



# tonato

Materia vegetal

PROPUESTA DE REFUERZO PARA COMPUESTO  
ESTÉTICAMENTE SÍMIL AL CUERO NATURAL

Camila Canales Pedreros  
camila.canales.p@ug.uchile.cl

Memoria para optar al título profesional de Diseñadora Industrial  
Profesor Guía: Pablo Domínguez González



# tonato

Materia vegetal

PROPUESTA DE REFUERZO PARA COMPUESTO  
ESTÉTICAMENTE SÍMIL AL CUERO NATURAL

**Camila Canales Pedreros**

camila.canales.p@ug.uchile.cl

Investigación Base de Memoria  
Profesor Guía: Pablo Domínguez González

Santiago de Chile  
Semestre de Primavera  
2020

## Gracias

A mis papas que siempre están apoyando cada una de mis metas, por inculcarme las ganas de estudiar, responsabilidad y el hacer por amor y no por obligación.

A la Pili por enseñarme que nada es imposible y lidiar con la frustración, por enseñarme a ponerme de pie en cada caída para continuar siempre hacia el final de la carrera.

A Ronal por estar a mi lado en cada nuevo paso que doy y no dudar en saltar conmigo cuando sea necesario.

A Pablo, mi profesor guía, por confiar en mis capacidades y apoyar mis decisiones, por esa palabra de aliento y esperanza en tiempos difíciles.

Y finalmente a todos mis amigos y colaboradores, que apoyaron de una u otra manera este proyecto, que se alegraron y sorprendieron con cada avance y que me permitieron volverlo realidad.

## Resumen

---

La necesidad de disminuir el número de residuos en el post uso de los productos y generar procesos de producción más limpios con conciencia en el uso de las materias primas, ha abierto camino al uso de nuevos materiales para la bio-fabricación, con procesos regenerativos de producción, provenientes de desperdicios de origen orgánicos o residuos de la industria y los organismos vivos capaces de degradarse de forma natural.

Por ello en primera instancia se busca exponer en esta memoria el trabajo exploratorio desarrollado para generar una propuesta bio-textil similar estéticamente al cuero animal que sea biodegradable de forma natural. Para generar este material se busca poder reemplazar el refuerzo propuesto en un procedimiento de código abierto por uno de origen local y de relevancia.

Bajo esta mirada esta investigación indaga el poder utilizar las cascaras de tomate para la realización de un material vegetal.

En Chile el tomate es una de las principales hortalizas cultivadas en términos de superficie y producción. En el mundo alcanza 164 millones de toneladas de producción anual lo que equivale a 4,5 millones de camiones tolvas llenos de tomate. En nuestro

país una persona puede llegar a generar 9 kilos de cascaras de tomate al año en promedio que en su mayoría son desechados en vertederos (Guzmán et al., 2017).

Este estudio se divide en tres etapas. La primera etapa de revisión bibliográfica, donde podrán encontrar temas basados en la sostenibilidad, el concepto ecodiseño, “de la cuna a la cuna”, también nociones de los beneficios y como generar un material biodegradable. Información sobre el manejo de residuos en Chile y la búsqueda de un residuo orgánico de relevancia.

La etapa dos refleja el proceso experimental esta parte se divide en tres fases. La primera fase que busca demostrar la posibilidad de sustituir el refuerzo de un procedimiento de código abierto. Una segunda fase que espera instaurar el proceso de elaboración de un bio-textil similar estéticamente al cuero utilizando la cascara de tomate como refuerzo y una tercera fase que espera poder estandarizar la fabricación del material.

Para el desarrollo de la tercera etapa se busca familiarizarnos con el comportamiento del material, por medio de pruebas y ensayos, a partir de las características de la familia de los textiles, dentro de los procesos de caracterización destacamos el uso de herramientas y accesorios textiles, procesos de moldeabilidad, coloración y procesos de degradación.

**Palabras claves:** biocuero, experimentación de material, diseño sostenible, código abierto.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Objetivos	11
Hipótesis	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
 Metodología	 12
 Capítulo I “Principios del desarrollo sostenible”	 13
1.1    Sistemas de producción lineal; ¿Cambiarlos hoy?	13
1.2    De la Cuna a Cuna	14
1.3    Diseño para la sostenibilidad (D4S)	14
1.4    Ecodiseño	15
1.5    Análisis del ciclo de vida	15
 Capítulo II “Principios teóricos de la conformación de un material compuesto”	 16
2.1    Materiales compuestos	16
2.2    Materiales cultivados o GIY (grow it yourself)	17
2.3    Materiales conformados aglomerados o cocinados CIY (cook it yourself)	18
2.4    Código abierto (open source)	18

Capítulo III “Biocuero”	19
3.1    Estado del arte	19
3.2    Procedimientos de código abierto disponibles para biocuero	28
3.2.1    Tabla comparativa de los procedimientos de biocuero	31
 Capítulo IV “Utilización de la cascara de tomate como parte de la materia prima para un material biobasado”	 32
4.1    Residuos orgánicos en Chile	32
4.2    Tomate	33
4.3    Alginato como matriz	34
4.3.1    Algas pardas en Chile	35
 Capítulo V “Desarrollo del material”	 36
5.1    Metodología de la experimentación	36
5.2    Experimentación previa	37
5.2.1    Proceso de selección de cascaras	37
5.2.2    Proceso de deshidratación de cascaras	38
5.2.3    Proceso de triturado de cascaras	39
5.2.4    Conformación de biocuero	40

## TABLA DE CONTENIDO

<ul style="list-style-type: none"> <li>5.3 Experimentación definitoria 42               <ul style="list-style-type: none"> <li>5.3.1 Proceso de selección de cascaras de tomate 42</li> <li>5.3.2 Proceso de deshidratación de cascaras de tomate 42</li> <li>5.3.3 Proceso de triturado de cascaras de tomate 43</li> <li>5.3.4 Pruebas soporte de secado 43</li> </ul> </li> <li>5.4 Experimentación final 45               <ul style="list-style-type: none"> <li>5.4.1 Pruebas granulométricas 45</li> <li>5.4.2 Pruebas de grosor 47</li> <li>5.4.3 Optimización de procesos 48</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.3.2 Corte tijera de filo recto 53</li> <li>6.3.3 Corte tijera zig zag 54</li> <li>6.3.4 Corte y grabado CNC láser 54</li> <li>6.3.5 Perforado 55</li> <li>6.3.6 Inserción de ojales metálicos y remaches 55</li> <li>6.3.7 Cocer 56</li> <li>6.3.8 Coloración 57</li> <li>6.3.9 Moldeabilidad 58</li> <li>6.4 Caracterización sensorial 62               <ul style="list-style-type: none"> <li>6.4.1 Ensayo sensorial 62</li> </ul> </li> <li>6.5 Ciclo de vida 63               <ul style="list-style-type: none"> <li>6.5.1 Solubilidad 63</li> <li>6.5.2 Degradamiento 65</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Capítulo VI “Caracterización” 49               <ul style="list-style-type: none"> <li>6.1 Ensayos físicos 49                   <ul style="list-style-type: none"> <li>6.1.1 Densidad 49</li> <li>6.1.2 Contenido de humedad 49</li> <li>6.1.3 Absorción de agua 49</li> <li>6.1.4 Espesor de hinchamiento 50</li> </ul> </li> <li>6.2 Resultados ensayos físicos 51                   <ul style="list-style-type: none"> <li>6.2.1 Resultado contenido de humedad 51</li> <li>6.2.2 Resultado absorción de agua y espesor de hinchamiento 52</li> </ul> </li> <li>6.3 Pruebas de trabajabilidad 53                   <ul style="list-style-type: none"> <li>6.3.1 Corte Cuchillo cartonero de ángulo de 30° 53</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conclusiones y proyecciones 66               <ul style="list-style-type: none"> <li>Propuesta estética funcional 66</li> <li>Ensayos mecánicos 66</li> <li>Divulgación y transferencia del conocimiento 67</li> <li>Conclusiones 68</li> </ul> </li> <li>Referencias 69</li> <li>Anexos 71</li> </ul>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida ideal materiales naturales.	15	Figura 23. Tamiz de 1 mm utilizado en el desarrollo experimental, licuadora utilizada en el proceso y cascaras trituradas.	39
Figura 2. Ventajas de los compuestos a partir de refuerzos vegetales.	17	Figura 24. Ingredientes y proceso de conformación de biocuero basado en el procedimiento de “biocuero de café”).	40
Figura 3. Listado de referentes del estado del arte	19	Figura 25. Cascaras de tomate deshidratadas al aire.	42
Figura 4. Productos Piñetex.	20	Figura 26. Cascaras de tomate deshidratadas en maquina eléctrica .	42
Figura 5. Productos Desserto.	21	Figura 27. Triturado de cascaras de tomate pasadas por tamiz de 0,5 y 1 mm.	43
Figura 6. Productos Ecoplaso.	22	Figura 28. Bastidor y acrílico utilizados de soporte.	43
Figura 7. Productos Desserto.	23	Figura 29. Voluntarios en experiencia de selección de prueba de granulometría.	45
Figura 8. Productos Malai.	24	Figura 30. Solución de alginato al 6% reposada 24 hrs.	48
Figura 9. Bolso de Biocuero de café.	25	Figura 31. Proceso de preparación de solución de alginato al 6%.	48
Figura 10. Biocuero de mango.	26	Figura 32. Probetas de 40x100 mm antes de ser sometidas al proceso de secado en deshidratadora, para prueba de contenido de humedad.	51
Figura 11. Biocuero GeO2.	27	Figura 33. Probetas de 40x100 mm después de ser sometidas al proceso de secado en deshidratadora en prueba de contenido de humedad.	51
Figura 12. Procedimientos de código abierto.	28	Figura 34 . Probetas de 40x100 mm recién ingresadas en agua para prueba de absorción y espesor de hinchamiento.	52
Figura 13. Procedimiento preparación “Biocuero de café”.	29		
Figura 14. Procedimiento preparación “Biocuero de mango”.	30		
Figura 15. Infografía cantidad de residuos generados per cápita.	32		
Figura 16. Pagina web “Programa recicló orgánicos”.	33		
Figura 17. Infografía tomate.	33		
Figura 18. Infografía canasta de consumo.	34		
Figura 19. Banco de algas mar de Pisagua.	34		
Figura 20. Extracción de algas por región mensualmente.	35		
Figura 21. Primera recolección de cascaras de frutas y verduras.	37		
Figura 22. Cascaras deshidratadas; limón, naranja, papa, zanahoria, tomate, zapallo camote.	38		

## INDICE DE FIGURAS

Figura 35. Probetas sometidas a prueba de absorción y espesor de hinchamiento. Fotografías sacadas a los 10 minutos, 24 hrs y 48 hrs de ser retiradas del agua.	52	Figura 49. Fotografía de Prueba de conformado semiesfera en colador.	59
Figura 36. Fotografía prueba de corte con cartonero.	53	Figura 50. Fotografía Segunda prueba de conformado semiesfera en colador.	59
Figura 37. Fotografía de prueba de corte con tijera recta	53	Figura 51. Fotografía proceso de fabricación molde de tela paraboloide hiperbólico	59
Figura 38. Fotografía de prueba de corte con tijera zigzag	54	Figura 52. Fotografía resultados prueba de conformación en molde de tela para paraboloide hiperbólico.	60
Figura 39. Fotografía prueba de corte y grabado láser.	54	Figura 53. Fotografía proceso prueba de moldeabilidad con bastidor y pieza de polímero.	60
Figura 40. Fotografía de pruebas de perforado con sacabocado y perforadora	55	Figura 54. Fotografía resultados prueba de moldeabilidad con bastidor y pieza de polímero.	60
Figura 41. Fotografías de pruebas de inserción de ojales y remaches	55	Figura 55. Fotografía molde con prisma rectangular en tela.	61
Figura 42. Fotografías pruebas de cocer con maquina overlock	56	Figura 56. fotografía proceso de secado molde con prisma rectangular en tela.	61
Figura 43. Fotografías pruebas de cocer con maquina recta	56	Figura 57. fotografía resultados de molde con prisma rectangular en tela.	61
Figura 44 Fotografía prueba de color; patrón de color a negro y natural, rojo anilina, azul anilina, agua de beterraga y natural.	57	Figura 58. Matriz con resultados mas destacados en el proceso de ensayo sensorial.	62
Figura 45. Fotografías prueba de color, con tinte de beterraga, patrón negro y natural, tintes anilina rojo y azul.	57	Figura 59. Fotografía proceso y resultado prueba de solubilidad en agua en reposo.	63
Figura 46. Diagrama de fabricación de moldes impreso en 3D.	58	Figura 60. Procedimiento de prueba de solubilidad en agua en movimiento.	64
Figura 47. Moldes impresos en 3D paraboloide hiperbólico	58	Figura 61. Fotografía resultados prueba de solubilidad en agua en movimientos. Fotografías tomadas una vez al día durante 5 días.	64
Figura 48. Resultado prueba de conformado de semiesfera y molde impreso en 3D.	58	Figura 62. Resultado prueba de degradamiento después de 45 días	65
		Figura 63. Fotografías prueba de degradamiento, tomadas una vez por semana durante 45 días..	65

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de trabajo. Fuente: elaboración propia.	12
Tabla 2. Características Piñetex.	20
Tabla 3. Características Desserto.	21
Tabla 4. Características Ecoplaso	22
Tabla 5. Características Fruit leather Rotterdam.	23
Tabla 6. Características Malai.	24
Tabla 7. Características Biocuero de café.	25
Tabla 8. Características Biocuero de mango.	26
Tabla 9. Características Cuero GeO <sub>2</sub> .	27
Tabla 10. Comparativa de los procedimientos de biocuero.	31
Tabla 11. Metodología de la experimentación.	36
Tabla 12. Datos proceso de deshidratado cascaras en base a una fruta y verdura de cada una.	38
Tabla 13. Tabla de resultados pruebas de remplazo de refuerzo.	31
Tabla 14. Tabla de resultados pruebas de soporte de secado.	44
Tabla 15. Tabla de resultados pruebas de granulometría	45
Tabla 16. Tabla de resultados pruebas de grosor.	47

## Introducción

---

Esta investigación se basa en un problema ambiental y ético, el cual se deriva de la producción de cuero animal, a pesar de que este es un producto residual de la industria cárnica, el cual podría ser dejado para su descomposición y posterior degradación de forma natural. Se utiliza para obtener un subproducto final, que en su manufactura necesita materias primas como agua, reactivos químicos y energía entre otros, los cuales generan residuos con elevado número de contaminantes. Durante las diferentes etapas del proceso se liberan contaminantes líquidos, sólidos y gaseosos, siendo los líquidos lo que se generan en mayores cantidades (Méndez, Vidal, Lorber, & Márquez, 2007). Destacamos su origen animal, el que no está exento de polémicas hoy en día gracias a los grupos veganos y animalistas.

Como una alternativa al cuero animal, se fabricó el cuero sintético polipiel el cual no proviene de la explotación animal, pero de igual modo contribuye al problema ambiental, tanto en su fabricación como en su proceso de post vida útil. Este está fabricado en base a poliuretano (PU) o cloruro de polivinilo (PVC), y en su proceso se utilizan tintes y colorantes sintéticos que están hechos para resistir la acción de la luz, el agua y

productos de limpieza, es por lo que no son biodegradables. (Goyeneche, 2018)

Uno de los factores que agrava esta problemática es la industria de la moda, la cual cambia sus tendencias y productos de estación en estación y año tras año, para poder complacer a sus consumidores, para los cuales estos productos son cada vez más descartables en cada temporada. Pero en este lugar comienza a sonar cada vez más fuerte de la fusión de la moda y la ecología; el Ecodiseño, orientado a evitar el menor impacto ambiental (Wulff, 2018).

Es aquí donde nace la necesidad de innovar explorando la fabricación de un textil similar al cuero animal, pero de origen vegetal, que tenga el menor impacto ambiental en su proceso de producción, que sea capaz de degradarse de forma natural, que permita su uso para desarrollar artículos y accesorios para uso cotidiano en quien lo necesite y tenga ganas de indagar el mundo de los biomateriales.

# Objetivos

---

## Hipótesis

Es posible desarrollar un bio-textil similar estéticamente al cuero animal, a través de un desarrollo experimental, utilizando un procedimiento de código abierto, reemplazando el refuerzo propuesto por éste por un desecho orgánico de origen local..

## Objetivo general

Desarrollar un bio-textil similar estéticamente al cuero animal, a través de un desarrollo experimental, utilizando un procedimiento de código abierto, reemplazando el refuerzo propuesto por éste por un desecho orgánico de origen local.

## Objetivos específicos

- Analizar los antecedentes necesarios de la fabricación de un material compuesto mediante una investigación bibliográfica, con la finalidad de definir la información importante para la elaboración de un bio-textil similar al cuero.
- Establecer la posibilidad de sustituir el refuerzo de un procedimiento de código abierto por un desecho orgánico de origen local, a través de un desarrollo experimental.
- Desarrollar caracterización por medio de ensayos y pruebas físicas al material con la finalidad de comprender sus oportunidades y limitaciones.

## Metodología

El presente informe abarca un trabajo exploratorio donde se busca poder generar un bio-textil similar estéticamente al cuero basado en el procedimiento de biocuero de café de FabTextil, Barcelona, pero formando una versión con refuerzo orgánico de origen local. El estudio se divide en tres etapas, una primera instancia de revisión bibliográfica, para identificar y reconocer antecedentes de la información necesaria para aplicar en las siguientes etapas. Esta primera etapa se encuentra en los capítulos I, II, III y IV.

La segunda etapa es experimental y consta de tres fases. La primera fase cumple con el objetivo de demostrar la posibilidad de sustituir el refuerzo de un procedimiento de código abierto por un desecho orgánico de origen local. En la segunda fase se busca establecer el proceso de elaboración de un bio-textil similar estéticamente al cuero utilizando la cascara de tomate como refuerzo. Y en una tercera fase se limitan variables para estandarizar el proceso de producción de probetas de material vegetal.

Y una tercera etapa donde se generaron probetas para la realización de ensayos y pruebas con la finalidad de caracterizar

y familiarizarnos con nuestro bio-textil similar al cuero animal. En esta etapa se espera poder utilizar un poco de la metodología “Material Driven Design”, expuesta por Elvin Karana en International Journal of Design (2015), donde hace referencia a caracterizar un material “por lo que hace, lo que expresa y lo que provoca o no hacer” (Karana, Barati, Rognoli, & Zeeuw van der Laan, 2015), Entregándole un objetivo más allá del descrito antes por su origen de procedimiento heredado, si no que este sea determinado por su realidad, descubrir sus características y limitaciones.

	Fases
<b>Etapa 1</b> Investigación bibliográfica	Biocuero
	Estado del arte
	Receta
<b>Etapa 2</b> Experimentación	Exp. Previa
	Exp. Definitoria
	Exp. Final
<b>Etapa 3</b> Determinar ensayos y pruebas	Ensayos físicos
	Pruebas de trabajabilidad
	Sensorial
	Ciclo de vida

Tabla 1. Metodología de trabajo.  
Fuente: elaboración propia.

# Capítulo I “Principios del desarrollo sostenible”

---

Este capítulo tiene por finalidad entregar una mirada global de la importancia de generar cambios en el sistema actual de producción, de interiorizar conceptos como “de la cuna a la cuna” y la importancia de adoptarlos en la vida cotidiana. Acoger sistemas como el diseño para la sostenibilidad (D4S) y considerar los aportes que este y otros conceptos son capaces de entregar a las sociedades.

## 1.1 Sistemas de producción lineal; ¿Cambiarlos hoy?

En la segunda mitad del siglo XVIII la revolución industrial se generó con el afán de poder generar cadenas de producción a mayor escala, resolver problemas y obtener ventajas inmediatas. Estos cambios fueron posibles gracias a la rápida aparición de nuevas tecnologías, que fueron dejando de lado los procesos más artesanales. Se crearon grandes factorías cerca

de los recursos naturales, para facilitar así su obtención. Estos recursos se creían entonces ilimitados, capaces de absorber todo y volver a crecer sin problema, el medio ambiente no era una preocupación. Los productos tuvieron un enfoque de construcción lineal; focalizados en la construcción del producto, un traspaso rápido y económico a un cliente, sin mayores consideraciones (McDonough & Braungart, 2005). Este enfoque se sigue implementando hasta el día de hoy, sin considerar que pasa después de la vida útil de un producto, ¿Qué tiene que hacer el cliente una vez deja de usarlo o ya no le guste?

Hoy en día vemos vertederos llenos de productos que dejaron de ser usados, por fallas, por desuso, porque ya no gustaron más, o un sinnúmero de razones. Productos que fueron diseñados con materiales valiosos, cientos de activos materiales y recursos que no se podrán volver a renovar, quizás en miles de años más, pero que terminaron en su “tumba”. Esto debido a un modelo que solo fabrica en un solo sentido; se extraen los recursos, se transforman en productos, se venden, y al final terminan en los vertederos. Aunque hablemos de reutilizar o reciclar productos, esto solo hace que su estadía en los vertederos se posponga por un tiempo, pero estos terminan de igual manera en ellos. (McDonough & Braungart, 2005) ¿Cómo cambiarlo?

## 1.2 De la Cuna a Cuna

Con el afán de avanzar a un modelo de desarrollo sostenible, Braungart y McDonough plantean el concepto de “cradle to cradle” (de la cuna a la cuna), el cual se basa en un sistema biológico cíclico, donde no existe la basura, si no que esta es alimento. Donde los desechos entran a un ciclo circular, convirtiéndose en recursos, ya sean materia técnica o biológica.

Cuando hablan de materia o nutriente técnicos, se refieren a los materiales que son parte de un producto que se diseñó para poder ser devuelto a su ciclo técnico, y reconstituirse para volver a formar otro producto. Lo importante acá es que este producto sea diseñado desde el comienzo pensando en esta finalidad, ya sea en el caso de un automóvil a pesar de estar fabricado por compuestos técnicos muy valiosos, estos no se pueden separar en su totalidad y volver a utilizar, por lo que de igual modo terminan en vertederos. (McDonough & Braungart, 2005)

Y un nutriente biológico, es un material o producto que fue diseñado para volver a su ciclo natural, que pueda ser consumido por los microorganismos de la tierra o por otros animales. Es decir, diseñar los materiales a partir de componentes que puedan ser arrojados al suelo o depósitos de compost para que se biodegraden de forma natural tras su uso. (McDonough & Braungart, 2005)

Para que la humanidad prospere, se debe observar e imitar a la naturaleza en su altamente efectivo sistema de la cuna a cuna con respecto a los flujos de nutrientes y al metabolismo. Porque

ya no basta con hacer lo menos malo, hay que tomar esta propuesta con valor y ponerla en práctica.(McDonough & Braungart, 2005)

## 1.3 Diseño para la sostenibilidad (D4S)

Se intentó generar un menor impacto cuando se tomó conciencia de lo destructivas y contaminantes que fueron las primeras factorías, que tenían que ser controladas para no causar enfermedades inmediatas o incluso la muerte. Desde entonces, la respuesta a la destrucción de origen industrial ha sido generar menos daño. Utilizando las palabras ya conocidas como; reducir, evitar, minimizar, sostener, limitar y detener, como términos básicos para las consideraciones de la industria actual. (McDonough & Braungart, 2005)

Pero bajo una mirada más radical donde sus principales estrategias están relacionadas con la selección de material, citamos a Karana, E., Pedgley, O., Rognoli, V., (2013). El diseño para la sostenibilidad (D4S) donde busca seleccionar materiales no tóxicos e inocuos, materiales renovables, biocompatibles y extender la vida útil de los materiales, a través del reciclaje y compostaje. (Ochoa, 2017)

## 1.4 Ecodiseño

El diseño respetuoso con el medio ambiente o ecodiseño definido por el Ministerio del Medio Ambiente en Chile lo considera como las acciones enfocadas hacia la eficiencia ambiental en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, esto quiere decir desde su creación en la etapa conceptual; en su proceso productivo, el cual se incluiría armónicamente el desarrollo y la sostenibilidad, reduciendo los impactos ambientales, y hasta su tratamiento como residuo, aportando responsabilidad directa al destino del residuo con el objetivo de lograr que este tenga una correcta disposición final. (Ministerio del Medio Ambiente, 2014)

Si bien en la definición descrita hablamos en términos de diseño de productos, creemos posible relacionarlo con el concepto de diseño de materiales.

## 1.5 Análisis del ciclo de vida

Todos lo que se diseña, posee un ciclo de vida el cual según la norma ISO 14040 se define como “etapas consecutivas e interrelacionadas del sistema del producto desde la adquisición de materia primas o generación de recursos naturales hasta su eliminación final” (Parodi, 2016). Esta definición se acerca mucho al concepto de ecodiseño, por lo que podemos usarlo de

estrategia de diseño, acercándonos cada vez al modelo de “la cuna a la cuna” observando y tomando en cuenta desde un principio en el diseño el fin de su vida.

Podemos utilizar el análisis del ciclo de vida de los materiales como una metodología de diseño, basándonos en la oportunidad que tiene el diseñador para contribuir al desarrollo sostenible interviniendo desde las primeras etapas de creación, donde se toman decisiones muy importantes, en caso de no ser consideradas, las demandas ambientales no son atendidas adecuadamente, lo que puede generar daños irreversibles al medio. (Parodi, 2016)



Figura 1. Ciclo de vida ideal materiales naturales.

Fuente: Elaboración propia inspirada de <https://www.ecointeligencia.com/>

## **Capítulo II “Principios teóricos de la conformación de un material compuesto”**

---

El siguiente capítulo expone definiciones esenciales para entender que es un material compuesto, una breve clasificación diferenciándolos entre materiales cultivados o cocinados, lo que nos permite poder enfocar la investigación. Y posteriormente aborda el concepto de “código abierto” para poder ponerlo en práctica.

### **2.1 Materiales compuestos**

Según Baillie & Peijjs (2003) “los materiales compuestos son aquellos que constan de dos o más materiales diferentes que en conjunto actúan como más de una de sus partes” (Parodi, 2016). Si bien existen materiales compuestos naturales como la madera y el hueso, pero la mayoría de los materiales compuestos utilizados hoy en días son diseñados y fabricados por el hombre. (Stupenengo, 2011)

Dentro de las características de un material compuesto es que, en cada uno de ellos se pueden distinguir dos componentes: la matriz y el refuerzo o fase discontinua. La matriz es la fase continua en la que el refuerzo queda alojado, protegiéndolo y brindándole cohesión. El material de refuerzo o fase discontinua se agrega a la matriz para aportar nuevas propiedades, este por lo general puede ser en forma de partículas o fibras. Es más efectivo cuanto menor tamaño tienen las partículas y más homogéneamente están distribuidas en la matriz. (Stupenengo, 2011)

Como menciona Daniela Parodi (2016) citando a Baillie & Peijjs (2003) ha surgido el interés por realizar investigaciones de fabricación de compuestos completamente ecológicos en base a fibras de origen vegetal. Sin embargo, en sus observaciones siempre se aprecia excesiva absorción de humedad y mala humectación. Siguiendo bajo lo que menciona Daniela podemos observar en la figura 2 ventajas de generar compuestos en base a refuerzos vegetales.



Figura 2. Ventajas de los compuestos a partir de refuerzos vegetales  
Fuente: elaboración propia basado en Daniela Paradi (2016), según Calkins, 2009)

Pero, ¿Por qué crear materiales compuestos de origen natural cuando podemos utilizar materiales naturales como el algodón, que son capaces de degradarse en el suelo de forma natural o incluso ser quemados para usarse de combustibles de forma inocuo? Porque estos no podrían dar abasto para cubrir las necesidades actuales de la población, ya que se tendrían que destinar millones de hectáreas al cultivo de algodón, para satisfacer la demanda; y esas hectáreas son necesarias para la producción de alimentos (McDonough & Braungart, 2005). De aquí nace la necesidad de cultivar organismos biológicos o de

conformar nuestros propios materiales con los recursos que hoy en día existen.

## 2.2 Materiales cultivados o GIY (grow it yourself)

Los microorganismos han sido utilizados durante años en los procesos industriales, como cultivos de levadura para la fabricación de alcoholes, pan y queso. Hoy en día una tendencia que va en aumento son los “grown materials” o materiales cultivados, que se utilizan en distintas áreas de trabajo como los plásticos bacterianos, nuevos biopolímeros y soluciones a materiales proporcionadas por organismos crecientes. Se consideran materiales cultivados los que son a partir de “materias primas, productos tecnológicos y/o procesos que se basan en ciclos de cultivo naturales de animales, hongos y reinos bacterianos” (Ochoa, 2017)

Como menciona Natalia Ochoa (2017) en el mundo de los materiales cultivados son seres vivos los que “fabrican” el producto, a partir de instrucciones entregadas por las condiciones del entorno que promueven el “cultivo” controlado, sin embargo, este proceso se da de forma espontánea en la naturaleza, los cultivos controlados permiten personalizar propiedades como la fuerza, la textura, el peso y la elasticidad de los materiales.

## **2.3 Materiales conformados, aglomerados o cocinados CIY (cook it yourself)**

Como recetas de cocinas, podemos seguir instrucciones y ser capaces de generar un material capaz de biodegradarse, si usamos materias primas naturales, de origen orgánico o inorgánicos (LABVA, s,f). Fomentando el uso responsable de las materias que se encuentran en nuestro entorno local. Llamaremos a estos materiales, materiales biobasados, ya que están conformados por materias primas cultivables o renovables.

Para el desarrollo de esta investigación nos enfocaremos en los materiales conformados o aglomerados, esta decisión se toma por conceptos de afinidad al tema y tiempos de fabricación.

## **2.4 Código abierto (open source)**

El origen de la expresión open source o código abierto, hace referencia al software open source (OSS). Este era un software con un código diseñado de manera que fuera accesible al público; todos podían verlo, modificarlo y distribuirlo de la forma que consideraran conveniente. El software open source se desarrolló de manera descentralizada y colaborativa, así que dependía de la revisión entre compañeros y la producción de la comunidad. (RedHat, 2020)

El movimiento de “código abierto” trascendió la producción de software, utilizándose estos valores y modelos de producción en otras áreas. Hoy en día las vemos en el diseño industrial, de mano de la producción de materiales. Como lo es el caso de Materiom que proporciona datos de cómo fabricar materiales procedentes de biomasa local que forman parte de una economía circular regenerativa. Los procedimientos son aportados por una comunidad internacional de diseñadores, científicos, ingenieros y artistas. Describen que “tienen licencia de código abierto para fomentar el avance rápido y el uso generalizado” (Materiom, 2018). Destacamos que en Materiom los usuarios de sus recetas no pueden entregar retroalimentaciones de ellas o comentarios sobre mejoras.

Es importante destacar que este tipo de método fomenta el uso de materias primas de origen local, y el uso dependiendo de la disponibilidad de recursos por zona. Es decir que las recetas pueden ir siendo adaptadas según su lugar geográfico.

## Capítulo III “Biocuero”

---

En el presente capítulo se presentan referentes de fabricantes, donde en breves tablas se describen sus características más relevantes, presentando país de origen, motivación por el cual realizaron el proyecto, matriz y refuerzo que utilizan, como se debe desechar el producto según el fabricante, entre otras características. También la selección de procedimientos de código abierto encontradas para fabricar biocuero, mostrando una tabla resumen con ventajas y desventajas de estas.

### 3.1 Estado del arte

Actualmente existen diversas marcas que comercializan a nivel mundial sus textiles de fabricación con origen vegetal, con gran éxito son capaces de exportarlas a diversas partes del mundo, estas en su mayoría utilizan residuos agrícolas o comerciales. También podemos encontrar recetas que fueron creadas con fines investigativos, posteriormente compartidas en páginas de portafolio de los creadores. Actualmente la fabricación de textiles de origen vegetal se propone como una gran alternativa

a la alta demanda que presenta la industria textil hoy en día, a pesar de que ya existen manufactura a gran escala de este producto, se ve la posibilidad de fabricar en menor escala y de forma local.

#### Listado de referentes

- 
- Piñatex (España)
  - Desserto (Mexico)
  - Ecoplaso (Mexico)
  - Fruitleather Rotterdam (Países bajos)
  - Malai (India)
  - Biocuero de café (España)
  - Biocuero de mango (Amsterdam)
  - GeO2 (Chile)

Figura 3. Listado de referentes del estado del arte.  
Fuente: elaboración propia.

## Piñatex

Nombre	Piñetex
Creador(es)	Carmen Hijosa (España)
Empresa	Ananas Anam (Londres, Reino Unido)
Año	Desde 2017
Motivación	Buscó crear un textil no tejido que pudiera producirse comercialmente, proporcionar un impacto social y económico positivo y mantener una baja huella ambiental a lo largo de su ciclo de vida.
Matriz y refuerzo	Fibra de hoja de piña, un producto de desecho agrícola
Resultado/textura	Fuerte, ligero y flexible.
Color originar	No especificado
Aplicación de tinte	Si, por medio de pigmentos certificados GOTS
Forma de desechos	Piñatex no es 100% biodegradable de forma natural, por su recubrimiento de PLA. Pero es biodegradable en condiciones industriales controladas
Aplicaciones	Se puede utilizar como alternativa al cuero y otros materiales sintéticos, adecuado para su uso en calzado, bolsos, mobiliario y más.
Código abierto	No, pero si relatan su proceso de manufactura
Fuente	<a href="https://www.ananas-anam.com/">https://www.ananas-anam.com/</a>

Tabla 2. Características Piñetex  
Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Productos Piñetex  
Fuente: <https://www.instagram.com/pinatex/?hl=es-la>

## Desserto

Nombre	Desserto
Creador(es)	Adrián López y Marte Cázarez (México)
Empresa	Desserto (México)
Año	Desde 2019
Motivación	Crear una alternativa al cuero animal, siendo una alternativa sostenible y sin crueldad, sin productos químicos tóxicos como ftalatos y PVC.
Matriz y refuerzo	Hojas maduras de nopal (tunas) y algodón.
Resultado/textura	Gran suavidad al tacto, aspecto similar al cuero sintético
Color originar	No especificado
Aplicación de tinte	Si
Forma de desechar	Gran suavidad al tacto, aspecto similar al cuero sintético.
Aplicaciones	Bolso de manos, zapatos, ropa y una línea para aplicaciones automotriz
Código abierto	No, pero relatan brevemente su proceso de manufactura
Fuente	<a href="https://desserto.com.mx/home">https://desserto.com.mx/home</a>

Tabla 3. Características Desserto  
Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Productos Desserto  
Fuente: <https://www.instagram.com/desserto.pelle/?hl=es-la>

# Ecoplaso

Nombre	Ecoplaso
Creador(es)	Barbara Arteaga (Puebla, México)
Empresa	Ecoplaso
Año	Desde 2016
Motivación	Ofrecer al sector de diseño industrial, textil y de la industria transformadora del plástico, alternativas ecológicas, sustentables, efectivas y prácticas que puedan ser incorporadas a sus productos con la finalidad de aumentar su biodegradabilidad.
Matriz y refuerzo	Residuos orgánicos
Resultado/textura	Cuero vegetal y papel
Color originar	No especificado
Aplicación de tinte	Si, con colorantes naturales
Forma de desecho	Vida útil de 2 años y se degrada en ambientes caseros
Aplicaciones	Ornamentación, lámparas, libretas (Pueden generar planchas de hasta 5 metros cuadrados de dimensión)
Código abierto	No.
Fuente	<a href="https://ecoplaso.mx/index.html">https://ecoplaso.mx/index.html</a>

Tabla 4. Características Ecoplaso  
Fuente: elaboración propia.

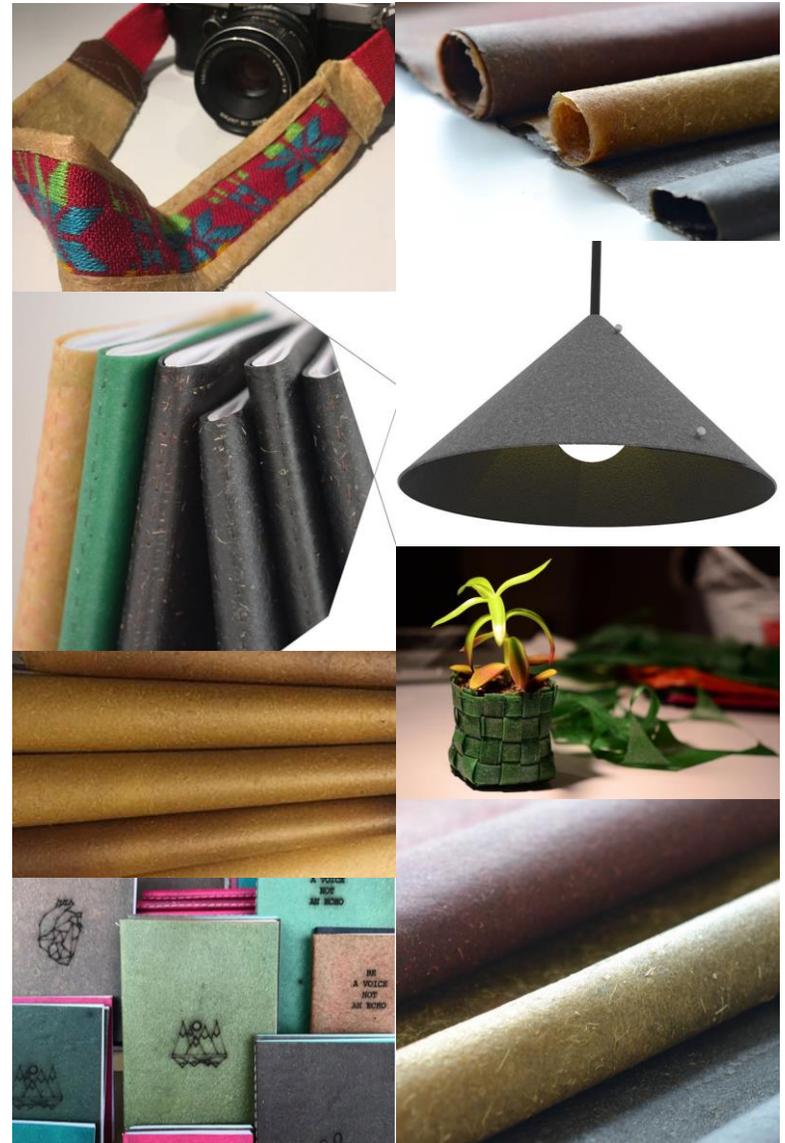


Figura 6. Productos Ecoplaso  
Fuente: <https://ecoplaso.mx/index.html>

## Fruitleather Rotterdam

Nombre	Fruitleather Rotterdam
Creador(es)	Koen Meerkerk y Hugo de Boon (Países Bajos)
Empresa	Fruitleather Rotterdam
Año	Sin fecha informada
Motivación	Querer difundir el problema del desperdicio de alimentos y mostrar cómo los desperdicios en general se pueden usar de manera positiva
Matriz y refuerzo	Mangos maduros
Resultado/textura	Lamina de mango, similar al cuero animal, al cual imprimen diversos relieves.
Color originar	Café con destellos naranja
Aplicación de tinte	Si
Forma de desechar	Tienen diferentes variedades de su material, algunos totalmente de productos naturales y otros textiles con aditivos de poliéster, por lo que se asume que los naturales se pueden compostar, aunque ellos no mencionan nada en su web.
Aplicaciones	Láminas de 40x60 cm que son comercializadas en su pagina.
Código abierto	No
Fuente	<a href="https://fruiteather.nl/home/">https://fruiteather.nl/home/</a>

Tabla 5. Características Fruitleather Rotterdam  
Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Productos Desserto  
Fuente: <https://fruiteather.nl/home/>

## Malai

Nombre	Malai
Creador(es)	Zuzana Gombosova (Eslovaquia) y Susmith Cs (Kerala)
Empresa	Malai (India)
Año	Desde 2020
Motivación	Crear y desarrollar biomateriales, para continuar refinándolos en productos ecológicos sostenibles y bellamente diseñados.
Matriz y refuerzo	Celulosa bacteriana cultivada a partir de desechos agrícolas derivados de la industria del coco.
Resultado/textura	material flexible con un tacto comparable al cuero o al papel, resistente al agua y gracias a que está fabricado solo por componentes naturales, no causará alergias, intolerancias o enfermedades.
Color originar	Beige
Aplicación de tinte	Si, con tintes naturales sin proceso de mordiente
Forma de desechar	Puede ser desechado en la basura de compostaje y se descompondrá naturalmente.
Aplicaciones	Se comercializa en 3 grosores distintos, uno adecuado para aplicaciones de moda con un acabado liso y tacto suave, otro para accesorios de moda, papelería, embalaje y aplicaciones de mobiliario, tiene un acabado superficial más texturizado, permanece flexible y tiene una sensación de suavidad media y otro para aplicaciones de decoración, diseño de superficies interiores, estacionario, más estructural, texturizado y tiene una sensación más áspera y rígida.
Código abierto	No, pero existen videos donde se puede ver levemente su proceso de fabricación
Fuente	<a href="https://malai.eco/about/">https://malai.eco/about/</a>

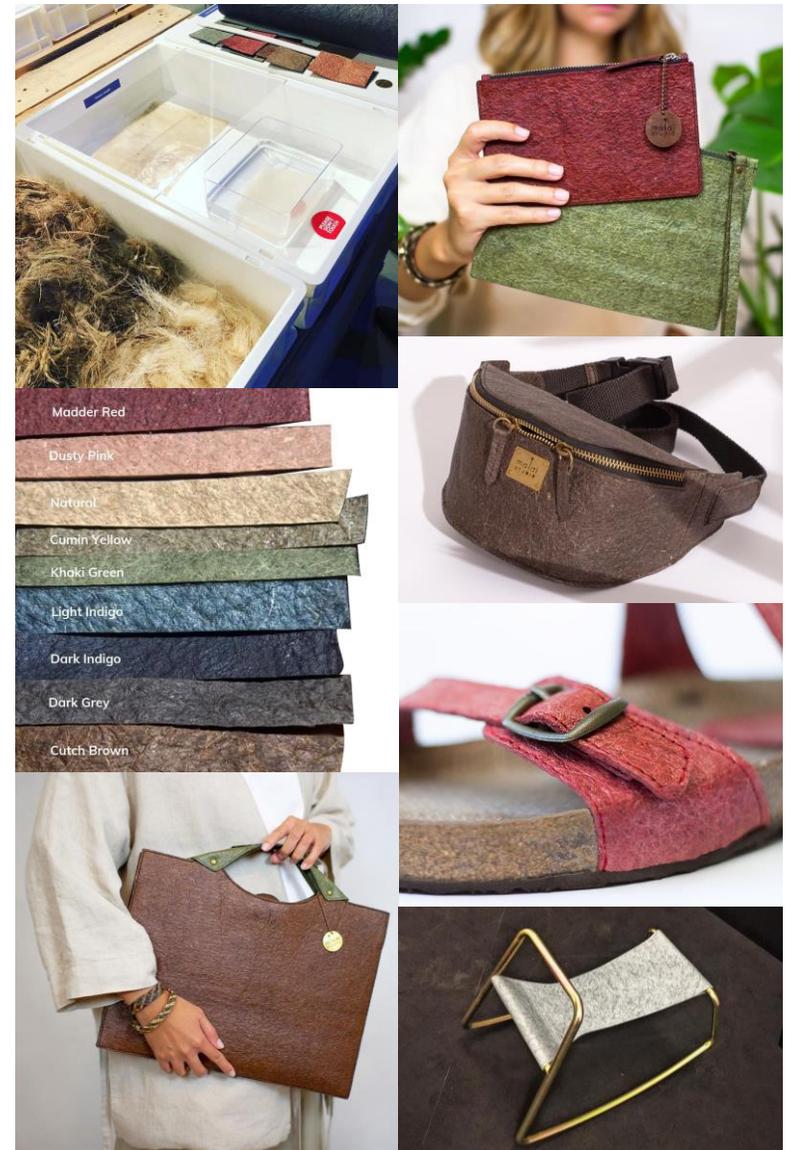


Figura 8. Productos Malai

Fuente: <https://www.instagram.com/malai.biomaterials/?hl=es-la>

Tabla 6. Características Malai  
Fuente: elaboración propia.

## Biocuero de café

Nombre	Bio-cuero de café
Creador(es)	Aurora Bourguignon
Empresa	FabTextiles (España)
Año	Desde 2018
Motivación	Trabajar con residuos orgánicos para aportar soluciones circulares para la implementación de bucles cerrados de materias primas orgánicas
Matriz y refuerzo	Borra de café y alginato
Resultado/textura	Material similar al cuero, el cual puede ser cortado y grabado con laser
Color originar	Marrón
Aplicación de tinte	No
Forma de desechar	Tiene una vida útil de dos años y luego puede ser compostado de forma casera incluso.
Aplicaciones	Bolso de bio-cuero de cafe
Código abierto	Si, explican todo su proceso por medio de una receta
Fuente	<a href="http://fabtextiles.org/coffee-leather-bag/">http://fabtextiles.org/coffee-leather-bag/</a>

Tabla 7. Características Biocuero de café  
Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Bolso de Biocuero de café  
Fuente: <http://fabtextiles.org/coffee-leather-bag/>

## Biocuero de mango

Nombre	Biocuero de mango
Creador(es)	Beatriz Sandini (Brasil)
Empresa	Estudio desarrollado en Amsterdam
Año	Desde 2019
Motivación	Busca diseñar y fabricar productos de moda monomaterial, con un enfoque de código abierto, a través del biomaterial ascendente en moda compostable.
Matriz y refuerzo	Mangos maduros y almidón
Resultado/textura	Emula muy bien al cuero aun que se siente un poco más seco al tacto
Color originar	Translúcido de un color natural ámbar/naranja.
Aplicación de tinte	Si, con tintes naturales
Forma de desechar	No se especifica
Aplicaciones	En proyecto The Ephemeral Fashion Lab (EFL); bananos
Código abierto	Si, comparte la receta en su pagina portafolio
Fuente	<a href="https://class.textile-academy.org/2020/beatriz.sandini/projects/Material-Recipes/mango-bioleather/">https://class.textile-academy.org/2020/beatriz.sandini/projects/Material-Recipes/mango-bioleather/</a>

Tabla 8. Características Biocuero de mango  
Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Biocuero de mango  
Fuente: <https://class.textile-academy.org/2020/beatriz.sandini/projects/Material-Recipes/mango-bioleather/>

## Cuero GeO2

Nombre	Cuero GeO2
Creador(es)	Antonia Bañados
Empresa	Maquinario (Santiago)
Año	Sin fecha
Motivación	No especificado
Matriz y refuerzo	Gelatina y ocre rojo
Resultado/textura	Un material similar al cuero que es más duro y denso en la parte inferior
Color originar	Rojo
Aplicación de tinte	No
Forma de desechar	No especificado
Aplicaciones	No especificado
Código abierto	Si, comparte su receta en Materiom
Fuente	<a href="https://materiom.org/recipe/32">https://materiom.org/recipe/32</a>

Tabla 9. Características Cuero GeO2  
Fuente: elaboración propia.



Figura 11. Biocuero GeO2  
Fuente: <https://materiom.org/recipe/32>

### 3.2 Procedimientos de código abierto disponibles para biocuero.

Dentro de la búsqueda de recetas de código abierto para biocueros, se encontraron dos, la “Biocuero de café” y “biocuero de mango”.

Las cuales fueron seleccionadas debido a que todos sus ingredientes eran naturales y de fuentes renovables, en base a sustancias no tóxicas, no contaminantes y seguras para los humanos. Se considero como requisito para la selección que sus materias primas fueran provenientes de los desechos o subproductos, y en el caso de nuevos ingredientes que tuvieran un impacto socio-ambiental bajo. Y que su material final fuera reciclable o compostable.

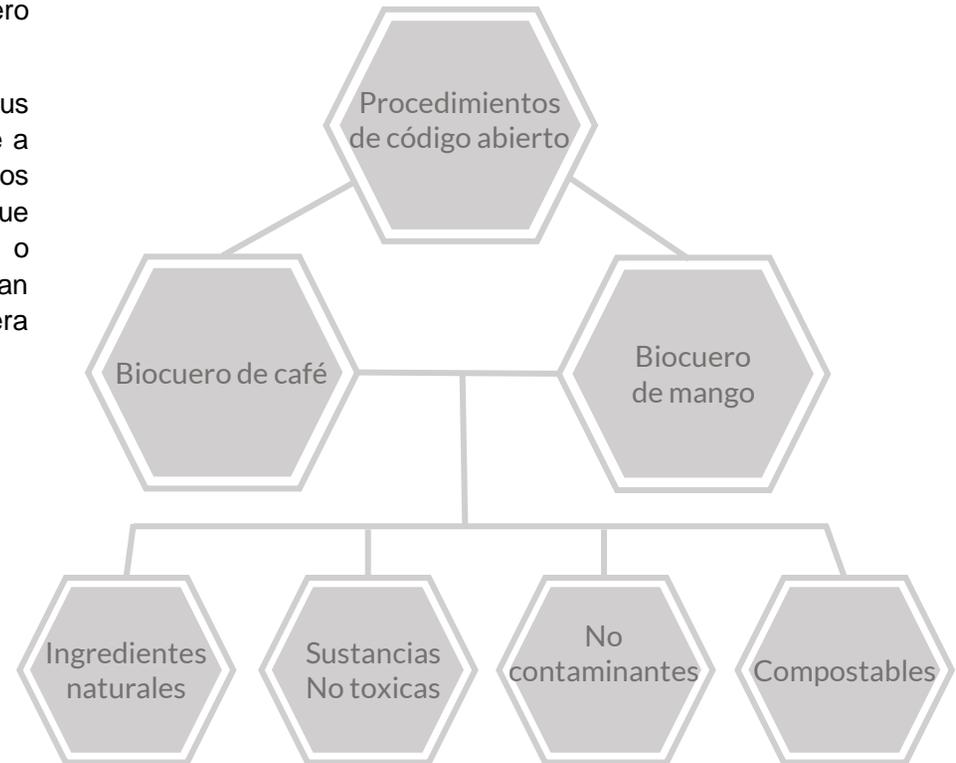


Figura 12. Procedimientos de código abierto  
Fuente: elaboración propia

## Procedimiento preparación "Biocuero de café"

Fuente: FABTEXTILES BARCELONA



### Tiempos:

- 🕒 20 minutos de preparación
- 🕒 5 minutos de calcificación
- 🕒 1 semana de secado al aire (12 horas en deshidratador a 50° C)

### Materiales:

- Pesa de precisión
- Recipiente para mezcla
- Cuchara o mezuino
- Dispensador con rociador
- Colador o tamiz
- Bastidor con tela (bastidor de serigrafía como referencia)
- Licuada

### Ingredientes:

- Alginato de sodio (2 gr)
- Borra de café seca (2 gr)
- Aceite de oliva (2 gr)
- Glicerina (5 gr)
- Agua (33 gr)

### Mezcla para calcificación

- 7 gr de cloruro de calcio en 100 ml de agua

### Instrucciones:



#### Pesar componentes

- 1 Pese todos los ingredientes con una balanza de precisión



#### Mezclar componentes

- 2 Unir todos los componentes en polvo
- 3 Adicionar la glicerina y el aceite de oliva a los ingredientes en polvo
- 4 Agregue el agua y use una licuadora mecánica para obtener una solución homogénea.



#### Distribución del material

- 5 Distribuir la mezcla en el bastidor



#### Calcificación

- 6 Rocié el bastidor con la mezcla con la solución calcificadora por ambos lados
- 7 Deja actuar por 5 minutos
- 8 Enjuaga con agua



#### Secado

- 9 Dejar secar para retirar del bastidor, a medidas que se seca puede curvarse, recomiendan poner entre superficies planas y aplicar presión

Figura 13. Procedimiento preparación "Biocuero de café"  
Fuente: <http://fabtextiles.org/coffee-leather-bag/>. Elaboración propia

## Procedimiento preparación “Biocuero de mango”

Fuente: Beatriz Sandini



### Tiempos:

-  60 minutos de preparación
-  16 horas de horneado
-  1 semana de secado al aire (12 horas en deshidratador a 50° C)

### Materiales:

- Olla
- Cocinilla
- Licuada o batidora
- Horno o deshidratadora
- Molde o superficie plana
- Cuchara o mezquino para revolver
- Balanza de precisión
- Cuchara para medida

### Ingredientes:

- Mangos maduros o frutas fibrosas (2 unidades)
- Limón (1 unidad)
- Cera de abeja (20 gr)
- Canela en polvo (1 cucharadita)

### Instrucciones:



#### Pesar componentes

- 1 Pese los ingredientes con una balanza de precisión



#### Procesado

- 2 Cortar el mango en trozos más pequeños y hacer puré en una licuadora o con una batidora
- 3 Corta la cera de abejas en trozos más pequeños



#### Mezclar componentes

- 4 Poner el puré de mango en la olla con el limón y la cera caliéntelo a fuego lento mientras revuelve, sin dejar hervir, pero matando toda bacteria presente y disipando humedad en la mezcla, no dejar de revolver para que la mezcla no se pegue
- 5 Después de 20 minutos, la mezcla debe estar espesa, pero lo suficientemente líquida como para verterla sobre una superficie plana



#### Distribución del material

- 6 Vierta la pasta sobre una superficie y extiéndala uniformemente, golpéela suavemente sobre una superficie dura para emparejarla más



#### Secado

- 7 Caliente el horno a 50° C en la configuración del ventilador y coloque la pasta en el horno durante al menos 16 horas.
- 8 Cuando el cuero esté seco al tacto (ahora tendrá un color un poco más oscuro), déjelo secar al aire en un espacio bien ventilado durante otros 5-7 días, alternar prensado con secado al aire.

Figura 14. Procedimiento preparación “Biocuero de mango”

Fuente: <https://class.textile-academy.org/2020/beatriz.sandini/projects/Material-Recipes/mango-bioleather/>. Elaboración propia

### 3.2.1 Tabla comparativa de los procedimientos de biocuero

En la siguiente tabla comparativa se muestra un resumen de ambas recetas, la que nos permitirá determinar cuál es la más adecuada para la investigación.

	<b>Biocuero café</b>	<b>Biocuero mango</b>
<b>Superficie</b>	Solido	Solido
<b>Color sin aditivo</b>	Marón	Amarrillo / naranja / marrón
<b>Tiempos de preparación</b>	20 minutos	60 minutos
<b>Tiempo de procesamiento</b>	1 semana	1 semana
<b>Tiempo de horneado</b>	-	16 horas
<b>Refuerzo</b>	Subproducto de consumo	Fruta muy madura
<b>Estado del refuerzo</b>	Deshidratado hecho polvo	Pure fresco
<b>Uso de cochinilla</b>	No	Si
<b>Uso de horno</b>	No	Si
<b>Uso de licuadora</b>	Si	Si
<b>Uso de pesa de presión</b>	Si	Si
<b>Vegano (sin productos de origen animal)</b>	Si	No

Tabla 10. Comparativa de los procedimientos de biocuero  
Fuente: elaboración propia.

La selección de la receta para nuestro material biobasado se realizó fundada en el tipo de desecho a utilizar, ya que sabemos que la maduración de la fruta es inevitable, de todos modos, no se busca fomentar la práctica de generar este tipo de desechos, se utilizara la receta de biocuero de café, ya que utiliza un subproducto residual del consumo diario, su menor tiempo de preparación y la ausencia de ingredientes de origen animal. Dentro del procedimiento destacamos el uso de aceite y glicerina debido a las propiedades que esto aportara al material, en conjunto entregaran flexibilidad y cierta resistencia, si solo le aplicara glicerina el material seria flexible pero sin resistencia y si solo tuviera aceite este sería rígido pero frágil (Materiom, 2018).

## Capítulo IV “Utilización de la cascara de tomate como parte de la materia prima para un material biobasado”

---

Como menciona Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V (2013) el consumo de los recursos en estos días está generando escases de ellos mismos, debido a la demanda que genera el hombre, la tierra está en los límites de la sostenibilidad, donde el agotamiento de los recursos es un asunto urgente (Ochoa, 2017). Basados en este problema es hoy que se debe comenzar a tomar decisiones pensando en el uso de los recursos de forma responsable, cuidando los recursos locales y no generar más desechos que terminan en vertederos.

Siguiendo la línea de la sostenibilidad en la presente investigación se plantea la generación de un biomaterial, basado en una receta de código abierto, a través de la utilización de un residuo orgánico producido localmente, considerando su ciclo de vida circular y un bajo impacto ambiental en su producción. Este capítulo entrega los antecedentes de relevancia, la elección del desecho orgánico usado como refuerzo con el cual se

experimentará en la mayoría de la investigación y también una breve reseña del alginato como matriz, que se utiliza para el procedimiento de biocuero de café.

### 4.1 Residuos orgánicos en Chile

Como se menciona en la última encuesta del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, la segunda mayor preocupación de los chilenos es la gestión de la basura, residuos o desechos con un 29%. (Consortio Provincial de Residuos Sólidos Urbano, s.f)

Basándonos en la definición que presenta la RAE (Real Academia Española) de desecho es “Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo.” y “Residuo, basura.” (Real Academia Española, s.f)



Figura 15. Infografía cantidad de residuos generados per cápita  
Fuente: ARCADIS. Elaboración propia

En Chile, una persona genera 1,25 kilos de basura al día. De los cuales el 50% corresponde a residuos orgánicos y de ellos, menos del 1% es reciclado. (ARCADIS, s,f)

Estos residuos son biodegradables, de origen biológico y composición natural, tiene la capacidad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente sin mayores procesos, generando otra materia orgánica. (Consortio Provincial de Residuos Sólidos Urbano, s,f)

Como avance a estas problemáticas hoy en día en Chile se implementa un programa llamado “Reciclo Orgánicos” proveniente del Ministerio del Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá, bajo el Acuerdo de Cooperación Ambiental Canadá-Chile, el cual tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector de residuos sólidos en Chile. Generando plantas de digestión anaeróbicas, compostaje y captura de gas. Actualmente generaron una planta de compost en Talca la cual pretende procesar los residuos orgánicos provenientes de empresas y podas municipales.



Figura 16. Pagina web “Programa reciclo orgánicos”  
Fuente: <https://www.reciclogrganicos.com/es/>

## 4.2 Tomate

“Baya roja, fruto de la tomatera, de superficie lisa y brillante, en cuya pulpa hay numerosas semillas algo aplastadas y amarillas.”

(Real Academia Española, s.f)

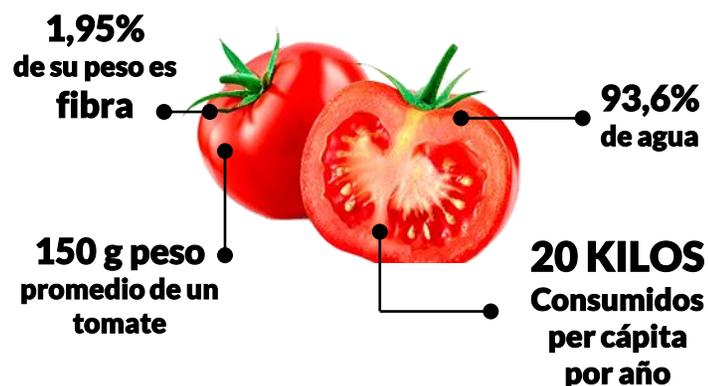


Figura 17. Infografía tomate  
Fuente: <https://www.zonadiet.com/nutricion/agua.htm>. Elaboración propia

Considerando estimaciones de la FAO (Food and Agriculture Organization), esta hortaliza es la más cultivada en el mundo, de acuerdo con cifras citadas del año 2013, alcanzo 4,7 millones de hectáreas y una producción de 164 millones de toneladas. El consumo per cápita de tomate en 2011 llego a 55g diarios (Flaño, 2015). Lo que en un año serian 20 kilos de tomates consumidos por persona.

A nivel local, el tomate destaca en la VIII Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) desarrollada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en 2018, como una de las hortalizas a los cuales se les destinan mayores recursos en los hogares y como el cuarto producto de mayor adquisición a nivel de canasta, después del pan, las bebidas azucaradas y las carnes rojas. Destacamos que existe un aumento de 0,05% en comparación a la encuesta anterior desarrollada en 2009, lo que refleja un aumento en la destinación de recursos a esta hortaliza. (INE, 2018)

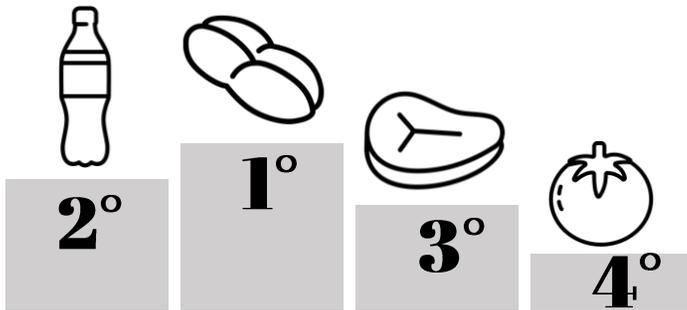


Figura 18. Infografía canasta de consumo  
Fuente: INE. Elaboración propia

Según el informe “El mercado del tomate para consumo fresco” de la Oficina de estudios y políticas agrarias, destacan a el tomate para consumo fresco como el tercer cultivo hortícola con mayor superficie, después del choclo y la lechuga (2014).

Gracias a la geografía del país, se generan las condiciones climatológicas para lograr una oferta continua durante todo el

año de tomate, es decir en las épocas de invierno y otoño, el tomate proviene principalmente del norte de país, en primavera y verano de la zona centro, una vez cosechado se distribuyen a lo largo del país, permitiendo el consumo constantemente durante todo el año. (Flaño, 2015)

### 4.3 Alginato como matriz

Como declara McHugh (1987) los principales ficocoloides o polímeros naturales que tiene la propiedad de formar soluciones viscosas o geles derivados de las algas marinas, de mayor importancia comercial son el alginato, extraído de las algas pardas; el agar y la carragenina que se extraen de las algas rojas. Los alginatos son sales del ácido algínico que forman parte de la pared celular y de las regiones intercelulares de las algas pardas (feofitas) que en su estado natural se encuentran en forma de gel. Su función es conferir fuerza y flexibilidad al tejido del alga. (Hernández-Carmona et al., 2012)



Figura 19. Banco de algas mar de Pisagua, fotografía de Eduardo Sorensen  
Fuente: <https://www.paiscircular.cl/>

### 4.3.1 Algas pardas en Chile

Las algas pardas se clasifican dentro del término de macroalgas que son todas las algas que se pueden ver sin necesidad de usar un microscopio y que se encuentran no más allá de los 30 o 40 metros de profundidad. Su nombre deriva de la presencia de un pigmento que les permite generar fotosíntesis a mayor profundidad que las algas verdes. (OCEANA, 2019)

Chile cuenta con una extensa costa marina, la que permite la recolección de estas algas a lo largo de todo el país; las algas pardas se encuentran principalmente entre la I y la X Región. Sin embargo, el mayor desembarque se obtiene en la zona norte entre la I y la IV Región, el que en 2008 alcanzó el 90% de la recolección nacional. En la figura 18, podemos observar la extracción del recursos por región con graficas mensuales de su extracción. Es este tipo de alga la que se encuentra con mayor abundancia en nuestras costas. El proceso posterior a la cosecha es el secado, enfardado y entrega a las plantas de picado o se entregan de manera frescas a los centros de cultivo. Los principales países de exportación son China, Japón, Noruega y Francia donde se usa principalmente en la industria alimentaria y cosmética. (IFOP, 2008)

No se descarta que el proceso de extracción de alginato podría tener un impacto socio-ambiental aun mas bajo si esta se procesara en Chile de forma local; en función del tiempo se adquirió el alginato que se comercializa hoy en día.

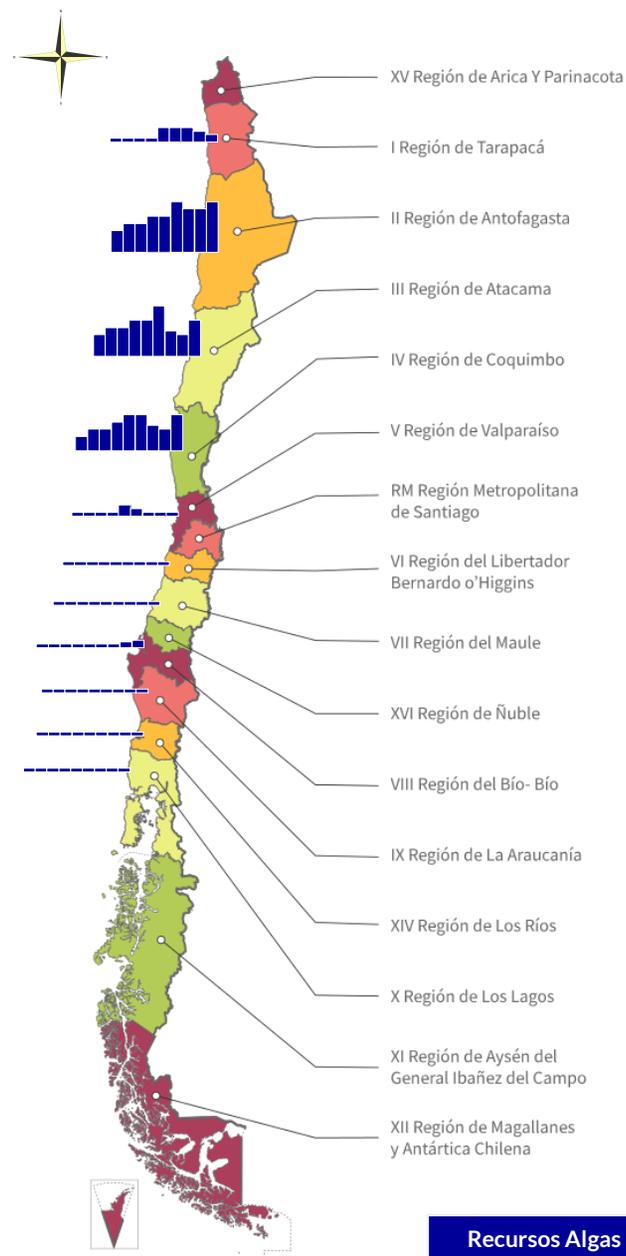


Figura 20. Extracción de algas por región mensualmente  
Fuente: IFOP. Elaboración propia

## Capítulo V “Desarrollo del material”

### 5.1 Metodología de la experimentación

La presente investigación consiste en presentar una propuesta de refuerzo para compuesto estéticamente similar al cuero natural, por medio de un estudio de bibliografía presentado en los capítulos anterior y un desarrollo experimental descrito en el presente capítulo.

El desarrollo experimental se divide en tres fases, una primera fase que busca demostrar la posibilidad de sustituir el refuerzo de un procedimiento de código abierto por un desecho orgánico de origen local. Para esto se comenzó con el proceso de recolección de cascaras de frutas y verduras, para posteriormente ser deshidratadas, trituradas y utilizadas para reemplazar el refuerzo de procedimiento de código abierto del “biocuero de café”. De esta etapa se obtuvo como resultado un procedimiento satisfactorio para cada muestra.

En una segunda fase, teniendo una respuesta positiva al cambio de refuerzo, se comienza la evaluación de un refuerzo específico, en este caso cascara de tomate como residuo

relevante de origen local. Y una tercera que busca estandarizar el procedimiento con cascara de tomate, haciendo pruebas de granulometría y espesores.

	Fases	Actividades
Etapa 2 Experimentación	Exp. Previa	Recolección y selección de cascaras de frutas y verduras
		Deshidratado de cascaras
		Triturado y tamizado de cascaras
		Realizar procedimiento de “biocuero de café” reemplazando el refuerzo
	Exp. Definitoria	Selección de cascaras de tomate como refuerzo
		Deshidratado, triturado y tamizado de cascaras
		Pruebas soporte de secado
	Exp. Final	Con refuerzo de cascara de tomate; mezclar en distintas granulometrías.
		Con refuerzo de cascara de tomate; mezclar en distintos grosores.
Optimización de procesos.		

Tabla 11. Metodología de la experimentación  
Fuente: Elaboración propia



## 5.2 Experimentación previa

Después de realizar una búsqueda de procedimientos de código abierto se llegó a dos de ellas, de las cuales para esta investigación se optó por utilizar la de biocuero de café y alginato del FabLab Textil de Barcelona, esto debido al uso de un subproducto residual de consumo diario, su bajo tiempo de procesamiento y su origen vegano.

### 5.2.1 Proceso de selección de cascaras

En esta etapa teniendo el procedimiento escogido, comenzaron las primeras pruebas para saber si era posible cambiar el residuo orgánico utilizado, esta se realizó entre los meses de Mayo a Junio. Como primera instancia se utilizaron residuos al azar como papa, naranja, tomate, limones, zanahoria, zapallo camote, de todos ellos solo sus cascaras.

Las variedades de cascaras son recolectadas de manera aleatoria, considerando las frutas y verduras de la estación con las que se contaba, el criterio de selección utilizado fue que estas no estuvieran en descomposición, no presentaran mal olor ni presencia de hongos.

Solo se recolecto cascaras de frutas y verduras que fueron consumidas, es decir, se pelaban para el consumo.

Figura 21. Primera recolección de cascaras de frutas y verduras  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2 Proceso de deshidratación de cascaras

En esta fase algunas de las cascaras fueron secadas con la ayuda de un horno eléctrico que además cuenta con ventilador, puestas sobre una bandeja con aluminio en la superficie para evitar que estas se pegaran. Estuvieron alrededor de 9 horas y tomaron un color tostado debido a fuente de calor que el horno entrega (tomate, zapallo) y las demás se secaron al aire puestas sobre una bandeja plástica con una servilleta abajo para absorber la humedad.

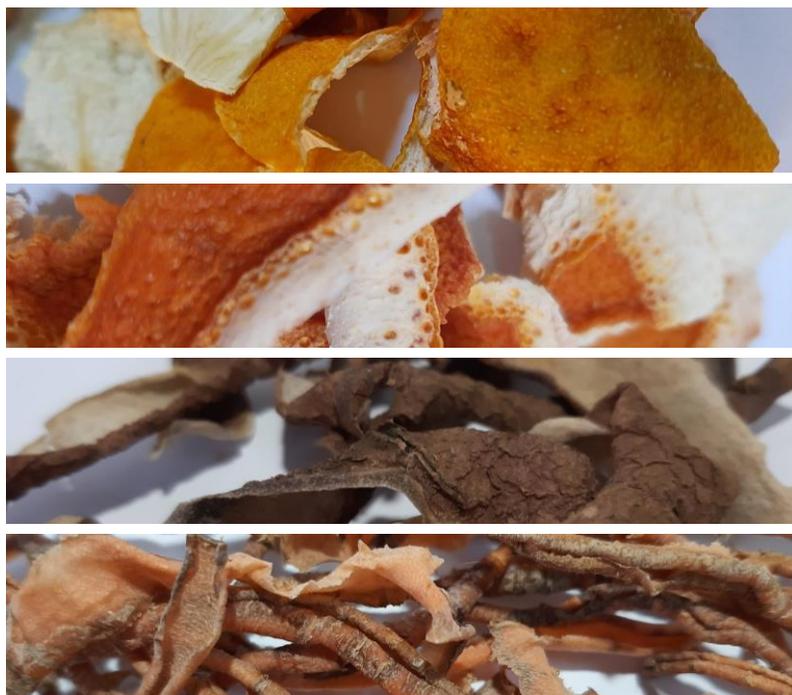


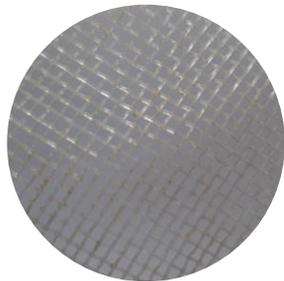
Figura 22. Cascaras deshidratadas; limón, naranja, papa, zanahoria, tomate, zapallo camote. Fuente: Elaboración propia

	Peso inicial	Peso final	% de humedad perdido
Limones	21,8	5,9	72,9
Naranjas	50,7 g	12,9	7,8
Papas	45,3 g	7,5 g	83,4
Tomates	60,2 g	1,9 g	96,8
Zanahorias	12,8 g	2 g	84,4
Zapallo camote	120 g	39 g	67,5

Tabla 12. Datos proceso de deshidratado cascaras en base a una fruta y verdura de cada una. Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Proceso de triturado de cascaras

Una vez secas las cascaras se sometieron a un proceso de triturado en una licuadora, se trituraron por separado cada tipo de cascara. Para posteriormente ser tamizadas en cedazo de 2 mm, utilizando solo el material que paso por el cedazo.



Tamiz de 1 mm



Figura 23. Tamiz de 1 mm utilizado en el desarrollo experimental, licuadora utilizada en el proceso y cascaras trituradas.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.2.4 Conformación de biocuero

Siguiendo el procedimiento de biocuero de café, se utilizaron como refuerzo las cascaras antes deshidratadas y trituradas, para realizar las primeras pruebas. Se seleccionaron solo 3 tipos de cascaras para esta actividad; papa, naranja y tomate.

### Ingredientes



Figura 24. Ingredientes y proceso de conformación de biocuero basado en el procedimiento de "biocuero de café".  
Fuente: Elaboración propia



### Naranja

Se utilizo granulometría menor a 2 mm  
Para generar probeta de 80x80 mm se  
utilizó la cascara de 1/6 de una naranja  
aproximadamente.



### Papa

Se utilizo granulometría menor a 2 mm  
Para generar probeta de 80x80 mm se  
utilizó la cascara de ¼ papa  
aproximadamente.



### Tomate

Se utilizo granulometría menor a 2 mm  
Para generar probeta de 80x80 mm se  
utilizó la cascara de 1 tomate.

RESULTADOS

Estabilidad  
morfológica



Presencia  
de hongos

NO

NO

NO

Foto final



Tabla 13. Tabla de resultados pruebas de remplazo de refuerzo .  
Fuente: Elaboración propia

## 5.3 Experimentación definitiva

Ya que en todos los casos se obtuvo un resultado parecido a los estudiados en la bibliografía, se determinó que para este procedimiento de código abierto se puede reemplazar el refuerzo.

Esta etapa se desarrolló entre los meses de Junio, Julio y Agosto, y se optó por utilizar la cascara de tomate, esto debido a los resultados que nos entregó la búsqueda bibliográfica. Determinando que el tomate cae dentro de las verduras y frutas con mayor relevancia de consumo en Chile. Ya que el objetivo era usar un residuo de relevancia local.

### 5.3.1 Proceso de selección de cascara de tomate

Las cascara obtenida para este proceso fueron de los tomates consumidos en mi hogar, y posteriormente se solicitó la colecta desde la olla común de la Sede el Comendador en Pudahuel y la colaboración de la recolección de parte del casino de la corporación Traperos de Emaus de Pudahuel.

### 5.3.2 Proceso de deshidratación de cascara de tomate

En esta etapa se obtuvo una deshidratadora de alimentos, la cual funciona con aire caliente, toma menor tiempo de secado y éstas mantienen su color rojo.

También se secaron cascara de tomate al aire libre tomando una semana, mientras que en la deshidratadora tomaban 12 hrs a 50° C de temperatura.



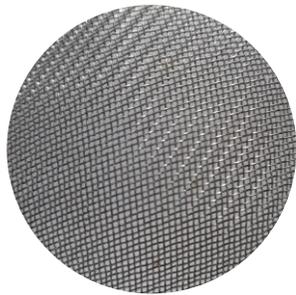
Figura 25. Cascara de tomate deshidratadas al aire  
Fuente: Elaboración propia



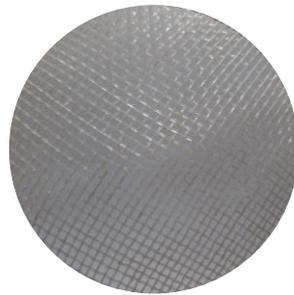
Figura 26. Cascara de tomate deshidratadas en maquina eléctrica  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 Proceso de triturado de cascaras de tomate

Una vez secas, se trituraron en la licuadora y tamizaron para obtener dos variedades de granulometría.



Tamiz de  
0,5 mm



Tamiz de  
1 mm

Figura 27. Triturado de cascaras de tomate pasadas por tamiz de 0,5 y 1 mm.  
Fuente: Elaboración propia

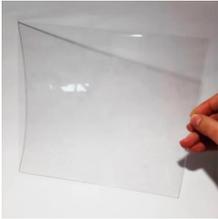
### 5.3.4 Pruebas soporte de secado

Se utilizó un bastidor con velo en primera instancia como lo recomienda la receta, el cual funcionaba bien, pero dificulta un poco poder medir el grosor de la capa de mezcla aplicada. Entonces se probó con una superficie más sólida (acrílico) el cual al momento de expandir la mezcla es más fácil, pero en su proceso de secado tiende a encoger y curvar en las puntas. Por lo que se vuelve al uso del bastidor.



Figura 28. Bastidor y acrílico utilizados de soporte.  
Fuente: Elaboración propia

# Pruebas soporte de secado

		Estabilidad morfológica	Fotofinal	
	<b>Bastidor</b> Probeta de 150x150 mm	● ● ● ● ●		
	<b>Acrílico</b> Probeta de 150x150 mm	● ● ● ● ●		

RESULTADOS

Tabla 14. Tabla de resultados pruebas de soporte de secado.  
Fuente: Elaboración propia

## 5.4 Experimentación final

En busca de una estandarización del proceso se realizan una etapa más controlada de la fabricación, con el fin de disminuir las variables y poder desarrollar material para las pruebas de trabajabilidad y mecanizado futuras. Este proceso se desarrolló durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre.

### 5.4.1 Pruebas granulométricas

Se obtuvieron resultados favorables para ambas probetas, con buena estabilidad morfológica y compactación. Es por esto, que para disminuir las variables a tratar en las etapas futuras se realizó una selección de granulometría por medio de una actividad de observación de trabajo de campo, donde se le solicitó a 10 personas, pudieran comparar ambas muestras del biotextil conformado con alginato y tomate con una pieza de cuero animal. Esta actividad se realizó de forma individual y en momentos separados para que las opiniones de cada participante no se vieran influenciadas por las de los demás. Las personas seleccionadas para esta etapa fueron contactadas por medio del criterio de cercanía, familiares y amigos, ya que debido a la emergencia sanitaria que se vive no se podía hacer de forma masiva o amplia.

A la muestra con granulometría 0,5 mm se les llamo “Biocuero 01” y la de granulometría 1 mm “biocuero 02”, se les pidió a las personas que lo compararan con dos muestras de cuero animal,

unas más gruesa y rígida que la otra con las muestras de biocuero, y eligieran entre ellas la que más se asemejaba al cuero animal. Obteniendo como resultado la elección de la muestra “Biocuero 01” en su mayoría.



Figura 29. Voluntarios en experiencia de selección de prueba de granulometría  
Fuente: Elaboración propias

## Pruebas granulométricas



### Tamiz 0,5 mm

Se utilizo granulometría menor a 0,5  
Se conformo una muestras de 150x150 mm  
Se utilizaron las cascaras de 3 tomates



### Tamiz 1 mm

Se utilizo granulometría entre 0,5 y 1 mm  
Se conformo una muestra de 150x150 mm  
Se utilizaron las cascaras de 3 tomates

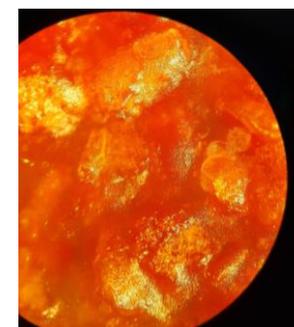
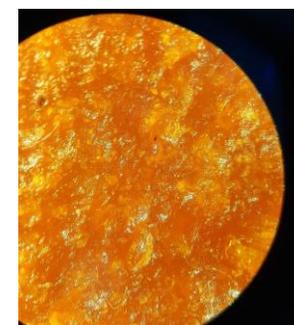
Estabilidad  
morfológica



Foto final



Foto  
microscópica



RESULTADOS

Tabla 15. Tabla de resultados pruebas de granulometría.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.4.2 Pruebas de grosor

Esta prueba se desarrolló utilizando granulometría 0,5. Los resultados de esta prueba fueron concluyentes, ya que en todos los intentos de una probeta con mayor grosor. Esta se partió, a pesar de ser secada con distintos métodos. Se intento secar a la sombra, al sol y dentro de deshidratadora a distintas

temperaturas, se observa que el encogimiento del material es alto al momento de su secado, y al ser una pieza gruesa, se seca primero en su exterior en una posición, y al comenzar a secarse por dentro la parte exterior opone resistencia, lo que provoca que esta se rompa. Por lo que se determina que la mezcla no se debe extender con un grosor mayor a 3 mm.

		Estabilidad morfológica	Foto final
x4	Mezcla por 4 Se utilizo granulometría menor a 0,5 Se conformo una muestras de 150x150 mm Se utilizaron las cascaras de 12 tomates	● ● ○ ○ ○	
x3	Mezcla por 3 Se utilizo granulometría menor a 0,5 Se conformo una muestras de 150x150 mm Se utilizaron las cascaras de 9 tomates	● ● ○ ○ ○	
x2	Mezcla por 2 Se utilizo granulometría menor a 0,5 Se conformo una muestras de 150x150 mm Se utilizaron las cascaras de 6 tomates	● ● ● ○ ○	

RESULTADOS

Tabla 16. Tabla de resultados pruebas de grosor.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.4.3 Optimización de procesos

Dentro del proceso de fabricación, se descubrió que, al momento de agregar las partes en polvo a los líquidos, el alginato se apelotonaba, lo que provoca emplear mayor tiempo de preparación en disolverlos. Con el objetivo de ganar mayor experiencia para este estudio se participó en diversas charlas y workshop, y es el workshop de biomateriales impartido por el FabLab Santiago donde aprendo un proceso nuevo de tratar el alginato, que es disolver un día antes el alginato solo con el agua, y después utilizarlo como pasta. Se calculo la proporción de alginato que utiliza el procedimiento y se estima que el porcentaje de alginato en agua equivale al 6%. En la figura 31 se diagrama el proceso de preparación de solución de alginato al 6%, para luego ser utilizado directamente en el bio-textil.



Figura 30. Solución de alginato al 6% reposada 24 hrs.  
Fuente: Capturas propias



Figura 31. Proceso de preparación de solución de alginato al 6%  
Fuente: Elaboración propia

## Capítulo VI “Caracterización”

---

Este capítulo tiene por finalidad familiarizarnos con el comportamiento del material, por medio de pruebas y ensayos, que fueron determinados a partir de mi experiencia y los objetivos que buscaba cumplir a partir de las características de la familia de los textiles, para poder caracterizar el bio-textil símil estéticamente al cuero animal.

### 6.1 Ensayos físicos

#### 6.1.1 Densidad

Para determinar la densidad de nuestro textil, se utiliza la fórmula de densidad media:

$$Densidad = \frac{m}{v}$$

Donde m es la masa y v es volumen.

Se calcula con la unidad de medida g/cm<sup>3</sup>.

Se maso en una pesa gramera y las dimensiones se midieron con un pie de metro.

Se les midió la densidad a 4 muestras, las cuales dieron una densidad entre **750 – 833 kg/m<sup>3</sup>**, teniendo como referencia la densidad del cuero seco que es **860 kg/m<sup>3</sup>** (ToolBox, s.a) determinando que el biocuero tiene una densidad muy próxima a la del cuero animal. Se puede revisar la tabla con las densidades por probeta en el Anexo 1.

#### 6.1.2 Contenido de humedad

El porcentaje de contenido de humedad del material se calculó determinando el peso perdido de la probeta luego de ser secada en la deshidratadora a 70° por 24 horas. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula, Donde W1 es la masa inicial de la probeta a temperatura ambiente y W2 es la masa de la probeta luego de ser secada.

$$\% \text{ de contenido de humedad} = \left( \frac{w1 - w2}{w2} \right) \times 100$$

#### 6.1.3 Absorción de agua

Se determinó la absorción de humedad través de un método basado en la norma ASTM 1037 – 99 para evaluar propiedades de materiales basados en fibra de madera y tableros de partículas, a través de la siguiente fórmula donde W1 es el peso

inicial de la probeta, antes de sumergirla en agua y W2 es el peso de la probeta después de sumergirla en agua. El tiempo de inmersión será de 24 horas en total, pero se medirá una primera instancia pasadas 2 horas y después pasadas 22 horas más. (ASTM, 1999)

$$\% \text{ de absorción de agua} = \left( \frac{w_2 - w_1}{w_1} \right) \times 100$$

#### **6.1.4 Espesor de hinchamiento**

Se determinó el hinchamiento del material a través de un método basado en ASTM 1037-99, norma para evaluar propiedades de materiales basados en fibra de madera y tableros de partículas, a través de la siguiente fórmula donde X1 es el espesor inicial de probeta antes de sumergirla en agua y X2 es el espesor de la probeta después de sumergirla en agua. El tiempo de inmersión será de 24 horas en total, pero se medirá una primera instancia pasadas 2 horas y después pasadas 22 horas más. (ASTM, 1999)

$$\% \text{ de hinchamiento} = \left( \frac{X_2 - X_1}{X_1} \right) \times 100$$

Las pruebas de densidad, contenido de humedad, absorción de agua y espesor de hinchamiento fueron referenciadas de Sandoval, 2019.

## 6.2 Resultados ensayos físicos

### 6.2.1 Resultado contenido de humedad

Para realizar esta prueba se utilizaron 5 probetas, las cuales fueron sometidas al mismo proceso en momentos simultáneos.

El contenido de humedad obtenido promedio fue de: **10,04%**. De esta prueba pudimos determinar que el material a pesar de ser secado por un tiempo prolongado su flexibilidad se mantuvo,

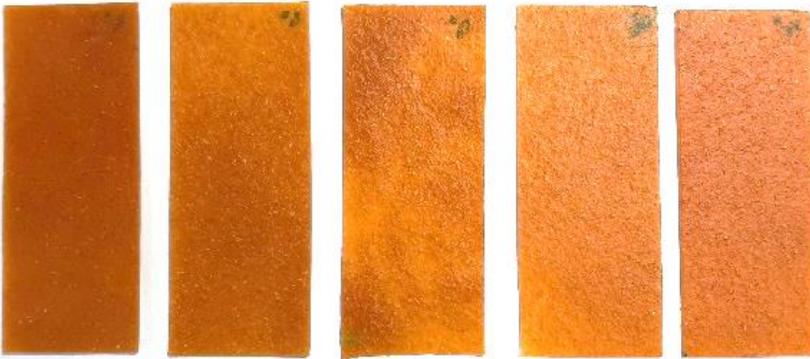


Figura 32. Probetas de 40x100 mm antes de ser sometidas al proceso de secado en deshidratadora, para prueba de contenido de humedad.  
Fuente: Elaboración propia

el material seguía siendo maleable como al principio de la prueba, pero su color se tornó más oscuro. En la figura 32 podemos ver las probetas antes de ser secadas y en la figura 33 después de ser secadas. Se puede observar la tabla con los valores en detalle en el anexo 2.

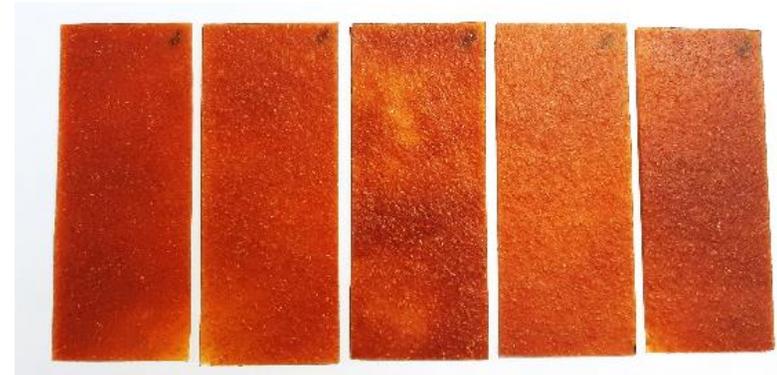


Figura 33. Probetas de 40x100 mm después de ser sometidas al proceso de secado en deshidratadora en prueba de contenido de humedad.  
Fuente: Elaboración propia

## 6.2.2 Resultado absorción de agua y espesor de hinchamiento

Las pruebas de absorción de agua y espesor de hinchamiento se realizarán de forma simultánea a las mismas probetas. Se utilizaron 5 probetas de 40x100 mm y en promedio las muestras pasadas las 24 hrs absorbieron 533,4% y tuvieron un hinchamiento de 230,06%, pesar de los resultados, donde la cantidad de agua absorbida por el material es alta, el material una vez que se sacó del agua seguía conformado de madera integra, pero al dejarlo secar solo en una placa este perdió toda la humedad absorbida y se secó quedando duro y disminuyendo su tamaño a la mitad, adquiriendo ondas. En la figura 34 podemos observar las probetas cuando recién fueron sumergidas en agua, en la figura 35 podemos ver las probetas de izquierda a derecha siendo las primeras después de 10 minutos de haber sido sacadas a las 24 hrs de sumergidas, en la del medio después de 24 horas de haber sido sacadas y en la de la derecha después de 48 hrs. Se pueden revisar los valores finales en el anexo 3.



Figura 34. Probetas de 40x100 mm recién ingresadas en agua para prueba de absorción y espesor de hinchamiento.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Probetas sometidas a prueba de absorción y espesor de hinchamiento. Fotografías sacadas a los 10 minutos, 24 hrs y 48 hrs de ser retiradas del agua  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Pruebas de trabajabilidad

Estas pruebas serán evaluadas por medio de una inspección visual la cual evaluará el acabado de la superficie por medio de dos factores; desgranamiento y marca de la herramienta.



Figura 36. Fotografía prueba de corte con cartonero.  
Fuente: Elaboración propia

#### 6.3.1 Corte Cuchillo cartonero de ángulo de 30°

Esta prueba se desarrolló cortando probetas de forma transversal con un corta cartón, Se observó que el material se comportó satisfactoriamente a los cortes, sin dejar marcas en el corte como se observa en la figura 36.



Figura 37. Fotografía de prueba de corte con tijera recta.  
Fuente: Elaboración propia

#### 6.3.2. Corte tijera de filo recto

En esta prueba se hicieron cortes transversales con una tijera la cual es empleada en usos cotidianos, se observa un buen desempeño del material, el cual no opuso resistencia a la hoja de la tijera, y no se observan marcas de la herramienta como podemos ver en la figura 37.



Figura 38. Fotografía de prueba de corte con tijera zigzag.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.3 Corte tijera zig zag

En esta prueba se realizaron cortes sucesivos con una tijera zig zag hasta cortar en su totalidad las probetas, los resultados obtenidos fueron favorables, el material opuso la resistencia suficiente para que los cortes fueran limpios, sin marcas de la tijera, los resultados se pueden observar en la figura 39.



Figura 39. Fotografía prueba de corte y grabado láser.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.4 Corte y grabado CNC láser

Con esta herramienta se hicieron pruebas de grabado y corte, La prueba de grabado tubo resultados positivos, al igual que las pruebas de corte, permitiendo manejar los parámetros para cortadora de 60W. Los resultaos se pueden ver en la figura 39.

Parámetros corte: Vel 12 m/s / Pot 20

Parámetros grabados: Vel 12 m/s / Pot 10



Figura 40. Fotografía de pruebas de perforado con sacabocado y perforadora.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.5 Perforado

Para las pruebas de perforado se utilizó un sacabocado de 3 y 4 mm y perforadora de escritorio, una vez realizadas las perforaciones el material se estiro en ese lugar para ver como reaccionaba la muestra, se observan resultados favorables, perforaciones limpias, sin residuos como observamos en las figura 40.

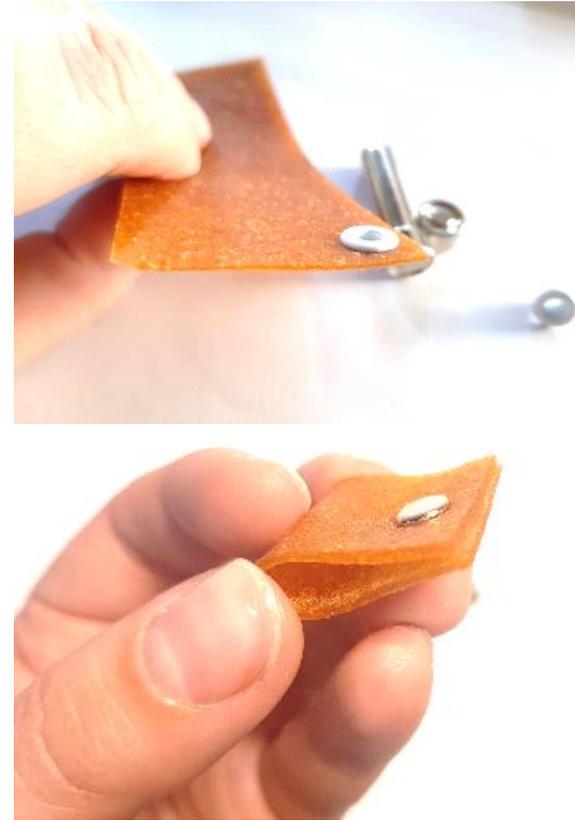


Figura 41. Fotografías de pruebas de inserción de ojales y remaches.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.6 Inserción de ojales metálicos y remaches

Para esta prueba de forma previa se desarrollaron perforaciones en el material con sacabocado para luego insertar y aplicas los ojales y remaches, los resultados fueron positivos, las aplicaciones quedaron bien puestas. Como podemos observar en la figura 41 que compila fotografías de los resultados.

### 6.3.7 Cocer

La prueba de cocer se realizará con una maquina recta y una maquina overlock, se realiza una costura con dos capas de bio-textil símil al cuero. Como se observa en las figuras 42 y 43 presentadas las maquinas no tuvieron problema para cocer dos capas del material de 2mm, en ambos casos se presenta una costura limpia, por lo que se podría considerar este medio sin problema para unir el material.

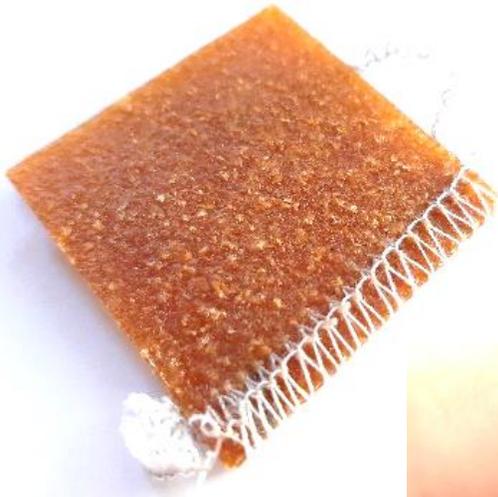


Figura 42. Fotografías pruebas de cocer con maquina overlock  
Fuente: Elaboración propia



Figura 43. Fotografías pruebas de cocer con maquina recta.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.8 Coloración

Para la prueba de coloración en una primera instancia se alteró el procedimiento de código abierto, remplazando el agua desmineralizada por agua que se utilizó para cocer beterragas, utilizando esta agua como tinte natural. Como se observa en la imagen superior de la figura 44, el cambio de color es poco perceptible, se estima que el ph de las cascaras de tomate neutralizaron el color morado.

Por lo que en una segunda etapa se adhirió anilina natural a la mezcla, observando resultados positivos, colores fuertes, pero siempre hay que considerar que el color variara en función de la base del material y el color del tomate, se realizaron muestras en un solo color y una muestra con variaciones de color en una sola pieza, cabe destacar que esta mezcla de colores funciona bien, a pesar de ser dos mezclas. En la figura 45 se puede ver toda la gama de colores; la pieza con mezcla de colores, aplicación de anilina roja y azul, tinta de beterraga y el color natural.

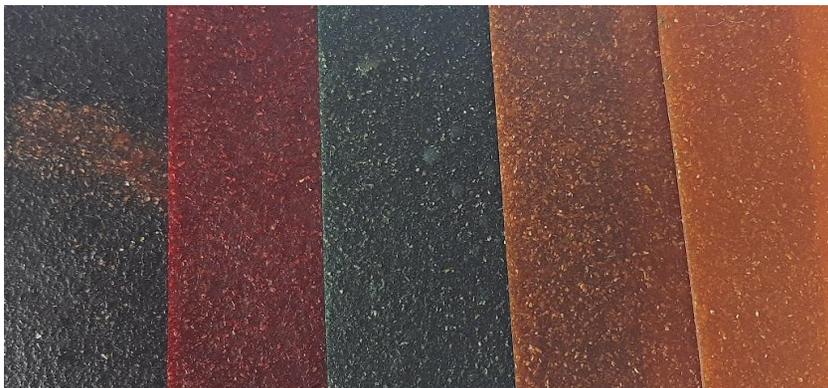


Figura 44 Fotografía prueba de color; patrón de color a negro y natural, rojo anilina, azul anilina, agua de beterraga y natural.  
Fuente: Elaboración propia

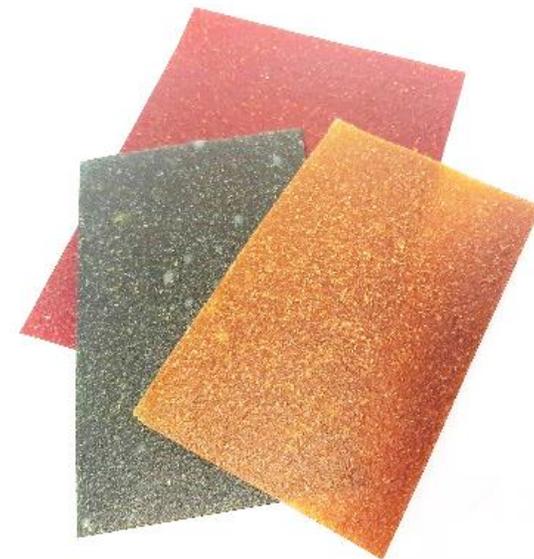


Figura 45. Fotografías prueba de color, con tinte de beterraga, patrón negro y natural, tintes anilina rojo y azul.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.3.9 Moldeabilidad

Para la prueba de moldeabilidad se realizan procesos iterativos de moldaje, como objetivo principal se esperaba poder generar un molde de paraboloides hiperbólicos y una semiesfera. Una vez los moldes estuvieran listos el siguiente paso era extender la mezcla antes de ser calcificada para observar si al secarse esta mantiene la forma.

Como primera instancia se realizaron moldes por medio de la fabricación 3D, estos fueron modelados en Inventor para posteriormente ser impresos. Se puede observar el proceso de fabricación en la figura 46. Los resultados de esta primera fase no fueron los esperados, el molde de paraboloides hiperbólicos no se consiguió imprimir por completo, esto debido a dificultades con el modelo, ya que se desprendía de la cama de la impresora, a pesar de utilizar “raft” de distintos tamaños, por lo que no se le aplicó la mezcla descartándolo, podemos observar el resultado en la figura 47. El molde de semiesfera se obtuvo sin problema, pudiendo realizar una prueba en él, la cual obtuvo como resultado una pieza con una forma poco definida. Esto debido a que el molde se tuvo que abrir para permitir que

la mezcla se calcificara y posteriormente se secase, se fueron turnando las caras de secado, el molde y su resultado son expuestos en la figura 48. De este proceso se considera descartar los moldes de polímero, debido a la naturaleza del material y sus requerimientos de secado.

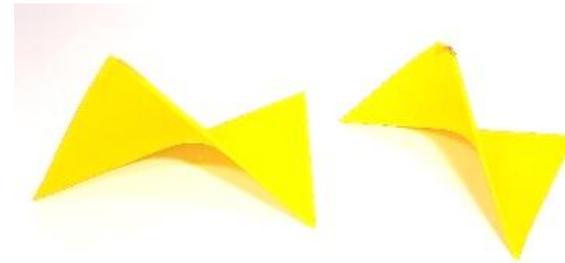


Figura 47. Moldes impresos en 3D paraboloides hiperbólicos.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Resultado prueba de conformado de semiesfera y molde impreso en 3D.  
Fuente: Elaboración propia

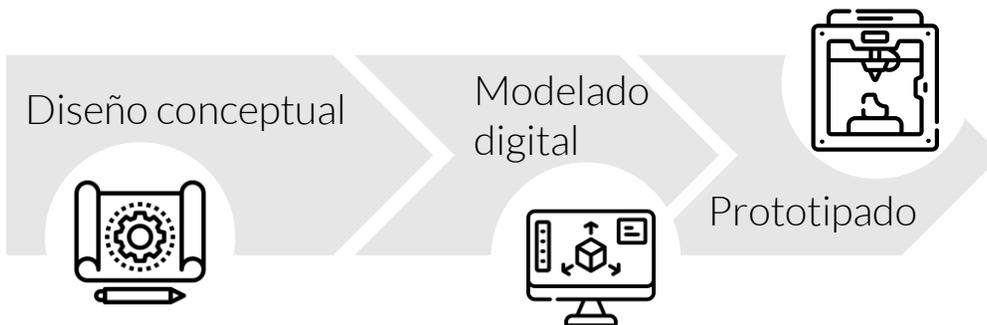


Figura 46. Diagrama de fabricación de moldes impreso en 3D.  
Fuente: Elaboración propia

En un segundo proceso de moldeabilidad, se probó con moldes que permitieran mayor ventilación. El de forma de semiesfera se sustituye por un colador de metal, aplicando la mezcla en primera instancia en la parte interior del molde, donde el proceso de secado no fue el óptimo y el material generó hongos, podemos ver los resultados en la figura 49, donde se aplicó mezcla teñida con pigmentos negros de anilina.



Figura 49. Fotografía de Prueba de conformado semiesfera en colador.  
Fuente: Elaboración propia

A raíz de lo sucedido se opta por aplicar la mezcla en la parte exterior del colador, obteniendo un resultado mucho más limpio y más definido en forma que con el molde impreso, es una superficie que mantiene la forma, pero al aplastarla con el dedo esta se hunde. En la secuencia de imágenes de la figura 50 podemos observar la aplicación y posterior resultado del proceso.



Figura 50. Fotografía Segunda prueba de conformado semiesfera en colador.  
Fuente: Elaboración propia

Para el molde de paraboloides hiperbólicos se construyó una estructura de alambre moldeando la forma, para luego ser cubierta con una capa de velo la cual se adhirió con hilos a los bordes, dejando el velo bien tirante para que mantenga la forma deseada, podemos observar el molde en la figura 51. Una vez listo se aplicó la mezcla y se calcificó, se dejó secar y se obtuvieron resultados favorables, la mezcla se secó sin problema y se pudo desmoldar, como resultado se obtuvo una lámina que a simple vista mantiene una forma, pero debido a lo delgado del material este no es tan perceptible, se puede notar que no es plano, pero al dejarlo sobre una superficie plana la forma no es definida, solo gana movimiento, se pueden observar los resultados en la figura 52.

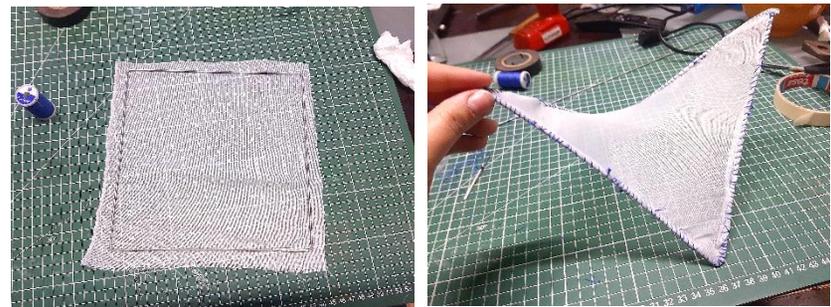


Figura 51. Fotografía proceso de fabricación molde de tela paraboloides hiperbólicos  
Fuente: Elaboración propia

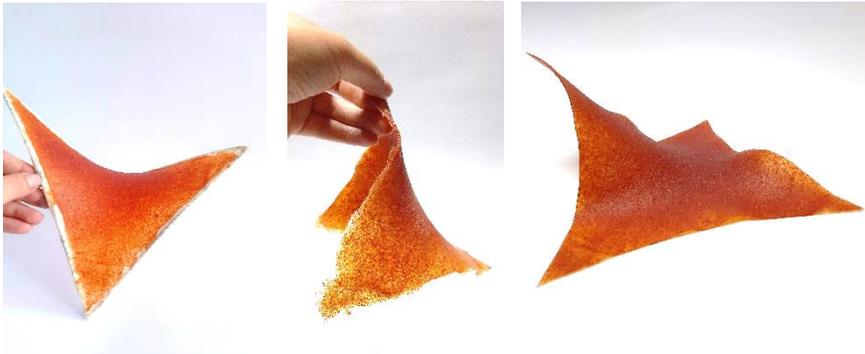


Figura 52. Fotografía resultados prueba de conformación en molde de tela para parabolóide hiperbólico.  
Fuente: Elaboración propia

En paralelo con la ayuda de un bastidor con velo y una pieza termoformada en polímero, pieza obtenida del packaging de unos audífonos, la cual fue perforada con la ayuda de una aguja, con el fin de permitir la ventilación y calcificación de la pieza por ambos lados. Se adhirió al velo con la ayuda de un elástico y cociendo los cuatro extremos como se observa en la figura 53.



Figura 53. Fotografía proceso prueba de moldeabilidad con bastidor y pieza de polímero  
Fuente: Elaboración propia

Este molde permitió extender la mezcla y obtener una figura en relieve que se puede observar en la figura 54, donde se mantuvo la forma, pero al igual que el molde de semiesfera al aplastarlo este se hunde. Esta técnica fue inspirada del proyecto “Molding Fabrics” que por medio de la fabricación digital intentan darle volumen a una pieza de cuero animal (Fabtextiles, 2015).



Figura 54. Fotografía resultados prueba de moldeabilidad con bastidor y pieza de polímero.  
Fuente: Elaboración propia

Como ultima iteración a ese mismo molde se optó por generar uno que mantuviera esta forma, pero solo de tela. Para lo cual con la ayuda de máquina de cocer se genera un prisma rectangular sin la cara superior, que después fue adherido al resto de la tela también con la ayuda de la maquina de cocer como podemos ver en la figura 55, para poder mantener la forma del molde se pusieron tensores a las puntas del prima, para que cuando la mezcla comenzara a

secarse esta no se encogiera, como se ve en la figura 56. Obteniendo los resultados expuestos en la figura 57, donde se ve que el resultado no fue optimo, esto debido a que el nivel de encogimiento de la mezcla fue mayor a la resistencia que opuso el molde, no se aprecia la forma que esperábamos a partir del

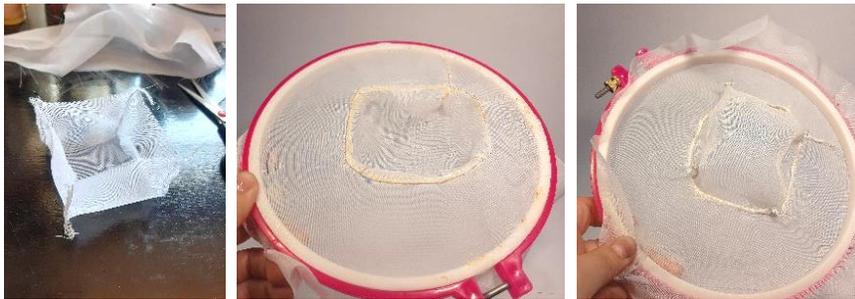


Figura 55. Fotografía molde con prisma rectangular en tela.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 56. fotografía proceso de secado molde con prisma rectangular en tela.  
Fuente: Elaboración propia

molde, pero si podemos observar que mantuvo una forma en tres dimensiones, con una profundidad de al menos un centímetro.



Figura 57. fotografía resultados de molde con prisma rectangular en tela.  
Fuente: Elaboración propia

## 6.4 Caracterización sensorial

### 6.4.1 Ensayo sensorial

Se realizó una prueba sensorial en base a al paper de Elvin Karara, titulado “Characterization of ‘natural’ and ‘high-quality’ materials to improve perception of bioplastics”. Esta prueba sensorial nos podría permitir determinar de mejor forma en cual área el material se desempeñaría de mejor forma y cuál es la percepción que tendrían el posible usuario al conformar un producto.

Esta prueba se realizó entregándoles una muestra del biomaterial, el cual debían observar, tocar, interactuar con él, para después responde una matriz de términos contrarios con resultados que podemos observar en la figura 58.

Este diagrama muestra en resumen un conjunto de todas las respuestas de los encuestados. En color negro se marcan las respuestas que mayor coincidencia tuvieron y el color va degradando a medida que bajaban. Donde como mayores atributos rescatamos que lo consideraron como un material blando, áspero, que no refleja, no es elástico, pero si flexible.

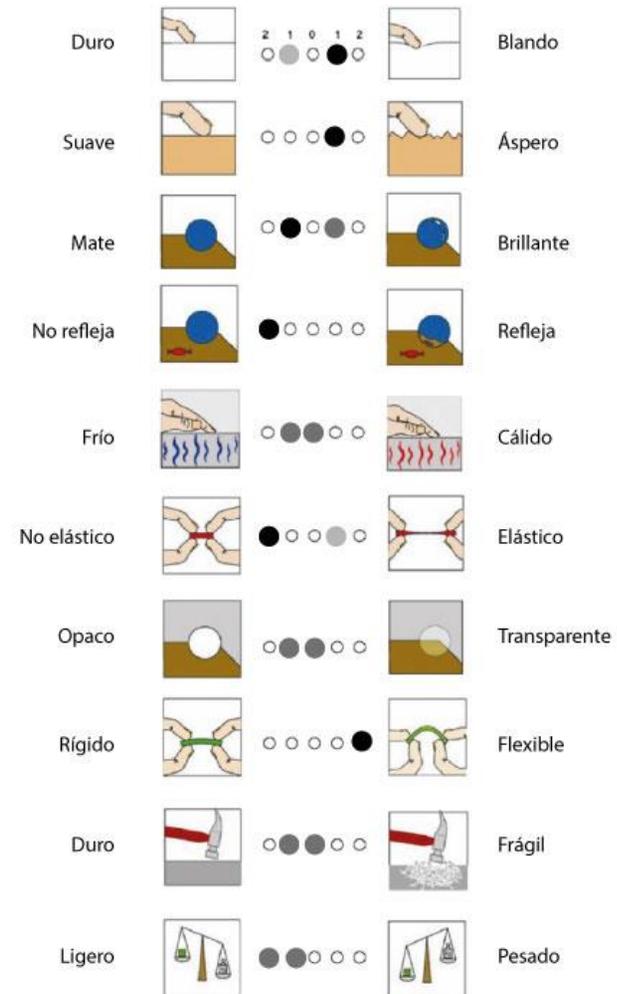


Figura 58. Matriz con resultados más destacados en el proceso de ensayo sensorial.

Fuente: Elaboración propia

## 6.5 Ciclo de vida

Como proceso de diseño se quiere determinar el ciclo de vida del material, sabemos de dónde parte y por su naturaleza, sabemos que se degradará, pero pusimos a prueba esta característica para determinar cómo avanza este proceso.

### 6.5.1 Solubilidad

Esta prueba se desarrolló de dos maneras, en una primera instancia se dejaron probetas en agua en reposo y al observar que con los días transcurridos no se veían grandes cambios, se optó por realizar la prueba con agua en movimiento.

#### 6.5.1.1 Pruebas en agua en reposo

Materiales:

Recipientes transparentes, agua, muestras de bio-textil

Se sometieron 4 probetas, dos de 20x20 mm y dos de 40x40 mm. Las probetas después de 45 días en el agua permanecen aún constituidas, se hincharon en algunas partes, tomaron un color más claro y el agua se puso turbia con sedimentos muy pequeños. No hubo mayor diferencia entre las muestras pequeñas y las grandes. En la figura 59 podemos ver las probetas sumergidas y también una de las piezas de 40x40 transcurridos los 45 días.



Figura 59. Fotografía proceso y resultado prueba de solubilidad en agua en reposo.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.5.1.2 Prueba de agua en movimiento

Materiales:

Recipiente transparente, motor de acuario, agua, muestra de bio-textil

Se introdujo solo una probeta de 40x40 mm durante 5 días, esta no se desintegro en ninguna de sus partes, se hincho en algunos lugares y el agua se puso turbia, la turbiedad fue aumentando al pasar los días, se logra ver presencia de un hongo en forma de puntos negros, en comparación a las probetas que estuvieron en reposo, esta agua se puso turbia mucho mas rápido, estimando que el movimiento ayuda a la desintegración de esta. En la figura 60 se observa el procedimiento realizado y en las figuras 61 podemos ver la secuencia de fotografías tomadas durante 5 días al proceso.

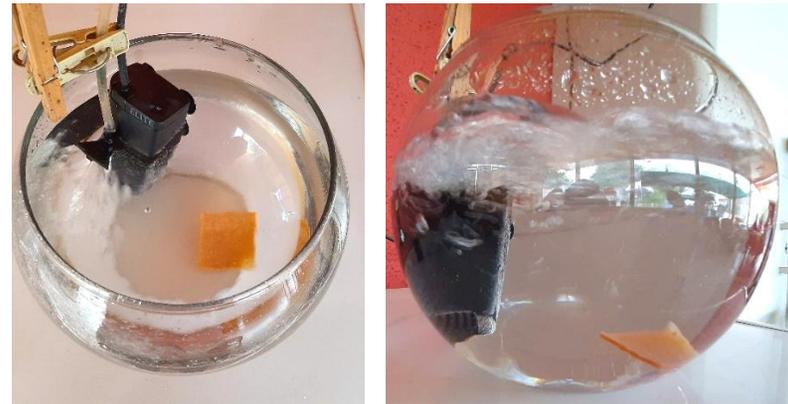


Figura 60. Procedimiento de prueba de solubilidad en agua en movimiento.  
Fuente: Elaboración propia

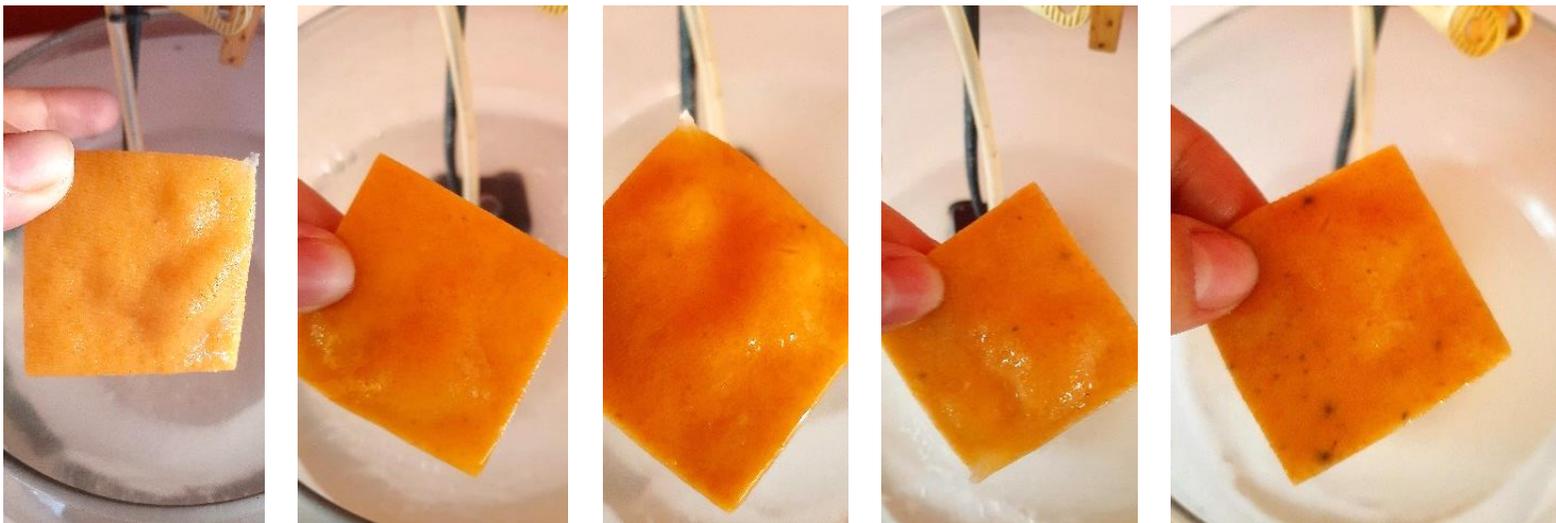


Figura 61. Fotografía resultados prueba de solubilidad en agua en movimientos. Fotografías tomadas una vez al día durante 5 días.  
Fuente: Elaboración propia

## 6.5.2 Degradamiento

Materiales:

Macetero de 20 cm de diámetro, tierra, probetas de bio-textil.

Para esta prueba, se colocó tierra a un macetero hasta la mitad, luego se pusieron cuatro probetas, dos de 20x20 mm y dos de 40x40 mm, se les amarró un hilo blanco en una de las puntas, para de ese modo poder ser encontradas en el macetero y se cubrieron con dos centímetros de tierra. Se fueron observando una vez por semana, se pasan por agua para poder ver en detalle los resultados. El macetero se riega una vez por semana para mantener la humedad en la tierra, como se desarrollaría en condiciones normales. El tiempo transcurrido en esta prueba fue de 45 días. En la figura 62 podemos observar en detalle el resultado de esta experiencia y en la figura 63 podemos ver la secuencia de imágenes capturadas una vez por semana desde el día uno antes de ser tapadas las probetas.



Figura 62. Resultado prueba de degradamiento después de 45 días.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 63. Fotografías prueba de degradamiento, tomadas una vez por semana durante 45 días.  
Fuente: Elaboración propia

## **Conclusiones y proyecciones**

### **Propuesta estética funcional**

Se propone como primera proyección a corto plazo para dar un cierre a esta primera etapa de caracterización utilizando las habilidades del material vegetal para plantear propuestas estéticas funcionales. Todas las pruebas de trabajabilidad entregaron resultados favorables, lo que permitiría poder trabajar el biometarial como un biotextil con naturaleza similar al cuero animal.

### **Ensayos mecánicos**

Se espera poder realizar pruebas de mecanizado con el fin de poder familiarizarlo a otros elementos gracias al diagrama de Ashby. Se esperaba poder desarrollar estas pruebas en esta etapa de la investigación, pero debido a la crisis sanitaria que vive el país, se debió postergar. Estas se realizarían en el Laboratorio de Investigación y Control de Calidad en Textiles y Cueros (LICTEX), ubicado en la Universidad de Santiago de

Chile. En conversaciones con María Neira en el mes de Agosto, encargada del laboratorio, hizo referencia en que no existía inconvenientes en realizar las pruebas allá, una vez se controlara la emergencia sanitaria y el laboratorio comenzara con su funcionamiento normal. Se estuvo en reiterados contactos con ella, para saber de la evolución del laboratorio, pero fue imposible poder asistir debido a las restricciones que mantenía la universidad. Se mantiene la opción de poder asistir a futuro cuando el LICTEX entre en funcionamiento normal.

Dentro de lo conversado con la encargada se planteó realizar cuatro pruebas, una de resistencia a la fatiga; midiendo la flexión de bio-textil, el cual consiste en someter 5 probetas de 150x150 mm a reiterados dobleces en una misma zona. Para esta prueba se usaría de parámetro la comparación con una pieza de cuero natural.

La segunda prueba de desgaste de material (frote), para esta prueba se someterán 5 probetas de 150x150 mm, siendo frotadas contra una superficie porosa, de parámetro se usará la comparación con piezas de cuero natural.

Una tercera prueba de coloración, exponiendo probetas de 150x150 mm a una luz UV la cual demostrara su nivel de desgaste.

Y como cuarta prueba, medir su resistencia a la tensión con la ayuda de la maquinaria necesaria.

## **Divulgación y transferencia del conocimiento**

Dentro de las proyecciones del proyecto se encuentra el poder difundir el conocimiento y la experiencia, compartir la metodología de trabajo y fomentar el uso de recursos locales.

### **Instagram**

Actualmente las redes sociales son utilizadas como escenario para investigaciones de diseño, siendo Instagram una de las plataformas donde los diseñadores exponen sus portafolios, investigaciones y proyectos. Aprovechando este movimiento se proyecta desarrollar una cuenta en esta plataforma para visualizar y difundir procesos y resultados de este proyecto.

### **Materiom**

Otra plataforma de difusión podría ser Materiom.org, donde diferentes autores exponen sus recetas de origen natural, esperando ser utilizadas por otras personas siempre realizando los reconocimientos necesarios al autor. Se considera que este

sería un buen medio para mostrar los resultados obtenidos de esta variación de receta. Para ellos se espera a futuro poder contribuir a la biblioteca de recetas haciendo uso del formulario que disponen en su web.

## **Conclusiones**

### **Conclusión y análisis.**

Hoy en día nuestra sociedad se enfrenta a un desafío ambiental, el cual debemos remediar de la mano de la innovación, volcarnos hacia una cultura sustentable, que se cuestionen la procedencia y procesos de fabricación antes de adquirir o usar un producto. Entender que los biomateriales son una alternativa que cada día adquiere más valor, gracias a su proceso regenerativo, que nos permite adquirirlos desde la tierra y devolverlos a la misma como nutrientes.

Tonato surgió como un proyecto de investigación práctica, con la finalidad de poder acercar un procedimiento de código abierto para la fabricación de un bioplástico con aspecto estético de cuero vegetal. Valorizando el uso de residuos como materias primas, dentro de la investigación se limitan las variables centrándose solo en un tipo de residuo; las cascaras de tomate, pero dejando las puertas abiertas para próximas exploraciones para el uso de diferentes desperdicios.

Este proceso me permitió crecer dentro de mi disciplina, explorar áreas que desconocía, materializar ideas, resolver problemáticas, relacionarme con procesos y personas que fueron colaborando en mis conocimientos.

Finalmente, cabe mencionar que todo el proceso plasmado en

esta memoria no solo se realizó con fines académicos, si no también con las ansias de alimentar mi curiosidad y descubrir capacidades, me vi muchas veces complicada por el contexto pandemia, pero el poder ir resolviendo complicaciones y ver todo el avance alcanzado en este proyecto me llena de ansias de seguir formándome como diseñadora.

## Referencias

---

- ARCADIS. (s,f). Reciclo Orgánicos. Retrieved from <https://www.reciclorganicos.com/es/>
- Consortio Provincial de Residuos Sólidos Urbano, R. (s,f). Residuos orgánicos. Retrieved from <http://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos#:~:text=Los%20residuos%20org%C3%A1nicos%2C%20son%20biodegradables,restos%20vegetales%20de%20origen%20domiciliario.>
- Fabtextiles. (2015). Molding Fabrics. Retrieved from <http://fabtextiles.org/molding-fabrics/>
- Flaño, A. (2015). El mercado del tomate para consumo fresco. In: Oficina de estudios y políticas agrarias.
- Goyeneche, S. (2018). Cuero natural v/s cuero sintético. Universidad de Palermo, Argentina.
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., Allendes, M., Abarca, P., Felmer, S., . . . Sepúlveda, P. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre.
- Hernández-Carmona, G., Rodríguez-Montesinos, Y. E., Arvizu-Higuera, D. L., Reyes-Tisnado, R., Murillo-Álvarez, J. I., & Muñoz-Ochoa, M. (2012). Avances tecnológicos en la producción de alginatos en México. Ingeniería, investigación y tecnología, 13, 155-168.
- IFOP. (2008). Cochayuyo y huíro. Retrieved from
- INE. (2018). VIII Encuesta de Presupuestos Familiar Retrieved from
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw van der Laan, A. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. International Journal of Design, vol 9.
- LABVA. (s,f). Laboratorio de Biomateriales Valdivia. Retrieved from <https://www.labva.org/somoslabva/>
- Materiom. (2018). Libro de recetas de la naturaleza. Retrieved from <https://materiom.org/>

McDonough, W., & Braungart, M. (2005). Cradle to cradle = (de la cuna a la cuna) : rediseñando la forma en que hacemos las cosas (1a. ed. en español. ed.). Madrid: McGraw-Hill.

Méndez, R., Vidal, G., Lorber, K. E., & Márquez, F. (2007). Producción limpia en la industria de curtiembre (U. d. S. d. Compostela Ed.).

Ministerio del Medio Ambiente, M. (2014). Ecodiseño: un concepto fundamental para un desarrollo armónico y sostenible. Retrieved from <https://mma.gob.cl/ecodiseno-un-concepto-fundamental-para-un-desarrollo-armonico-y-sostenible/>

OCEANA. (2019). Conociendo los recursos marinos de Chile: Las Macroalgas. Retrieved from <https://chile.oceana.org/blog/conociendo-los-recursos-marinos-de-chile-las-macroalgas>

Ochoa, N. (2017). Estudio sobre la evaluación y análisis de las características físico-mecánicas y apreciativas de un biopolímero conformado de micelio de hongo ostra y desechos de mimbre. Memoria (diseñador industrial)-- Universidad de Chile, 2017., Santiago.

Parodi, D. (2016). Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez. Memoria (diseñador industrial)-- Universidad de Chile, 2016., Santiago.

Real Academia Española, R. (Ed.) (s.f) (Vols. versión 23.3 en línea).

RedHat. (2020). ¿Qué es el open source? Retrieved from <https://www.redhat.com/es/topics/open-source/what-is-open-source>

Stupenengo, F. (2011). Materiales y materias primas (Vol. Materiales compuesto, Capítulo 10 ).

ToolBox, E. (s.a). Densidad de solidos. Retrieved from [https://www.engineeringtoolbox.com/density-solids-d\\_1265.html](https://www.engineeringtoolbox.com/density-solids-d_1265.html)

Wulff, A. (2018). BIOCUERO: desarrollo de un biotextil hidrófugo que no dañe el planeta. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

## Anexos

---

### Anexo 1: Densidad

Probetas de 20x20 mm	m	V	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
P1	0,4 g	0,48 cm <sup>3</sup>	833
P2	0,4 g	0,52 cm <sup>3</sup>	769
P4	0,3 g	0,40 cm <sup>3</sup>	750
P5	0,3 g	0,36 cm <sup>3</sup>	833

### Anexo 2: Contenido de humedad

Probetas de 40x100 mm	W1	W2	% contenido de humedad
P1	5,9 g	5,4 g	9,26
P2	6,0 g	5,5 g	10,91
P3	5,0 g	4,5 g	11,11
P4	6,1 g	5,6 g	8,93
P5	6,6 g	6,0 g	10

### Anexo 3: Espesor de hinchamiento

probetas de 40x100 mm	Condición inicial W1(g)	Condición final pasada 2 horas W2 (g)	% absorción de agua pasadas 2 horas	Condición final pasada 24 horas W2 (g)	% absorción de agua pasadas 24 horas
P1	6,6	29,3	343	37,4	466,6
P2	6,2	31	400	42,1	579
P3	4,9	21,8	344	22,3	355,1
P4	5,6	27,8	396	42,4	657,1
P5	6,6	29,5	346	46,7	607,6

tonato

Materia vegetal

