su olor y que es un poco pegajoso.

Las características únicas de este material se definen como su composición y dar una sensación de calidez visual y ser frío al mismo tiempo.

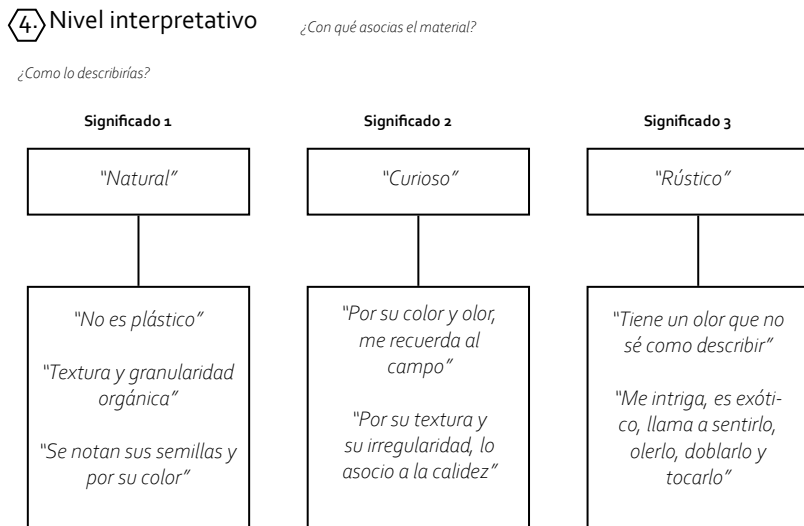
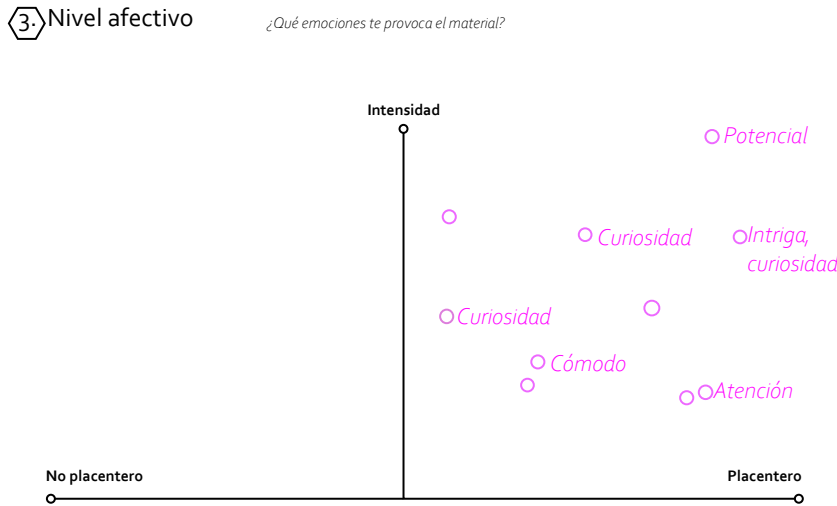


Figura nº6g: Respuestas del nivel afectivo e interpretativo del material (Autoría propia).

Ficha del biomaterial

A través de la caracterización física, mecánica, de trabajabilidad, resistencia al ambiente y perceptual realizada al material diseñado, se han determinado sus propiedades principales resumidas en la siguiente ficha técnica:


| | | | | |
|-----------------------------------|---|--|------------|-----------------------------|
| Descripción de componentes | <i>Material biobasado compuesto de bagazo de malta molido, carragenina Kappa, glicerina. Hecho en una base hidrocoloide de solvente de agua filtrada.</i> | | | |
| Descripción perceptual | <i>Es un material rugoso, con terminación mate, no reflectante, opaco, dúctil, fuerte, ligero, con textura irregular y fibroso.</i> | | | |
| Propiedades generales |  | | | |
| <i>Densidad</i> | | | | <i>910 Kg/m³</i> |
| <i>Costo*</i> | | | | <i>6250 Clp/kg</i> |
| Propiedades mecánicas | | | | |
| <i>Modulo de young</i> | <i>710 Gpa</i> | | | |
| <i>Fuerza máxima de tensión</i> | <i>0,7 Mpa</i> | | | |
| <i>Desplazamiento en tracción</i> | <i>10 mm</i> | | | |
| Trabajabilidad | | | | |
| <i>Corte</i> | <i>Si</i> | <i>Tijeras, guillotina hoja metálica en general. Láser</i> | | |
| <i>Plegado</i> | <i>Si</i> | | | |
| <i>Pegado</i> | <i>Si</i> | <i>Remojo en agua caliente y prensado.</i> | <i>PVA</i> | |
| <i>Textil</i> | <i>Si</i> | <i>Costuras con hilo grueso</i> | | |
| Degradación | <i>2-4 meses</i> | <i>Ambiente natural húmedo y organismos vivos.</i> | | |
| Solubilidad | <i>Si</i> | <i>Agua a 80° C en agitación</i> | | |
| Impermeabilidad | <i>No</i> | | | |

Figura n°70: Ficha técnica del biomaterial desarrollado (Autoría propia).

3.4 Aplicación del material en la experiencia de consumo de cerveza artesanal

Analizar la experiencia del usuario

Datos demográficos

Los resultados muestran que el 64% de los encuestados se identifican con el género masculino y el porcentaje femenino alcanza un 35%, mientras que el 1% se comparte entre no binarios y que prefieren no decirlo. El rango etario se concentra de manera similar entre los 18 a 25 años y 26 a 35 años con un 32% y 35% respectivamente, seguido por el rango de 36 a 45 años con un 21%, los de 46 a 55 años representan un 10% y solo un 2% tiene más de 55 años (Gráfico n° 11).

Un 58% tiene un nivel universitario y un 22% cuenta con un postgrado. El 13% tiene una educación técnica superior y un 7 % educación de enseñanza media. Del total de encuestados un 23% son estudiantes, mientras un 75% tiene un empleo o una actividad remunerada.

Rango etario de los encuestados

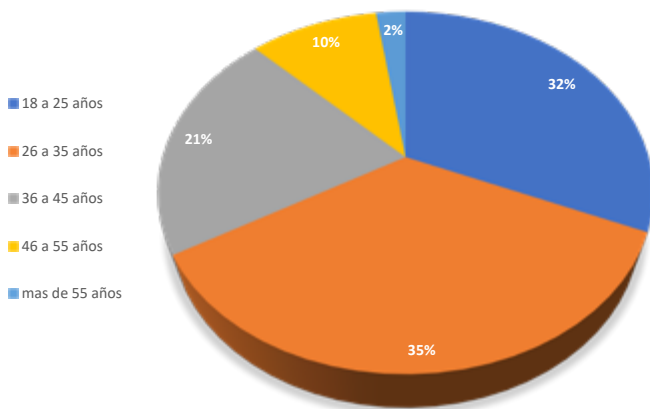


Gráfico n°11: Rango etario de los encuestados (Autoría propia).

Para esta encuesta se definió que la cerveza artesanal considera a las producciones pequeñas, con variedad de sabores y generalmente no vienen pasteurizadas, comparadas con las masivas producciones de cerveza que se pasteurizan para prolongar su tiempo de caducidad y vienen con una menor cantidad de variedades. Cabe destacar que cervezas que en sus inicios se originan como artesanales y debido a su trayectoria hoy en día ya cuentan con una producción de carácter industrial, serán consideradas artesanales debido a su experiencia de consumo y variedad en sabores.

Atributos de preferencia de la cerveza artesanal antes que industrial

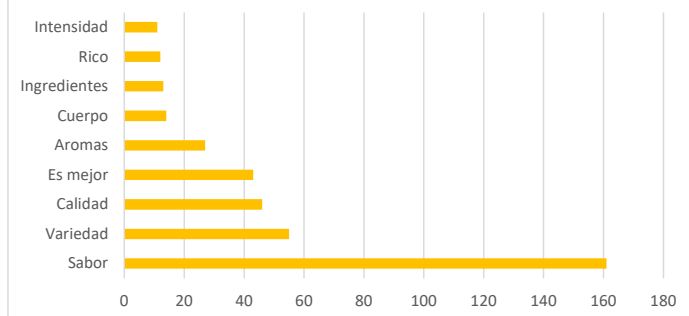


Gráfico n°12: Atributos de preferencia de los encuestados por la cerveza artesanal (Autoría propia).

Con esa definición, un 90% de los encuestados prefiere la cerveza artesanal sobre la industrial.

Analizando las respuestas abiertas de los consumidores se obtuvo los principales atributos de su preferencia visualizados en el gráfico n°12.

Se concluye que la preferencia por la cerveza artesanal tiene directa relación con el sabor, su variedad y la calidad, destacando atributos como sus aromas e intensidad, lo que genera una percepción de que es mejor y más rica.

Compra de la cerveza artesanal

Al igual que en la preferencia por la cerveza artesanal, los atributos de variedad y calidad son los más valorados al momento de elegir la cerveza en la compra, otros atributos como la recomendación, precio y tipo de envase también se hacen presente, mostrados en el gráfico n° 13.

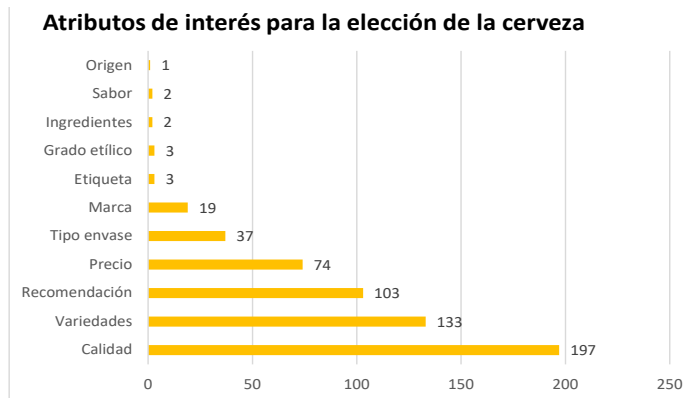


Gráfico n°13: Atributos de preferencia en la elección de compra (Autoría propia).

El formato más comprado se concentra en la botella de vidrio de 330 cc y 355 cc representado en el gráfico n° 14, principalmente en cantidades de 4 pack o 6 pack, seguido por la compra por unidades y pack de mayores cantidades asociados a los packs de degustación que contienen distintos formatos de distintas variedades y marcas.

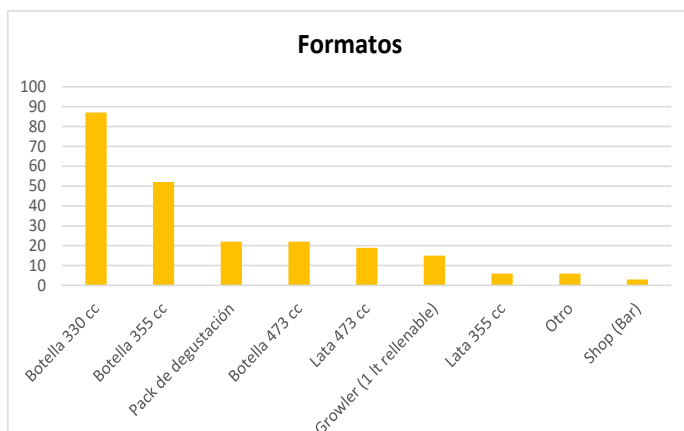


Gráfico n°14: Principales formatos de compra (Autoría propia).

Relacionado con el formato de pack de botellas, las respuestas determinan que las cervezas artesanales se compran principalmente en empaques de cartón forrado, cajas de cartón corrugado, y otras sin empaques, coincidiendo a los formatos antes mencionados de pack, pack variado de degustación y por unidades.

Experiencia de consumo

Una vez comprada la cerveza artesanal, los consumidores la almacenan en el refrigerador y otro porcentaje menor a temperatura ambiente en algún mueble o despensa antes de que llegue el momento de consumir. Este producto es asociado principalmente a una instancia de relajación, la cual se acompaña de otras como degustación, fiesta, comida o un pasatiempo (Gráfico n°15).

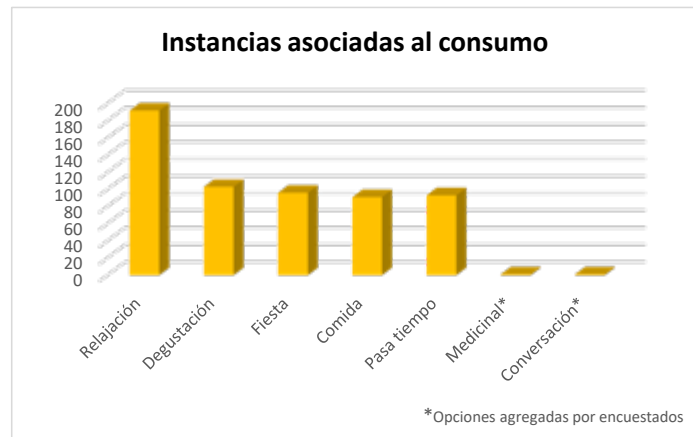


Gráfico n°15: Instancias asociadas a la experiencia (Autoría propia).

La frecuencia de consumo tiende a ser 1 vez por semana, acompañado de un snack o comida, o bien puede acompañarse con un cigarrillo o simplemente disfrutar el sabor de la cerveza sola sin acompañamientos (Gráfico n°16).

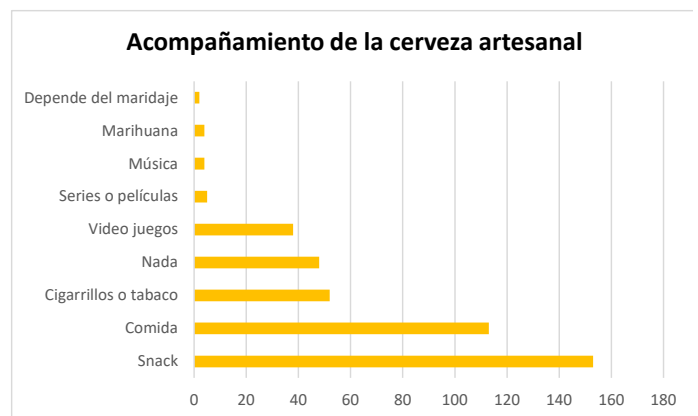


Gráfico n°16: Acompañamientos comunes (Autoría propia).

En la experiencia se describen los patrones iniciando con la búsqueda de los elementos necesarios para llevar a cabo la experiencia, de modo que no se necesite nada más después de empezar el consumo. Se prepara la cristalería, los acompañamientos y el ambiente en el que se desarrollará. Este entorno debe ser tranquilo, de relajación y puede ser ambientado con música o pasatiempos del consumidor.

La temperatura ideal según la cerveza es parte de la preparación, ya que ocurre previo al consumo y es un requerimiento para que la experiencia sea satisfactoria, en este caso la cerveza helada y el vaso adecuado es requisito.

Se destapa la cerveza y destaca el sonido particular que se genera, esta se deja reposar para sentir sus distintos aromas antes de servir, algunos suelen dar su primer sorbo directo desde la botella mientras que otros proceden a servir en su vaso cervecero, buscando la cantidad de espuma perfecta ya sea ladeando el vaso, dejándola caer lentamente, o haciendo un cambio de ritmo para que quede de su preferencia.

Una vez servido el vaso, se observa la espuma, las burbujas y el color de la cerveza artesanal ayudándose del efecto contraluz, de esta manera ver la pureza y filtrado. Otro aspecto que observa el consumidor es la información en el envase o etiqueta, ya que busca saber que contiene su cerveza y que tipo de sabores encontrará.

El primer sorbo recibe mayor atención por los consumidores, suele ser más prolongado y es el momento en el que se degusta, se siente el sabor, la intensidad, el amargor y las sensaciones encontradas para comentar la variedad. Una vez hecha la cata se procede a consumir con regularidad, de manera pausada, calma, disfrutando el sabor, la amargura y sus atributos que surgen a lo largo de la experiencia que suele intercalarse con otras actividades preparadas para la instancia de relajación, ya sea una conversación, fumar un cigarro, escuchar música o simplemente disfrutar la cerveza artesanal y sus variedades.

Como resumen, se reconoce el consumidor como principalmente joven entre 18 y 36 años, con nivel académico universitario y en su mayoría con trabajo o actividades remuneradas. Busca atributos como el sabor, la variedad y calidad en la cerveza artesanal, sin embargo, la recomendación, el precio y el tipo de envase son atributos que también considera a la hora de comprar.

Su compra habitual son formatos de botella pequeña, entre 330 y 355 cc por pack de cartón forrado de 4 o 6 cervezas, este formato de cerveza artesanal es el más presente en supermercados y cervecerías, los dos principales lugares de compra de los consumidores.

Presentan un interés en empaques reciclables o ecoamigables, el packaging de cartón es el formato de su preferencia ya que se puede reciclar con mayor facilidad. A su vez un 57% de ellos está dispuesto a pagar más por un empaque que reduzca el impacto al medio ambiente.

Su consumo es principalmente una vez por semana, en compañía y con algún snack o comida de acompañamiento en instancias asociadas a la relajación.

Resumen de la experiencia del usuario

Datos generales

Edad: 19 a 35 años

Nivel educacional: Universitario

Ocupación: Empleado o con actividad remunerada

Experiencia de compra

Dónde: Supermercado y cervecería

Qué: Botella de 330 cc en 4 pack

En qué: 4 o 6 pack de cartón forrado

Preferencias: Cerveza de calidad, con variedad de sabores, botella pequeña, en cartón forrado, o uno reciclable.

Experiencia de consumo

Cómo: En un vaso cervecero, disfrutando los distintos sabores y olores, cada uno tiene un rito distinto.

Dónde: En casa, en un lugar cómodo, preparado para el acto de tomar cerveza.

Qué: Cerveza en botella de alguna variedad nueva

Cuándo: Instancia de relajación o degustación 1 vez por semana

Con qué: Acompañada de un snack, alguna comida según el tipo de cerveza, un cigarro o sola.

Preferencias: En compañía y tranquilidad

Requerimientos de diseño

En búsqueda de aplicar el material desarrollado dentro de la experiencia de la cerveza artesanal y desde los datos revisados de la experiencia, se hacen propuestas que aporten un valor extra al producto actual.

Añadir el concepto de cero residuos al producto local, significa la oportunidad de satisfacer las inquietudes de los consumidores por un proceso amigable con el medio ambiente.

En base a la información recopilada, se define que el material puede ser aplicado dentro del proceso de compra y la experiencia del usuario. A partir de la preferencia del usuario por el packaging de cartón forrado, se desarrolla una propuesta para generar una alternativa a este producto, el cual conlleva un impacto ambiental desde la extracción centralizada de materia prima, procesamiento, manufactura y traslado a otros distribuidores, la cual puede ser reemplazada por el biomaterial ahorrando el gasto energético ya que se produce de manera local.

Este rediseño del packaging actual de la cerveza artesanal, significa una nueva interacción con el usuario, donde se valora la producción de la cerveza y su subproducto, el bagazo interviene desde la compra hasta el hogar, ahí se podrá depositar el material en el patio o una compostera así devolver la materia a la tierra como abono.

Los requerimientos de diseño para el empaque se desglosan en la figura n° 72, considerando que debe orientarse en el 4 pack de cerveza artesanal de botellas de 330 cc.

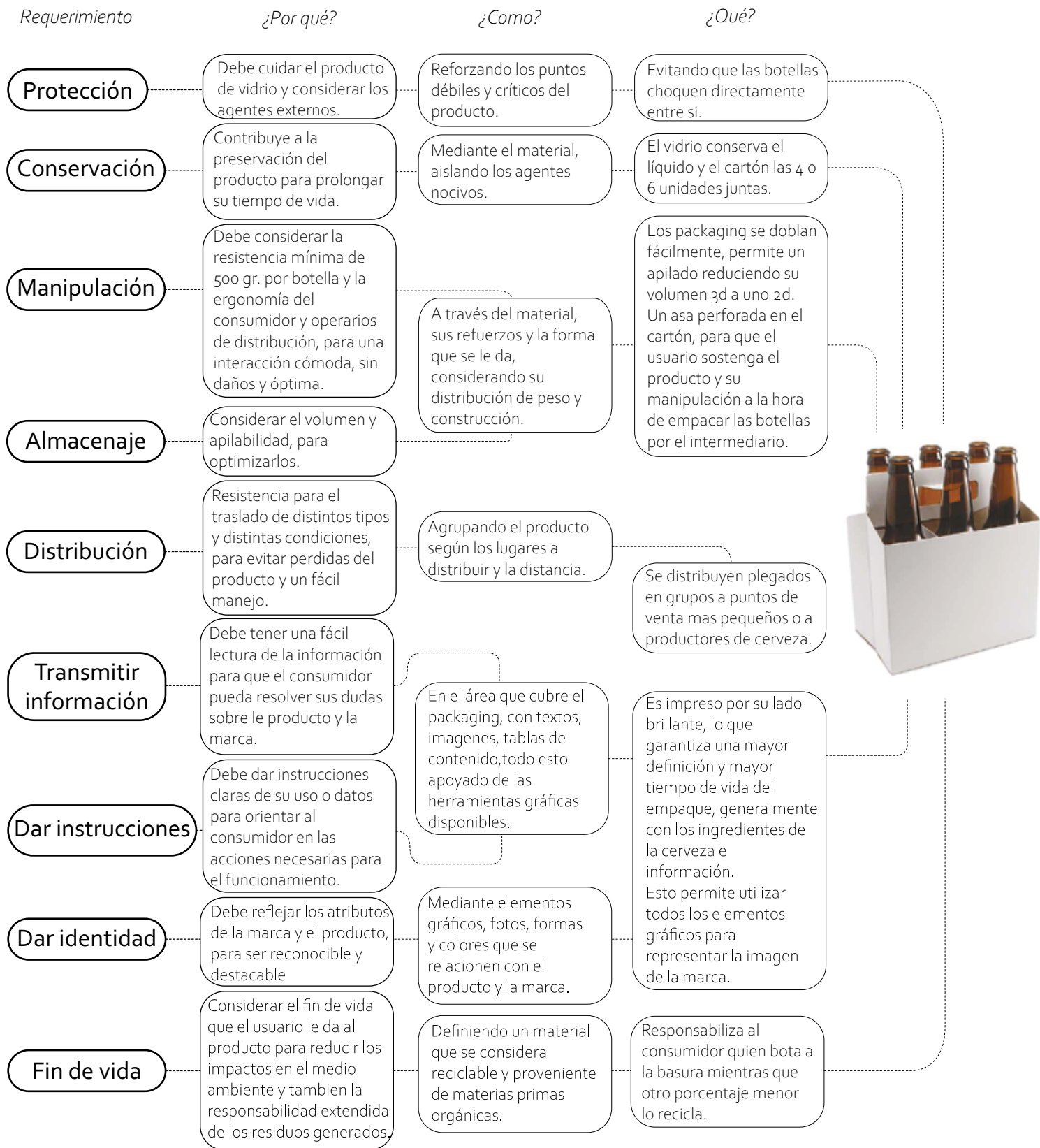


Figura n°72: Desarrollo de requerimientos de diseño de un packaging (Autoría propia).

Significado del material

El material por si solo genera una experiencia al ser percibido por el usuario. A través de los significados entregados en la encuesta se desarrollan los conceptos para guiar el proceso de diseño. Esto corresponde a la etapa 2 y 3 de la metodología MDD (Figura 74) mencionada en capítulos anteriores.

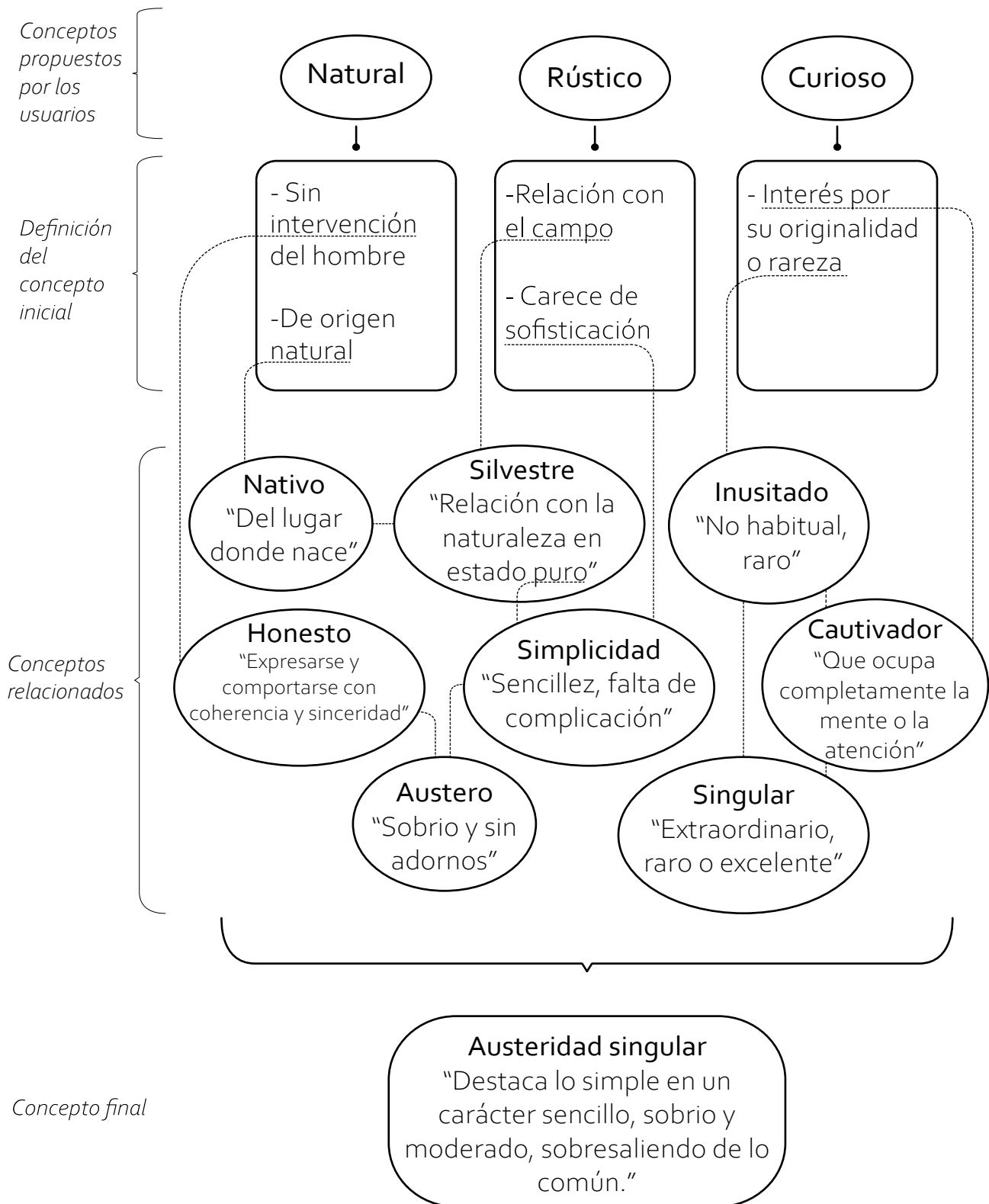


Figura n°73: Desarrollo conceptual del material (Autoría propia).



*Visión del material:
Contribuir con un proceso sustentable,
revalorizando los residuos de la cerveza
artesanal y fomentar la producción
local.*

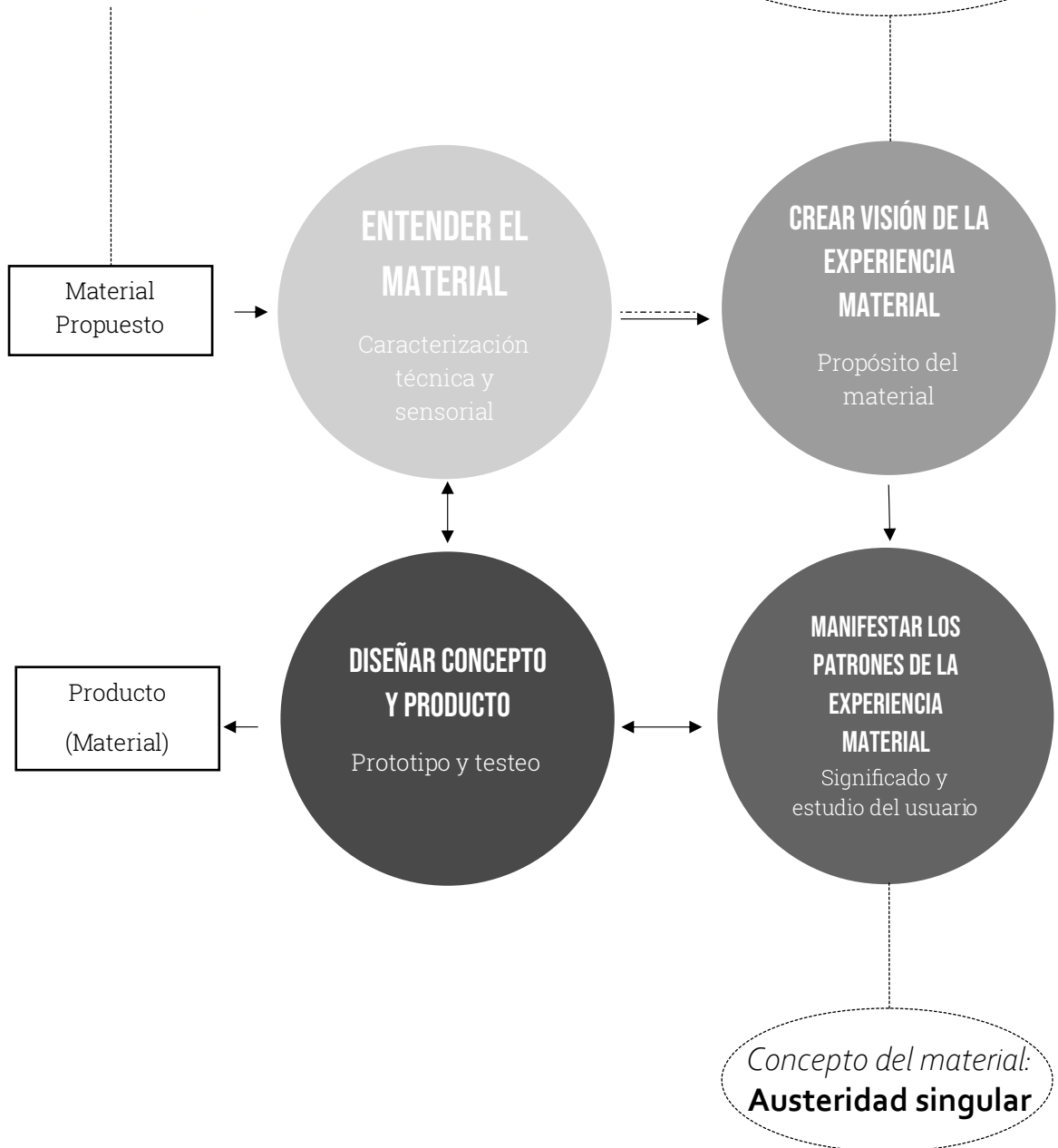


Figura nº74: Desarrollo de la etapas de MDD (Autoría propia a partir de (Karana, 2015)).

Elaboración de propuesta conceptual

Para definir aspectos formales de la propuesta se realizan moodboards de inspiración tanto para el concepto material, como para la aplicación.

Aspectos formales de la austeridad singular: Fluidez, Simplicidad, Lineal, Sólido, Uso de geometría convencional.



Figura n°75: Moodboard del concepto Austeridad Singular (Autoría propia).

Packaging

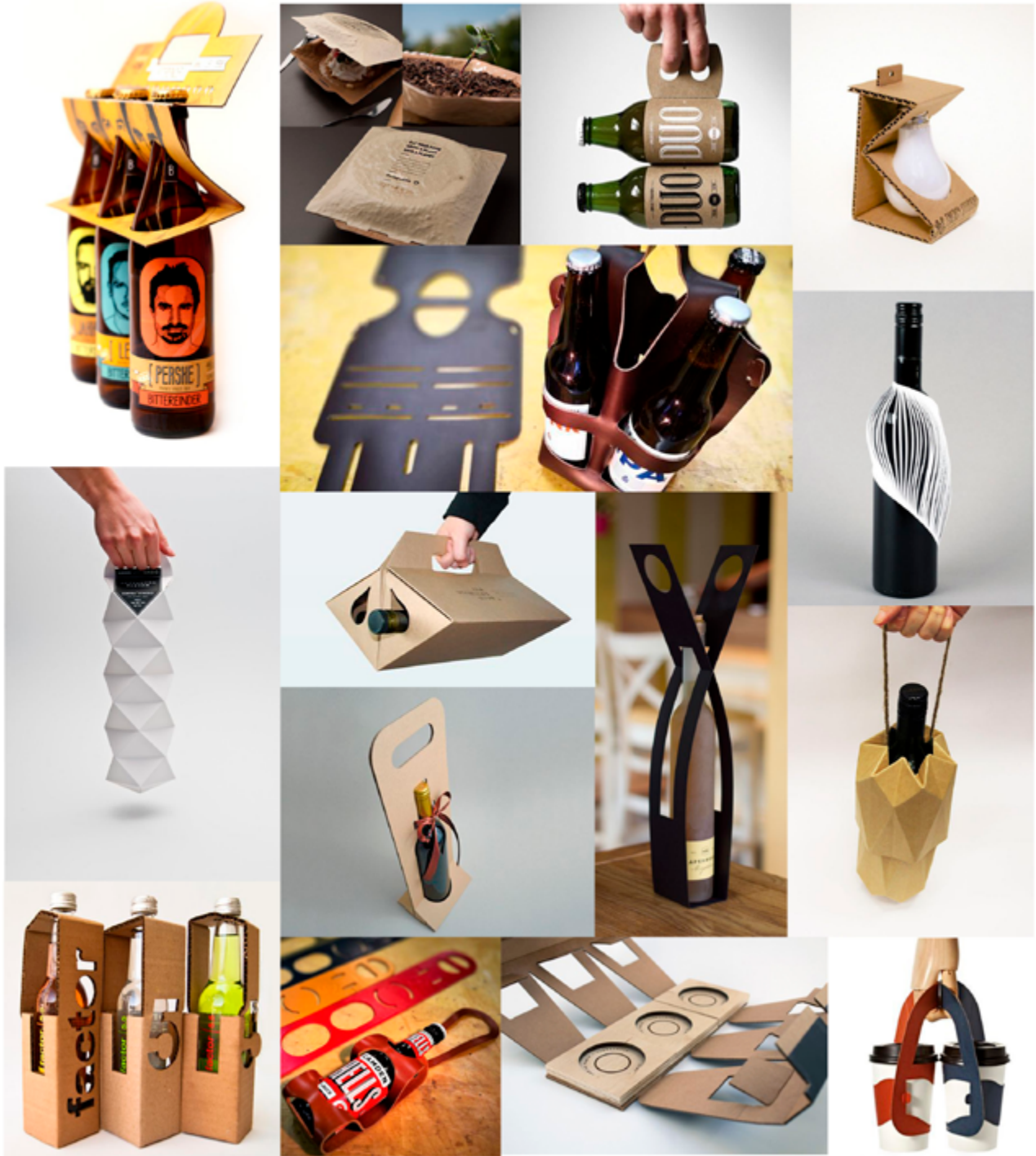


Figura n°76: Moodboard de inspiración para el packaging (Autoría propia).

Los referentes de packaging fueron escogidos principalmente por la utilización de pliegues para sostener las botellas, utilizar cortes para crear ensambles o como un recurso gráfico. El recurso de utilizar la intersección entre el plano del material y el cilindro de la botella generando una circunferencias o elipses es una de las características que mejor logran la función de sostener las botellas.

Por otro lado, se rescata la utilización del cuero como medio para transportar la botella, lo que significa trabajar el material de forma laminar como el biomaterial desarrollado.

Desde estos referentes se inicia el proceso de desarrollo formal de la propuesta mediante bocetos presentados a continuación:

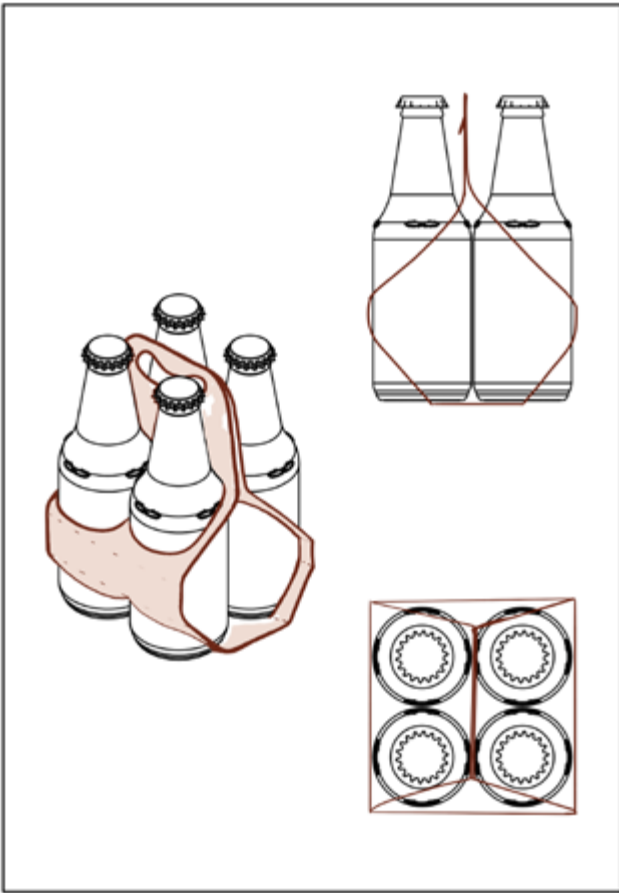


Figura nº77: Boceto 1 para el packaging (Autoría propia).

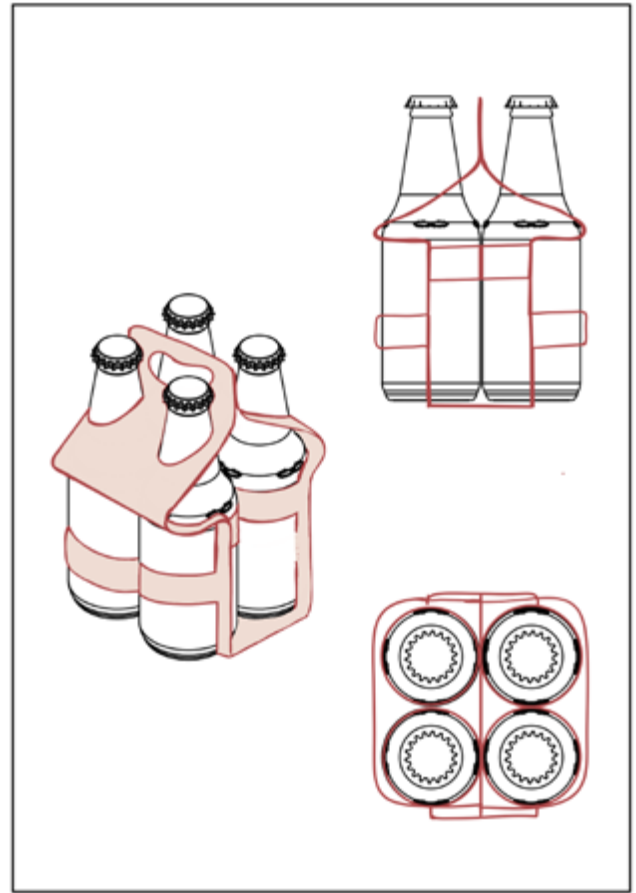


Figura nº78: Boceto 2 para el packaging (Autoría propia).

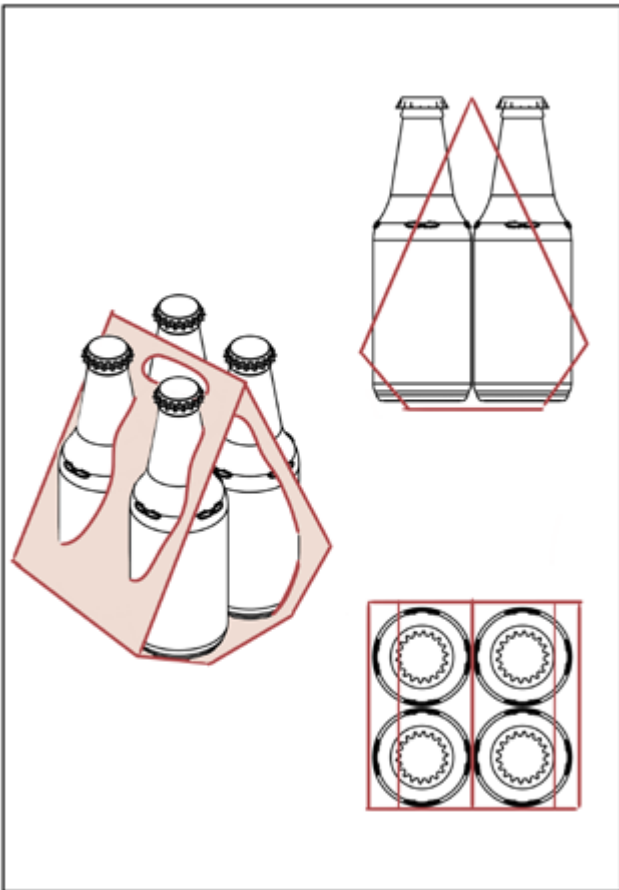


Figura nº79: Boceto 3 para el packaging (Autoría propia).

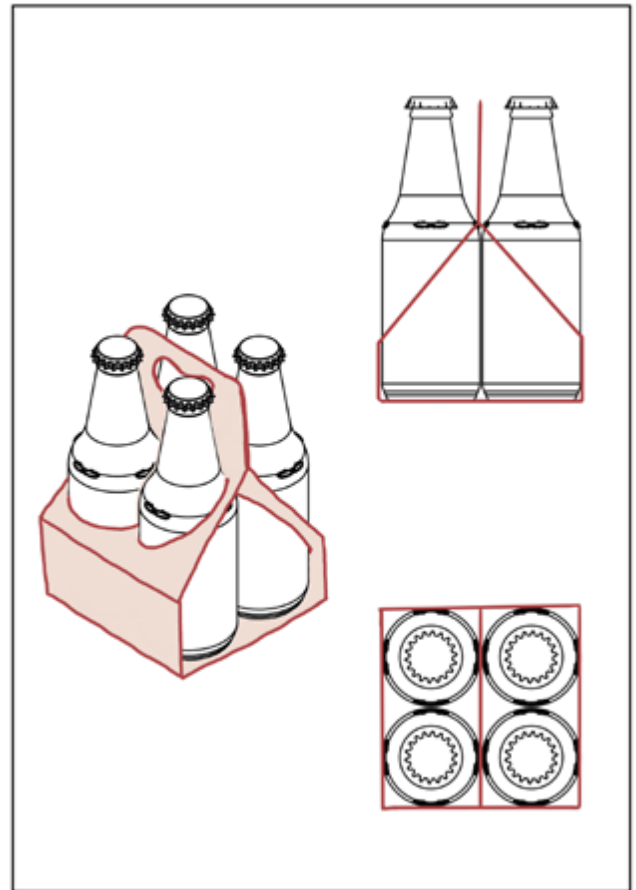


Figura nº80: Boceto 4 para el packaging (Autoría propia).

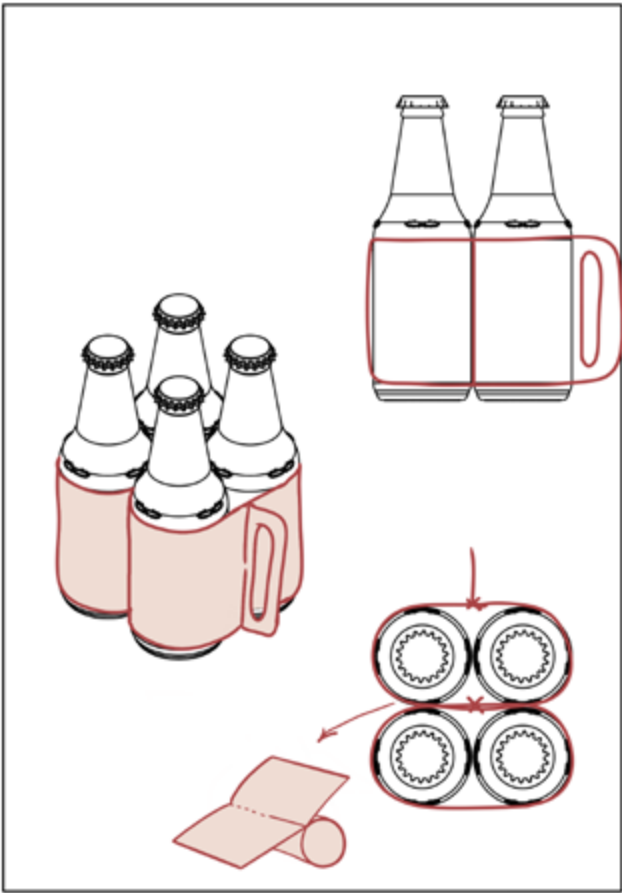


Figura nº81: Boceto 5 para el packaging (Autoría propia).

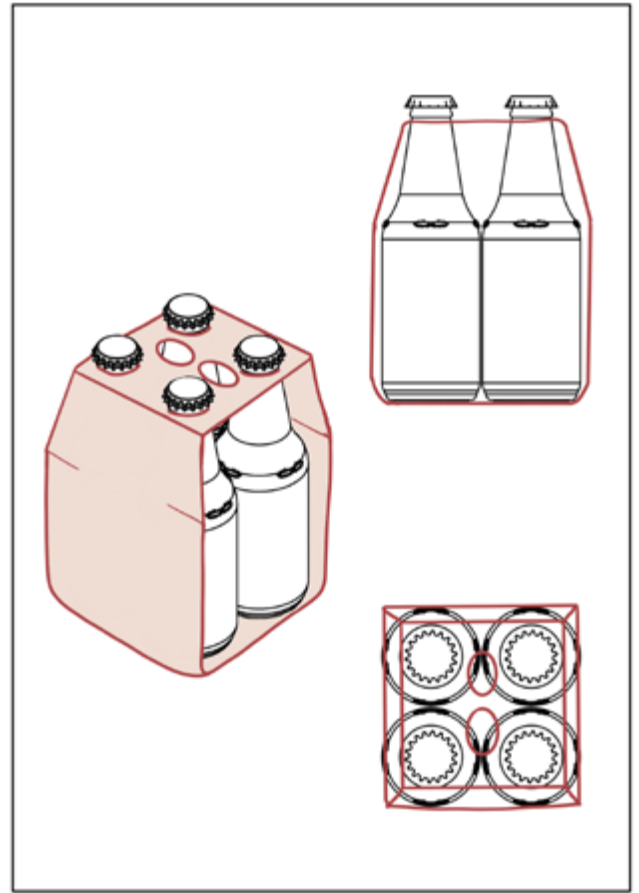


Figura nº82: Boceto 6 para el packaging (Autoría propia).

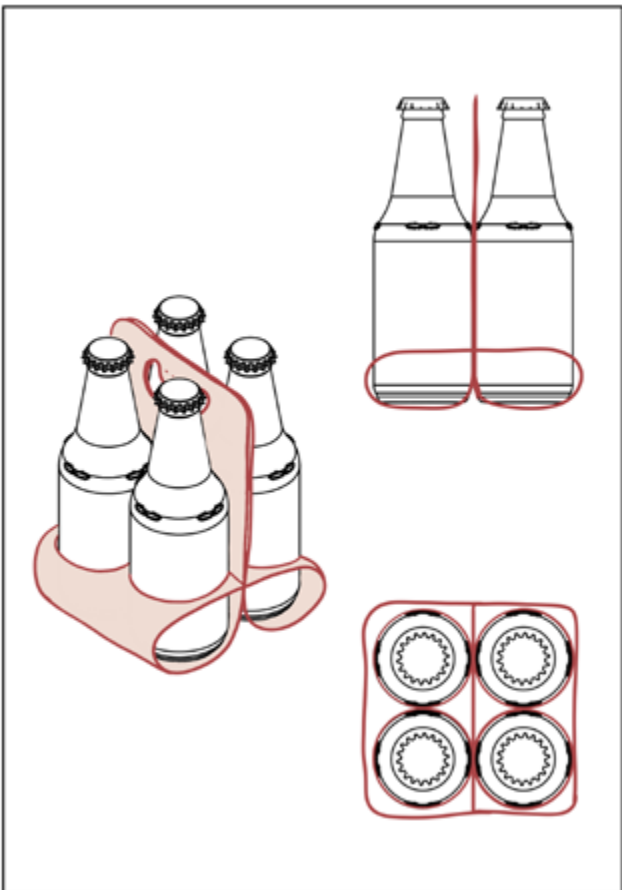


Figura nº83: Boceto 7 para el packaging (Autoría propia).

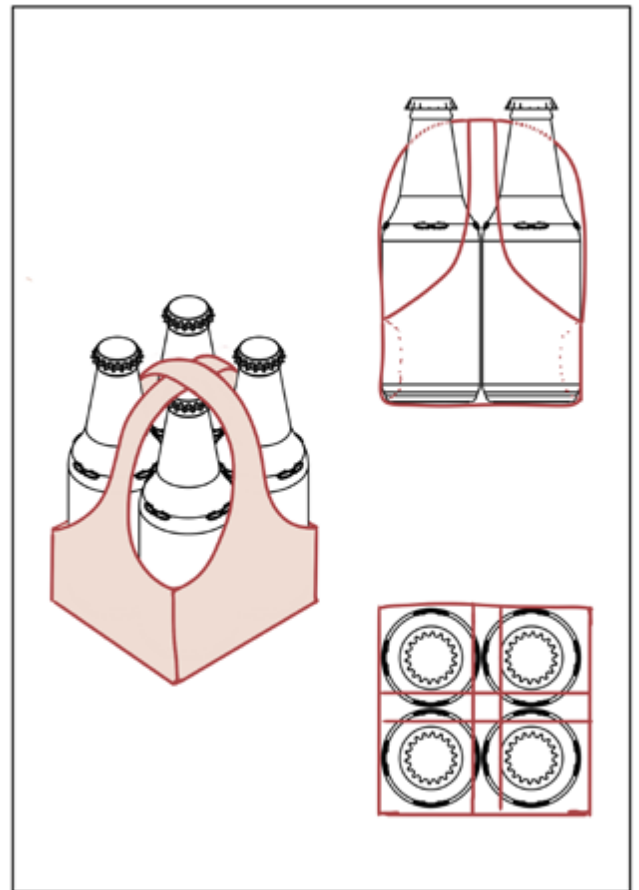


Figura nº84: Boceto 8 para el packaging (Autoría propia).

El desarrollo de los bocetos contempla un packaging de cuatro botellas de 63 mm para este caso, ya que existen botellas de distintos diámetros. Algunos bocetos se desvían del concepto, al adquirir mayor complicación, como es en el caso del boceto 2 , 5 y 8.

Para seguir con el proceso se selecciona el boceto 7 (Figura nº83) que cumple con aspectos formales como lo lineal de la forma, utilización de geometrías comunes y una simpleza general que busca la austeridad singular.

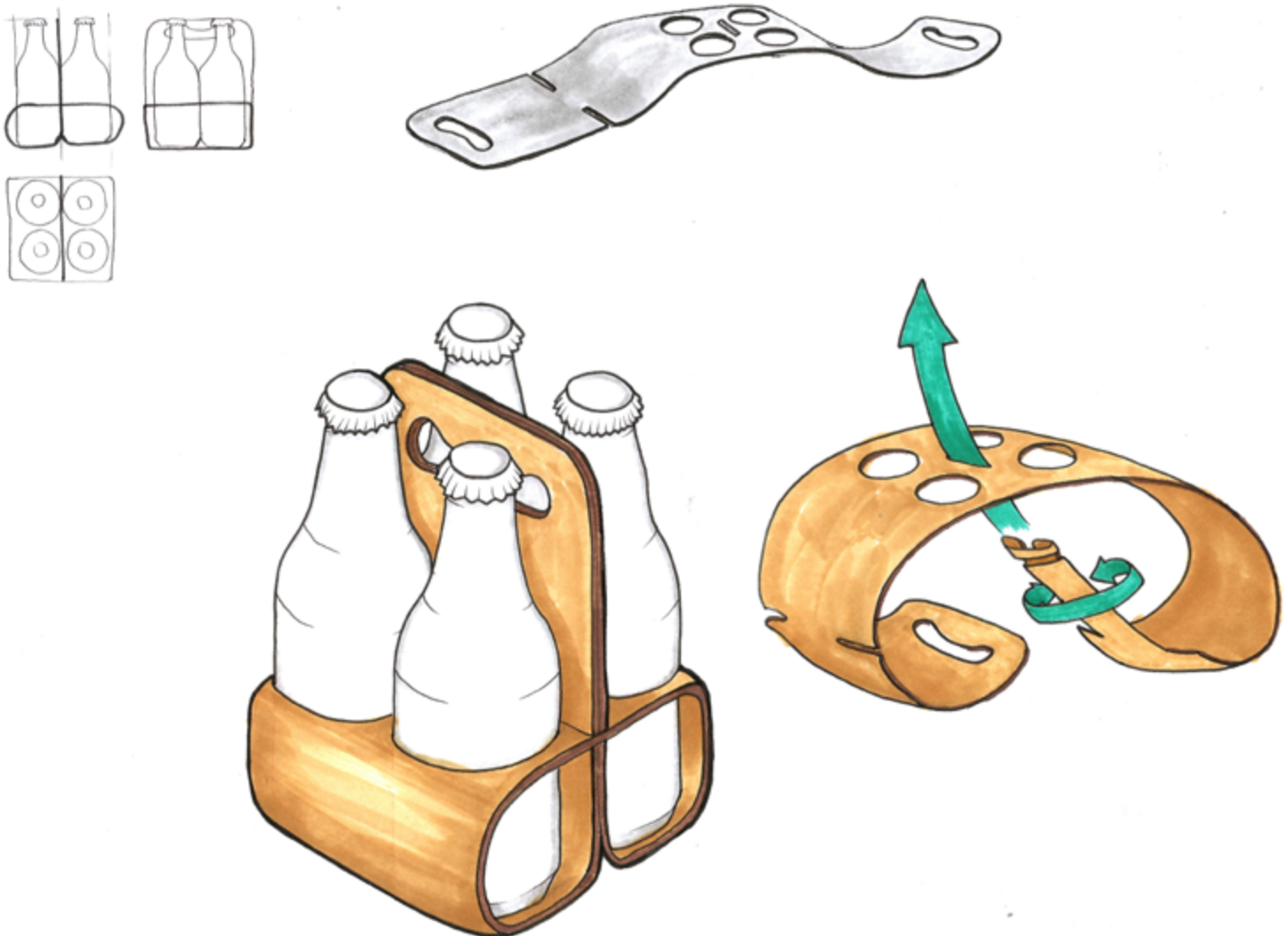


Figura nº85: Boceto explicativo de la propuesta de packaging (Autoría propia).

Esta propuesta consiste en una lámina que se pliega sobre si misma, ensamblándose por medio de una perforación en el centro de la lámina. Esto permite sostener las cuatro botellas, sin que choquen entre sí y poder trasladarlas de un lugar a otro.

Prototipado de la propuesta

Se inicia con un prototipo del packaging en papel, para explorar la modalidad de armado, las medidas requeridas y ver su comportamiento con botellas vacías en primera instancia.



Figura n°86: Corte de la plantilla para el prototipo de papel (Autoría propia).

Como se puede apreciar en la figura n ° 85, el prototipo se trabaja en dos piezas, debido a la disponibilidad de los materiales en el momento, sin embargo, la propuesta se proyectan a un producto hecho de una sola lámina con la longitud necesaria.

El resultado de este prototipo demuestra que la geometría funciona para sostener las botellas y las mantiene aseguradas dentro del empaque. Se observa que se debe trabajar en la tolerancia del ensamble según el espesor de la lámina a utilizar.



Figura n°87: Prototipo de papel con botellas vacías, en vista frontal (Autoría propia).



Figura n°88: Prototipo de papel desde otra perspectiva (Autoría propia).

Prototipo en lámina de bagazo

El siguiente prototipo se realiza en la lámina de bagazo carragenina de espesor de 1,5 mm de espesor.

Se genera un archivo de corte en láser considerando la medida del material para su manipulación en el plegado central.

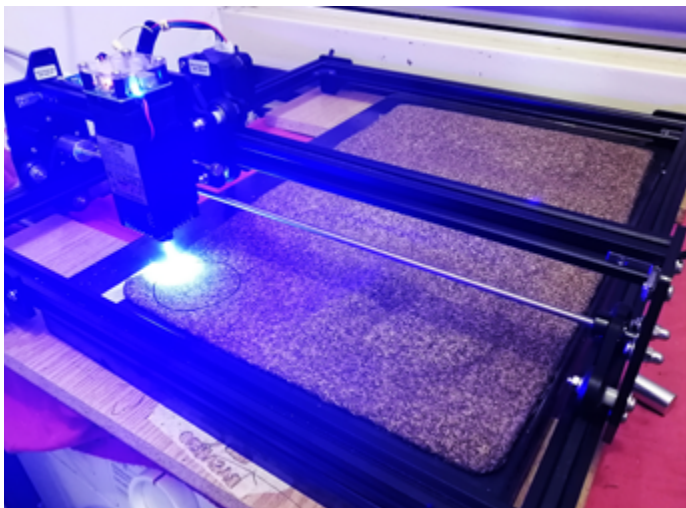


Figura n°89: Corte del prototipo en lámina de bagazo (Autoría propia).



Figura n°90: Plantilla de corte del prototipo en lámina de bagazo (Autoría propia).



Figura n°91: Proceso para pegar la dos piezas del prototipo en lámina de bagazo (Autoría propia).

Las dos piezas del prototipo se pegan sumergiendo la sección de unión en agua caliente por un minuto, y dejando que seque prensado.

La sección circular sobrante, queda como parte del packaging incluyendolo como posa vaso. Por lo que se proyecta hacer un grabado demostrativo para representar que puede ser un elemento gráfico para potenciar la marca de la cerveza o posea información adicional al igual que la cara lateral del packaging.



Figura n°92: Vista isométrica del packaging (Autoría propia).

La cara lateral del prototipo se propone como una superficie para disponer elementos gráficos mediante grabado láser.

Para la propuesta se utiliza el nombre y logo de la cuenta de instagram realizada para difundir los procesos del material llamada "Bagacero". Este nombre se utiliza para representar lo que será la marca de la cerveza con sus elementos gráficos, ingredientes y otra información correspondiente al producto.

El grabado en el costado reemplaza la etiqueta con pegamento que se utiliza generalmente para la identificación y el posicionamiento de las marcas, como ejemplo se realiza una muestra de como funciona el grabado con el texto: "Bagacero - Este packaging está hecho con la malta de tu cerveza, es cero residuos y 100% compostable" (Figura nº 93).



Figura nº93: Grabado de marca en el packaging (Autoría propia).

El empaque cero residuos utiliza **130 gramos de bagazo de malta** como materia prima para la realización del prototipo, esto es un poco más de 1/3 del total del residuo correspondiente a la cantidad de bagazo generado para producir los 1,3 Litros que se transportan entre las 4 botellas del pack.

Los otros dos tercios (2/3) se utilizarán en otras aplicaciones que se presentan en la experiencia de consumo, aunque también se pueden proyectar la utilización del material en otras áreas.



Figura nº94: Vista lateral del packaging (Autoría propia).



Figura nº95: Propuesta de packaging cero residuos (Autoría propia).



Figura nº96: Ejemplo de posavasos provenientes del packaging (Autoría propia).

Para completar la aplicación del material y aumentar la relación de materia prima utilizada se realizan etiquetas que diferencien los distintos tipos de cerveza con una leyenda grabada. Esta etiqueta también permite difundir la marca y es transversal para utilizarse en distintos formatos de botellas.



Figura nº98: Formato inicial del etiquetado biobasado (Autoría propia).

Para etiquetar se junta cada extremo previamente sumergido en agua caliente, así se deja secar y se adhiere para luego posicionar en la botella.



Figura nº97: Etiquetado biobasado y posavasos (Autoría propia).



Figura nº99: Detalle de etiqueta, marca: Bagacero (Autoría propia).



Esta propuesta propone un proceso paralelo al de la producción de cerveza (Figura nº103), evitando el bagazo como residuo dentro de la R.M. Transformándolo en un packaging biobasado que sirve para transportar la cerveza desde la cervecería hasta el hogar. Aportando a la experiencia del usuario por medio de su significado, la textura y olor. El packaging esta preparado para terminar su ciclo de vida después de ser consumido, al ser enterrado en tierra o someterlo a compostaje (Figura nº 104). Aunque el material puede tener un buen desempeño para ser reutilizado según la creatividad de cada usuario.

Este prototipo tiene un costo asociado de \$1100 CLP, proyectado de los costos de insumos, sin embargo, se estima que el proceso puede ser optimizado en cuanto a tiempos de producción, costos y calidad.

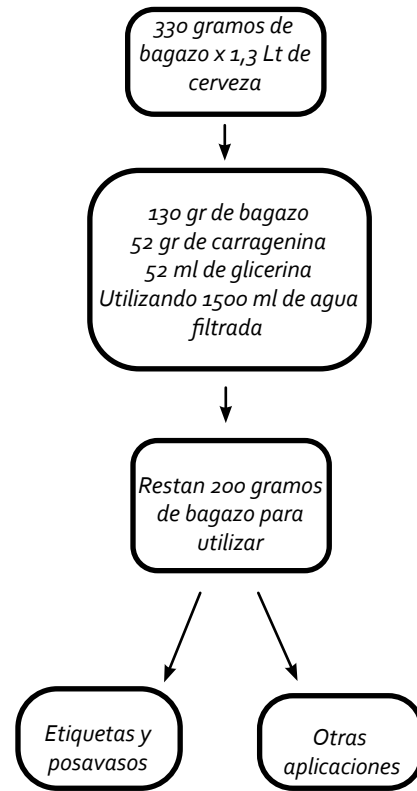
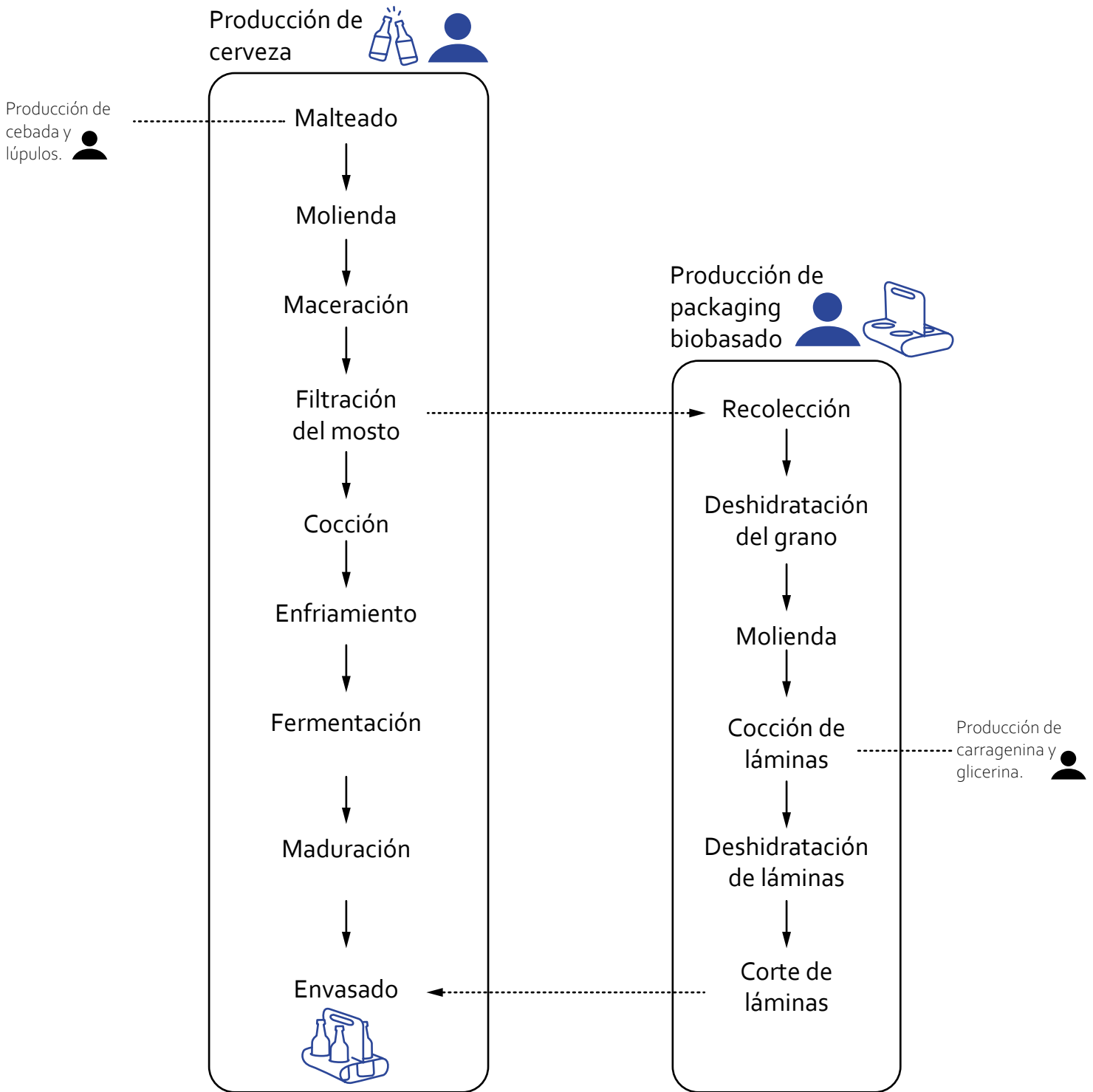


Figura nº101: Utilización del bagazo de malta en la propuesta (Autoría propia).



Figura nº102: Agarre y movimiento del packaging (Autoría propia).



El esquema de la figura 102 presenta los procesos de manera paralela, considerando los actores del sistema, tanto externos como los proveedores de las materias primas y los internos, que en este caso podría ser llevado por el cervecero principal o podría considerar a otra persona que se encargue del proceso.

Figura n°103: Producción del material paralela a la producción de cerveza (Autoría propia).

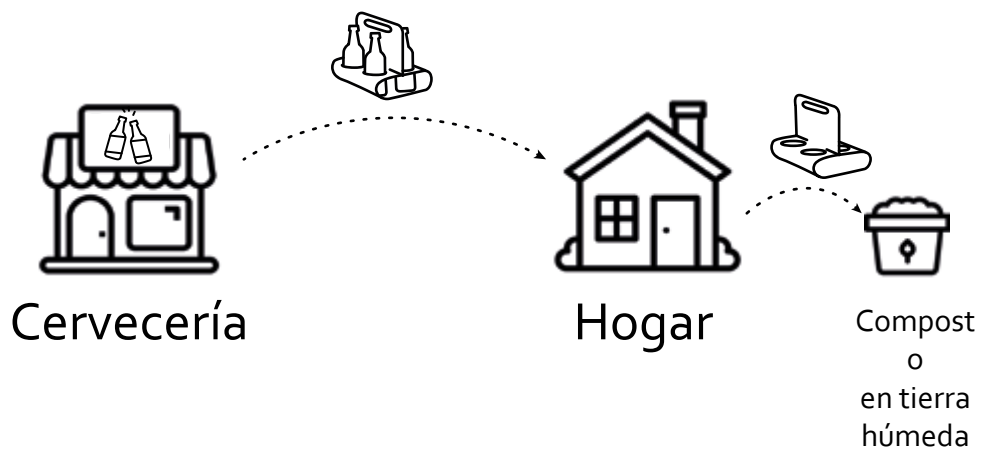


Figura n°104: Fin del ciclo de vida del empaque (Autoría propia).



Figura n°105: Mix de productos y aplicaciones dadas al material (Autoría propia).

Conclusión y proyecciones

Los resultados responden a las preguntas de investigación y comprueban la hipótesis planteada al inicio del proyecto, el bagazo se puede trabajar siendo una carga de material particulado aglomerada con otro elemento orgánico, en este caso carragenina, generando una biolamina que puede ser manipulada como un textil.

Esto cumple el objetivo general del proyecto que consiste en “Desarrollar un material biobasado, utilizando el residuo de la cervecería artesanal y aglomerantes orgánicos, para aplicarlo dentro de la experiencia de consumo de la cerveza artesanal en la Región Metropolitana.” Mediante la definición de los componentes del material, la caracterización y su respectiva aplicación en los productos cerveceros, que corresponden a los objetivos específicos revisados en el capítulo anterior como resultados.

El principal aporte desde el rol del diseñador en este proyecto consiste en la revalorización del residuo, dándole la oportunidad como materia prima, así abrir la posibilidad de crear otros productos, tanto para las mismas cervecerías como para otros rubros.

Se obtiene un material laminar, con características como un acabado rugoso, fibroso, opaco y dúctil que puede ser degradado entre 2 y 4 meses en condiciones de compostaje o ambientes naturales con humedad regular.

Los criterios de sustentabilidad (Tabla nº 1, Capítulo 1) fueron abarcados mediante el proceso de la siguiente manera:

Tendencia a un sistema de ciclo cerrado.

El proceso de creación del material se propone como un proceso paralelo a la producción de cerveza, lo que redirige el residuo hacia el producto final consumido por el usuario, por lo que la materia se distribuye cerrando el ciclo con una descomposición natural y distribuida.

Decrecer el consumo de materias primas y aumentar el uso de residuos.

Desde el punto de vista del material se propone el uso de residuo como materia prima, esto no decrece el consumo de otras materias primas, sin embargo, extiende el ciclo de vida de la materia prima inicial. En el caso de la aplicación del material a un packaging de residuo cero, decrece el consumo de celulosa extraída para la creación de cartón, por lo que este criterio se cumple.

Eliminar el concepto de basura.

Este criterio es un concepto utópico que guía la visión del proyecto, si bien no se alcanza, es el mensaje detrás para promover producciones y productos de ciclos cerrados.



En la naturaleza, desperdicio es igual a comida.

El fin de ciclo de vida del material representa una fuente de nutrientes para distintos organismos, como hongos y otros insectos, registrado en el ensayo de envejecimiento natural.

Generación y mejora de puestos de trabajo.

La producción del material requiere una persona encargada, esta persona podría ser el mismo cervecero o un encargado distinto que controle el proceso, además que la creación del material representa la posibilidad de generar nuevos productos.

Costos ambientales y económicos visibles.

En cuanto a los costos ambientales, el proceso se ha registrado y presentado tanto en su proceso como en su resultado. Los costos económicos deben ser presentados una vez se encuentre el proceso definido para una producción estandarizada de mayor volumen, ya que para esta etapa se realiza de manera casera y con equipos básicos. De igual manera la propuesta inicial se presenta con un costo en pesos chilenos como una referencia de cuanto cuesta producir ese producto de manera artesanal.

Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno.

Como forma de difusión se realiza una cuenta en la red social Instagram, conectada con seguidores interesados en la investigación, cervecerías y otras cuentas relacionadas al estudio de biomateriales. Todo esto con el fin de compartir el proceso, tener visibilidad y recibir comentarios que pueden ser nutritivos para el desarrollo del material y sus aplicaciones. En cuanto a la receta, está en revisión para ser publicada en la base de datos de Materiom, con el objetivo de compartir el material e iterar mediante la colaboración y la replicación del material en otras partes del mundo.

Búsqueda de la mejora constante por el intercambio de conocimientos.

Al igual que el criterio anterior, se busca estar publicado como referente en cuanto a este material, así recibir comentarios de quien quiera realizarlo y obtener una experiencia distribuida, de esta manera se generará la capacidad de mejorar el material.

Se proyecta para otra etapa de la investigación, trabajar el material en cuanto al aroma final con otros componentes que pueden neutralizarlo, seguir trabajando en el proceso de diseño del packaging cero residuos y también estudiar sus características térmicas para ampliar las posibilidades del material.

Por parte de la aplicación del material, se proyecta una iteración del prototipo de packaging, buscando una geometría que permita transformar el material en un contenedor para que el usuario use como cenicero, o recipiente para el snack con el que acompaña la cerveza. Al mismo tiempo se considera la búsqueda de nuevas aplicaciones en otras áreas.

Este material biobasado contribuye fomentando que el diseño de productos debe dejar de producir residuos y lo que se crea debe nutrir, tanto al usuario en sus necesidades, como al medio en el que se desenvuelve. Resignificar los residuos que nos rodean es un inicio para promover un desarrollo sostenible.

Anexos

Etapas descritas de la experiencia descritas por los usuarios

| Preparar | Temperar | Destapar | Oler | Servir | Observar | Primer sorbo | Beber | Ambiente | Otras acciones |
|---|---|---|-------------------------------------|---|--|--|--|---|---|
| "Escoger la cristalería adecuada" | "Bien helada recién salida del refrigerador" | "Destapo la botella y espero unos segundos." | "Oler antes y dsps de servirla" | "Dejando el vaso en diagonal un rato para que no haya tanta espuma" | "Miro el envase a ver si tiene una informacion util o entretenida" | "Tomo un sorbo y digo ahhh" | "Disfrutar el momento y el sabor" | "Relajado, buena musica , conversación y comida acorde a la cerveza " | "Compartir con mis hermanos o familia, ir al patio y fumar tabaco para despejarme y desestresarme" |
| "Todo lo necesario para no tener que moverse" | "Temperatura de la copa y la cerveza." | "La destapo con un encendedor/llavero/tarjeta/reja" | "Sentir los aromas" | "Después del primer sorbo en botella" | "Miro la espuma" | "Disfrutar el primer sorbo" | "Disfrutar los aromas y beber lentamente" | "Con futbol, vaso tipo cerveza y el sillón regalón" | "Preparar comida, musica y con compañía" |
| "Cosas para picar, pongo la mesa en la terraza, un par de sillas, saco vasos de vidrio y cuando ya estoy sentada con la o las otras personas abro la cerveza" | "Almaceno 15 grados en su caja, de modo que las dejo 40 minutos a -20 grados junto al vaso shopero de vidrio" | "Dedicarle un par de segundos para escuchar el sonido del destape es insuperable" | "Buscar todos los posibles aromas" | "Sirvo intentando generar poca espuma (1 dedo) hasta el último cuarto del vaso. Pasado este, dejo caer violentamente el excedente de la botella para generar 3 dedos de espuma que es como me gusta." | "Veo el color y la espuma ayudandome con la luz del sol " | "Tiendo a cerrar los ojos al momento de tomar los primeros sorbos" | "Habiendo analizado el sabor y aroma procedo a tomarla con mas relajación" | "Ambiente con blues de guitarra y armónica mientras armo mi blunt; respiro profundo por el reggaeton de la vecina." | "Comparar los sabores con los amigos y comentarlos" |
| "Informarse sobre el productor y estilo de cerveza" | "Poner a enfriar 4 horas antes " | "Con un destapador" | "Sentir los aromas " | "Despacio" | "La miro a contraluz" | "Directo de la botella" | "No tomarla rapido, degustar" | "Después del trabajo" | "si me gusta guardo el envase" |
| "Me aseguro de que mi casa esté aseada y limpia" | "Dejar la cerveza artesanal al menos 4 dias entre los 8 y 12°C" | "Al destapar, dejar 10 segundos " | "Sentir el aroma desde la botella " | "En vaso cervecero viendo la cantidad de espuma necesaria" | "Mirar la consistencia de la espuma y colores" | "Un segundo mas prolongado" | "Apreciar el retrogusto" | "Aire libre con musica y amigos" | "Videollamada con les amigos" |
| "El acompañamiento de la cerveza y ordeno el lugar donde quiero beber" | "Temperatura perfecta" | "El sonido es pulento " | / | "Generar harta espuma para que escapen los sabores" | "Ver como burbujea y se forma la espuma" | "Primer sorbo para catar y luego a disfrutar" | "Beber con calma" | "Mi entorno debe estar quieto, musica agradable o un videojuego bueno" | "Ojalá una buena conversa con mi esposa. Si ya se durmió, cualquier cosa en la tele sirve de excusa." |
| "Debo elegir un vaso correcto para el estilo, con la finalidad de mantener o liberar la espuma, los esteres y sabores" | "Temperatura ideal según cerveza" | "Destapo y dejo que respire un poco " | / | "Servirla correctamente para que genere la espuma suficiente y asi apreciar mejor los olores " | "Miro el envase a ver si tiene una informacion util o entretenida" | "Pruebo un sorbo, lo mantengo en la boca y analizo el sabor" | "Beber minimo 5 veces distintos sorbos para degustar la cerveza" | "Luz suave, buena musica con un picoteo y un cigarro" | "Fumar cigarro y relajarse" |

Tabla n°29: Etapas del consumo descritas por los encuestados (Creación propia).

Tablas de datos

Instagram Bagacero

Referencias

- AccuWeather. (2021). AccuWeather.com. Obtenido de AccuWeather.com: <https://www.accuweather.com/es/cl/santiago/60449/june-weather/60449?year=2021>
- Acechi. (2017). Resultados Segunda Encuesta Cervecera. Asociación de Productores de Cerveza de Chile.
- ACECHI. (2019). acechi.cl. Obtenido de Asociación de Productores de Cerveza de Chile A. G.: <https://acechi.cl/nuestra-industria/>
- ACECHI. (2020). Asociación de Productores de Cerveza de Chile A. G. Obtenido de Nuestra Industria: <https://acechi.cl/nuestra-industria/>
- Algalab. (23 de Octubre de 2020). Algalab.com. Obtenido de Algalab, Laboratorio de estudios algales, Universidad de Concepción: <https://twitter.com/AlgaLab/status/1319664674472923143/photo/1>
- AS 4351. (1996). Biodegradability- Organic compounds in an aqueous medium. Part 1. Standards Australia. Obtenido de Part 1: Method for determining and reporting biodegradability.
- ASIPLA. (09 de Abril de 2019). Asipla.cl. Obtenido de Asipla.cl: <http://www.asipla.cl/asipla-presento-primer-estudio-sobre-reciclaje-de-plasticos-en-chile/#:~:text=De%20acuerdo%20al%20levantamiento%2C%20en,y%20el%2057%25%20de%20peletizaci%C3%B3n.>
- Astm D1037. (2012). Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. Obtenido de ASTM International: <https://la.astm.org/>
- Astm D570. (1998). Standard Test Methods for Water Absorption of Plastics . Obtenido de Astm International: <https://la.astm.org/>
- Astm D638. (2014). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic. Obtenido de ASTM Committee on Standards: <https://la.astm.org/>
- Astm D790. (2003). Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. Obtenido de ASTM International: <https://la.astm.org/>
- Avdic, F., & Dautovic, A. (2013). Bioplastics - Plastics of the future. Sarajevo.
- Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (2013). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. UNED, 86.
- Bate, M. (12 de December de 2018). Matters journal. Obtenido de Environment, impact: <https://mattersjournal.com/stories/seaweedfarming>
- BCN. (Julio de 2019). Responsabilidad Extendida del Productor- Estado de avance de Ley REP. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27476/1/REP_2019_FINAL.pdf
- B-Cycle. (2021). b-cycle.cl. Obtenido de Nuestras Soluciones: <https://b-cycle.cl/soluciones/>
- Buschmann, A., Correa, J., Westermeier, R., & Hernandez, M. y. (2001). Red algal farming in Chile: a review. *Aquaculture*, 194: 203-220.
- Cadem. (2014). "Primera Encuesta Nacional de Medio Ambiente: Opiniones, comportamientos y preocupaciones". Santiago, Chile.
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Experiential characterization of materials: Toward a toolkit. *Research Gate*, doi:10.21606/dma.2017.508.
- Castillo, G. (2018). El diseño ha muerto, viva el diseño. Santiago: Feysler Ltda.
- Cervantes Torre-Marín, G. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería Revista Académica*.
- Cerveza Isla Verde. (17 de 06 de 2019). Cervezaislaverde.com. Obtenido de <https://cervezaislaverde.com/2019/06/17/una-segunda-vida-para-el-bagazo/>
- Clara Davis. (2020). Clara-Davis. Obtenido de O-TRASH² BAGS COLLECTION: <https://clara-davis.com/albums/o-trash-bags-collection/>
- CORFO. (18 de Marzo de 2019). Corfo. Obtenido de Corporación de fomento de la producción: https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C_NoticiaRegional
- Couyoumdjian, J. R. (2004). Una bebida moderna: La cerveza en Chile en el siglo XIX. *Instituto de Historia - Pontificia Universidad Católica de Chile*, 311.
- Cruz, B. T. (9 de Agosto de 2006). Odepa.gob.cl. Obtenido de Odepa.gob.cl: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/mercado-de-la-cebada-cervecera-2>
- Cubillos, R. M. (S.f). El agar agar chileno. *Revista de Biología marina*, Vol III Nos 1y 2 70-88.
- Davis, C. (2017). The secrets of bioplastics. *Fab Textiles Lab*. Obtenido de https://issuu.com/nat_arc/docs/the_secrets_of_bioplastic_
- Desmet, P. M. (2007). Framework of Product Experience. *International Journal of Design*, 13-23.
- DGAC. (2021). Climatología. meteo.chile.gob.cl. Obtenido de Dirección Meteorológica de Chile: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/mensuales/climatMensualDatosDiarios/330020/2021/4>
- DOE. (2021). Diario Oficial Electrónico. Obtenido de <https://www-doe-cl.uchile.idm.oclc.org/formulario/sociedades>
- Dunne, M. (2018). Bioplastics Cook Book. *Fab Textiles*. Obtenido de https://issuu.com/nat_arc/docs/bioplastic_cook_book_3
- Ecozema. (2002). Norma 13432. Obtenido de Ecozema: <https://ecozema.com/es/focus/norma-en13432/>

- FAO. (18 de May de 2017). *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/gleam/results/es/>
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España : Acibia. 1280p.
- Ferrari, J. L. (2017). *Reutilización de bagazo de cebada cervexera por secado y pelletización como suplemento forrajero*. INTA EEA Bariloche N° 67, 43-46.
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). *Strategies for Manufacturing*. Scientific American, Inc., 144-152.
- Furlow, N. (2010). *Greenwashing in the New Millennium*. *Journal of applied business and economics*, Marymount University, 10(6), 22.
- Galaz, Y. R. (. de. de 2017). *Deloitte*. Obtenido de [deloitte.com](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Correza-Artesanal-Mexico-2017.pdf): <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Correza-Artesanal-Mexico-2017.pdf>
- Glacier Bay National Park and Preserve. (2018). *Kelp forest*. Obtenido de NPS.gov: <https://www.nps.gov/glba/learn/nature/kelp-forest.htm>
- IMR, I. M. (1999). *Carrageenan Profile*. *Hydrocolloid Review*. IMR International, 2: 15-62.
- ISO. (2011). *Organizacion Internacional de Normalizacion*. Obtenido de *Organizacion Internacional de Normalizacion*: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14006:ed-1:v1:es:sec:4.2>
- Karana, E. (29 de Mayo de 2009). *Meanings of Materials*. Obtenido de TUDelft: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:092da92d-437c-47b7-a2f1-b49c93cf2b1e?collection=research>
- Karana, E. B. (2015). *Material driven design (MDD): A method to design for material experiences*. *International Journal of Design*, 9(2), 35-54.
- Laan, A. Z. (2014). *Material Experience Lab*. Obtenido de *Characterisation of waste coffee grounds as a design material*: <http://materialexperiencelab.com/characterisation-of-waste-coffee-grounds-as-a-design-material>
- Labva. (2021). *Labva.org*. Obtenido de *Labva.org*: <https://www.labva.org/somoslabva/>
- Leyrep.cl. (Junio de 2021). *Leyrep.cl*. Obtenido de *leyrep.cl*: <https://www.leyrep.cl/que-es#serv-top>
- Life brewery. (s.f.). *Life Brewery Azti*. Obtenido de *From brewery to fish feed*: <https://lifebrewery.azti.es/the-project/>
- Los cervecistas . (s.f.). *Los cervecistas* . Obtenido de *El proceso de fabricación de la cerveza*: <https://www.loscervecistas.es/el-proceso-de-fabricacion-de-la-cerveza/>
- MALTEXCO. (2021). *maltexco.com*. Obtenido de *maltexco.com*: <http://www.maltexco.com/web/nosotros/>
- Mancilla, J. M. (2012). *Factibilidad técnica-económica de una planta de carragenina kappa I*. Valparaíso: Pontificia universidad católica de valparaíso, Facultad de ingeniería.
- Marquez, V., Pacheco, C., Vio, F., & Vivanco, T. (2020). *LUGAE*. Obtenido de *Biomaterial a base de algas* : <https://www.lugae.cl/>
- Marquez, V., Pacheco, C., Vio, F., & Vivanco, T. (2020). *Lugae.cl*. Obtenido de *Lugae.cl*: <http://www.lugae.cl/06-agua-destilada/>
- Materiom. (2021). *Materiom.org*. Obtenido de *Materiom.org Libro de recetas de la naturaleza*: <https://materiom.org/>
- Mcdonough, W. (2000). *The Hannover Principles: Design for Sustainability*. EXPO 2000 The World's Fair Hannover. Germany.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press.
- McGovern, P. E., Zhang, J., Tang, J., Zhang, Z., Hall, G. R., & Moreau, R. A. (2004). *Fermented beverages of pre- and proto-historic China*. *The National Academy of Sciences of the USA*. Obtenido de <https://www.penn.museum/sites/biomoleculararchaeology/wp-content/uploads/2010/03/PNASChina1.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2018). *Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018*. Santiago de Chile: DESUC.
- MMA. (Febrero de 2015). *Mma.gob.cl*. Obtenido de *Ministerio Medio Ambiente*: <https://mma.gob.cl/ministro-s-del-medio-ambiente-marcelo-mena-llama-a-veraneantes-a-hacerse-cargo-de-su-basura-en-las-playas/>
- Montero J, A. (25 de Abril de 2017). *app.sofofa.cl*. Obtenido de *Maltexco Patagonia Malt*: http://app.sofofa.cl/BIBLIOTECA_Archivos/Eventos/2017/04/25_Andr%C3%A9s%20Montero.pdf
- Morales, I, J. A. (2019). *Estudio de factibilidad para elaboración y comercialización de producto en la industria cervecera artesanal en la región del Bio-Bio*. Escuela de Negocios Departamento de Ingeniería Comercial.
- National Geographic. (27 de Enero de 2017). *La cerveza, una historia milenaria*. Obtenido de *Historia*. National Geographic: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/cerveza-historia-milenaria_8637/2
- ODEPA. (2019). *Región Metropolitana. Informativo regional*. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura.
- OECD. (Julio de 2021). *Data.oecd.org*. Obtenido de *Data.oecd.org*: <https://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>
- Ondarza, M. B., & Rincones, R. E. (2008). *El cultivo de algas marinas: Alternativa industrial en acuicultura sustentable a mediano y largo plazo*. Tamaulipas, México: Ciencia UAT. ISSN: 2007-7521. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441942914009>

- ONU. (1987). Organización Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- OSD. (2020). Over Shoot Day. Obtenido de Global Footprint Network: <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>
- Prentice, N., & Resfsguard, J. M. (1978). Enzymatic hydrolysis of brewers spent grain. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 36,196-200.
- Rae Andalucía. (s.f.). Rae Andalucía. Obtenido de <https://www.raeandalucia.es/actualidad/economia-circular-vs-economia-lineal>
- Reuters. (15 de febrero de 2021). CNN travel. Obtenido de edition.cnn.com: <https://edition.cnn.com/2021/02/14/middleeast/egypt-beer-factory-intl-hnk-scli-scn/index.html>
- Robin, C. F., Martínez, D. Y., Astorga, P. S., Valencia, J. C., & Medel, R. M. (2017). Comportamiento del consumidor de cerveza artesanal. *Revista Global de Negocios*, Vol. 5, No. 1, 2017, pp. 17-23.
- Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological review*, 110 (1),145.
- Santosa, M., Jiménez, J., Bartolome, B., Gómez-Cordovés, C., & Nozal, M. d. (2002). Variability of brewer's spent grain within a brewery. *ElSevier*.
- Solís, B. I. (2007). Estudio comparativo de las propiedades finales de extractos de carragenina K-I /k-II utilizando distintas algas productoras de carragenina k-II. Valdivia: Facultad de ciencias agrarias, Escuela de ingeniería en alimentos.
- Stahel, W. R. (2019). *Economía Circular para Todos: Conceptos Básicos para Ciudadanos, Empresas y Gobiernos*. independently published.
- Stoll, N., & Philipp, T. (2020). Trebodur. Obtenido de [The Mabeerial: https://trebodur.de/](https://trebodur.de/)
- Talep, M. (2017). MargaritaTalep. Obtenido de <https://margaritatalep.com/Desintegra-me-desarrollo>
- The Committee of Ministers for Sustainability. (2015). *Intended Nationally Determined Contribution of Chile towards the Climate Agreement of Paris 2015*. Agreement of Paris. Santiago, Chile.
- Torrente, S. E. (2019). *Aprovechamiento de los subproductos generados*. Madrid: Facultad de farmacia - Universidad Complutense.
- Usón, J. A., & Bribián, I. Z. (2010). *Ecodiseño y analisis de ciclo de vida*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Venandy, C. A. (2012). *Producción de biogás a partir del bagazo cervecero*. Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Agronómicas.
- VerbiGmbH. (1995-2021). es.maxqda. Obtenido de MAXQDA: <https://es.maxqda.com/software-analisis-datos-cualitativos#>
- Verdú, M. G. (2016). *Diseño del proceso industrial para la elaboración de cerveza*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Campus de Alcoy.
- Will Steffen, K. R. (2015). *Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet*. *Science*, 1-13.

