
MATERIAL BIOBASADO

RESIDUOS DE LA FIBRA TEXTIL VEGETAL DE ALGODÓN MÁS RESIDUOS DE POSCONSUMO DOMICILIARIO
AGLOMERADOS CON MICELIO DE HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS*

Memoria para optar al título profesional de Diseñadora Industrial

Autora: Francisca Zamora Espinoza
Profesora Guía: Andrea Wechsler Pizarro
Año 2021





AGRADECIMIENTOS

A la naturaleza por entrelazar ~ nos.



RESUMEN

El proyecto presentado a continuación tiene como propósito la creación de un material biobasado conformado por fibras de algodón y micelio de hongo, en esta oportunidad *Pleurotus ostreatus*.

La industria textil es la segunda más contaminante a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas), siendo la fibra de algodón la más producida y consumida ya que representa el 90% de las fibras naturales utilizadas y el 40% de las prendas elaboradas a nivel mundial (Fashion Revolution, 2015). Se destacan dos puntos importantes: el primero es que una sola fábrica puede generar desde un 5% hasta 25% de residuos textiles pre-consumo en su producción anual total (Fashion Revolution, 2015) y el segundo es que la industria textil recicla tan solo el 1% de lo que produce, por lo tanto, cada segundo se quema un camión repleto de ropa desechada (Fundación Ellen MacArthur, 2017).

A partir de los datos descritos en el párrafo anterior se decide trabajar con desechos textiles de algodón, para fines de este proyecto se escoge la crea cruda por ser una tela 100% algodón, que no posee estampados, tintes ni blanqueamiento; a fin que se pueda trabajar la fibra lo más pura posible y que el micelio pueda crecer con mayor facilidad.

La elección de trabajar con micelio se debe a que es un aglomerante natural que tiene la capacidad de crecer en variados sustratos. Si bien la mayoría de los sustratos utilizados con micelios proceden de las agroindustrias, en este proyecto experimental se propone utilizar un sustrato proveniente de la industria textil como lo es la fibra de algodón, con el fin de explorar y expandir el uso de nuevos sustratos, así como potenciar y ampliar las capacidades que posee el micelio.

Pleurotus ostreatus es seleccionado por ser un hongo territorial, es decir, perteneciente a la Región Metropolitana y por degradar celulosa, principal componente del algodón.

El proceso llevado a cabo es de manera exploratoria y a su vez experimental, en el cual se busca crear y establecer un proceso de elaboración para el desarrollo del material biobasado; de manera de caracterizar el material a través de ensayos, pruebas y moldeados para finalmente aplicarlo dentro del área del diseño a partir de una propuesta de aplicación del material biobasado.

Finalmente, se logró conformar un material biobasado a base de residuos textiles de crea cruda y residuos de posconsumo domiciliario aglomerados con micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*. El material biobasado conformado posee propiedades, tales como: contracción post inhibición, baja densidad, estabilidad dimensional a la humedad, degradación en tierra, permite el corte y grabado láser, perforado con punzón, teñido natural, moldeo por compactación; siendo un material ligero, natural, artesanal y sostenible.

Palabras claves: Material biobasado, fibras de algodón, industria textil, crea cruda, micelio, *Pleurotus ostreatus*, residuos de posconsumo domiciliario.





CONTENIDO

INDICE FIGURAS

ÍNDICE TABLAS

INTRODUCCIÓN

Objetivos

Objetivo general

Objetivos específicos

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 (Re)Establecer el equilibrio entre
ser humano y la naturaleza

1.1.1 Ecología industrial y desarrollo sostenible

1.1.2 Economía circular

1.1.3 Estrategias ambientales

1.1.4 Criterios para el desarrollo de un material sostenible

1.2 Industria textil

1.2.1 Fast fashion

1.2.2 Residuos textiles

1.2.3 Fibras textiles

1.3 Fibra de algodón

1.3.1 Cultivo del algodón y post proceso

1.3.2 Análisis del ciclo de vida

1.3.3 Composición química

1.3.4 Crea cruda

1.4 Reino Fungi

1.4.1 ¿Qué es un hongo?

1.4.2 Crecimiento

1.4.3 Reproducción y ciclo de vida

1.4.4 Elección del hongo

1.5 *Pleurotus ostreatus*

1.5.1 Características

1.5.2 Crecimiento

1.5.3 Etapas del cultivo *Pleurotus ostreatus*

1.6 Estado del arte

1.6.1 Mushroom materials

1.6.2 Materiales de residuos textiles

CAPÍTULO II: MÉTODOS

2.1 Primer objetivo: desarrollo del material biobasado

2.2 Segundo objetivo: caracterización del material
biobasado

2.3 Tercer objetivo: validación del material biobasado

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1 Primer objetivo: desarrollo del material biobasado

3.1.1 Consideraciones a seguir

3.1.2 Proceso de elaboración

3.2 Segundo objetivo: caracterización del material
biobasado

3.3 Tercera objetivo: Validación del Material Biobasado

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

GLOSARIO

LISTA DE REFERENCIA

ANEXOS

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Sobregiro ecológico 2020. Fuente: Greenpeace.

Figura 2. Las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

Fuente: Elaboración propia basada en (Ashby, 2015).

Figura 3. Diagrama de sistema de la economía circular. Fuente:

Elaboración propia basada en (Ellen MacArthur Foundation).

Figura 4. Criterios para el desarrollo de un material sostenible.

Fuente: Elaboración propia basada en (Frosh y Gallopoulos, 1989, Garner y Keoleain 1995, Pardavé, 2007, Vezzoli, 2014 y Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Figura 5. Residuos textiles. Fuente: InfoDiario

Figura 6. Clasificación de las fibras textiles. Fuente: Elaboración propia basada en (Lockuán, 2013).

Figura 7. Composición química del algodón. Fuente:

Elaboración propia basado en (Lockuán, 2013).

Figura 8. Reino Fungi. Fuente: Fungitivo.

Figura 9. Parte de un hongo. Fuente: Fungitivo.

Figura 10. Ciclo de vida de un hongo. Fuente: Fungitivo.

Figura 11. Pleurotus ostreatus encontrado en el hospital clínico de la Universidad de Chile. Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Crecimiento. Fuente: Fungitivo.

Figura 13. Etapas del cultivo del hongo Pleurotus ostreatus.

Fuente: Elaboración propia basada en (Guzmán et al., 1993).

Figura 14. MycoTEX. Fuente: Neffa

Figura 15. Ecovative Design. Fuente: Ecovative Design

Figura 16. MYX. Fuente: Jonas Edvard.

Figura 17. MycoWorks. Fuente: MycoWorks.

Figura 18. Mycelium Chair. Fuente: Dezeen.

Figura 19. Officina Corpuscoli. Fuente: Corpuscoli.

Figura 20. Grown Structures. Fuente: MaterialDistrict.

Figura 21. Living cocoon. Fuente: Dezeen.

Figura 22. Mylo. Fuente: Bolt Threads.

Figura 23. Kuo Duo. Fuente: MaterialDistrict.

Figura 24. Myconoe. Fuente: NBC News.

Figura 25. Radial Biomateriales. Fuente: Radialbio.

Figura 26. Mycomaker. Fuente: Mycomaker.

Figura 27. Biofab UC. Fuente: Biofab.uc y elaboración propia.

Figura 28. Really. Fuente: kvadrat.

Figura 29. Mosevic. Fuente: Mosevic.

Figura 30. Demodé. Fuente: Bernadita Marambio.

Figura 31. Ecocitex. Fuente: Ecocitex.

Figura 32. Trituración del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Olla a presión con rejilla. Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Placa petri inoculada con micelio de hongo Pleurotus ostreatus. Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Incubación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Recipientes plásticos utilizados de molde . Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Horno eléctrico utilizado. Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Limpieza del grano. Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Cocción del grano. Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Esterilización frascos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Inoculación e incubación. Fuente:Elaboración propia

Figura 42. Corte y trituración del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Preparación del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Pasteurización del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Figura 45. Preparación área de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Inoculación del sustrato. Fuente: Elaboración propia.
Figura 47. Moldear el sustrato. Fuente: Elaboración propia.
Figura 48. Incubación. Fuente: Elaboración propia.
Figura 49. Sellado. Fuente: Elaboración propia.
Figura 50. Peso de muestras. Fuente: Elaboración propia.
Figura 51. Inhibición natural. Fuente: Elaboración propia.
Figura 52. Inhibición artificial. Fuente: Elaboración propia.
Figura 53. Muestras de porcentaje de contracción y densidad. Fuente: Elaboración propia.
Figura 54. Ensayo absorción de agua. Fuente: Elaboración propia.
Figura 55. Hinchamiento del espesor. Fuente: Elaboración propia.
Figura 56. Resistencia a la tracción perpendicular a la superficie. Fuente: Elaboración propia.
Figura 57. Ensayo de flexión. Fuente: Elaboración propia.
Figura 58. Ensayo degradabilidad. Fuente: Elaboración propia.
Figura 59. Ensayo de degradabilidad interior. Fuente: Elaboración propia.
Figura 60. Ensayo de degradabilidad exterior. Fuente: Elaboración propia.
Figura 61. Ensayo de biodegradación. Fuente: Elaboración propia.
Figura 62. Máquina láser. Fuente: Elaboración propia.
Figura 63. Muestra y arco de sierra utilizado. Fuente: Elaboración propia.
Figura 64. Muestra y tijeras de sastrería utilizada. Fuente: Elaboración propia.
Figura 65. Muestra y escofina utilizada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 66. Muestra y papel de lija grano 80. Fuente: Elaboración propia.
Figura 67. Muestra y taladro utilizado. Fuente: Elaboración propia.
Figura 68. Muestra y punzón utilizado. Fuente: Elaboración propia.
Figura 69. Muestra y aguja metálica para lana utilizada. Fuente: Elaboración propia.
Figura 70. Pigmentos vegetales. Fuente: Elaboración propia.
Figura 71. Procedimiento de tinción con cáscara de cebolla morada. Fuente: Elaboración propia.
Figura 72. Procedimiento de tinción con repollo morado. Fuente: Elaboración propia.
Figura 73. Procedimiento de tinción con cúrcuma en polvo. Fuente: Elaboración propia.
Figura 74. Muestras de tinción pre inhibición en horno eléctrico. Fuente: Elaboración propia.
Figura 75. Muestras de tinción post inhibición en recipiente. Fuente: Elaboración propia.
Figura 76. Moldes simples. Fuente: Elaboración propia.
Figura 77. Molde con textura. Fuente: Elaboración propia.
Figura 78. Moldes complejos. Fuente: Elaboración propia.
Figura 79. Diferencial semántico. Fuente: Elaboración propia basada en (Camere, S. y Karana, E., 2018).
Figura 80. Preguntas realizadas. Fuente: Elaboración propia basada en (Karana, E., et al., 2015).
Figura 81. Muestras utilizadas para la evaluación perceptual Fuente: Elaboración propia.
Figura 82. Pre-proceso de diseño. Fuente: Elaboración propia basada en (Ordoñez et al., 2012).

Figura 83. Estructura de información para el diseño de producto. Fuente: Elaboración propia basada en (Ashby, M. y Johnson, K. 2002).

Figura 84. Moodboard recipientes naturales. Fuente: Elaboración propia.

Figura 85. Propuesta formal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 86. Modelado propuesta escogida. Fuente: Elaboración propia.

Figura 87. Crea cruda. Fuente: Elaboración propia.

Figura 88. Inoculación sustrato. Fuente: Elaboración propia

Figura 89. Incubación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 90. Desechos de posconsumo domiciliario seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Figura 91. Grano de arroz colonizado. Fuente: Elaboración propia.

Figura 92. Inóculo (spawn). Fuente: Elaboración propia.

Figura 93. Resultados de elaboración del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Figura 94. Resultados Inoculación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 95. Muestra luego de dos semanas de moldeado. Fuente: Elaboración propia.

Figura 96. Muestra moldeado (superior) y sellado (inferior). Fuente: Elaboración propia.

Figura 97. Muestra a las 3 semanas de incubación. Fuente: Elaboración

Figura 98. Resultados inhibición natural. Fuente: Elaboración propia.

Figura 99. Resultados inhibición artificial. Fuente: Elaboración propia.

Figura 100. Resumen del proceso de elaboración del material biobasado. Fuente: Elaboración propia.

Figura 101. Resultados ensayo de absorción de agua e hinchamiento del espesor. Fuente: Elaboración propia

Figura 102. Ubicación material biobasado en el universo de los materiales. Fuente: CES Edu Pack.

Figura 103. Resultados degradabilidad en interior. Fuente: Elaboración propia.

Figura 104. Resultados degradabilidad en exterior. Fuente: Elaboración propia.

Figura 105. Resultados degradación en tierra. Fuente: Elaboración propia.

Figura 106. Resultados degradación en tierra MAC1. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 107. Resultados degradación en tierra MAC2. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 108. Resultados degradación en tierra MAC3. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 109. Resultados degradación en tierra MAC4. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 110. Resultados corte y grabado láser. Fuente: Elaboración propia.

Figura 111. Resultados corte con arco de sierra. Fuente: Elaboración propia.

Figura 112. Defectos generados a partir del corte con arco de sierra. Fuente: Elaboración propia.

Figura 113. Resultados corte con tijeras de sastrería. Fuente: Elaboración propia.

Figura 114. Defectos generados a partir del corte con tijeras de sastrería. Fuente: Elaboración propia.

Figura 115. Resultados lijado con escofina. Fuente: Elaboración propia.

Figura 116. Defectos generados a partir del lijado con escofina. Fuente: Elaboración propia.

Figura 117. Resultados lijado con papel de lija. Fuente: Elaboración propia.

Figura 118. Defectos generados a partir del lijado con papel de lija. Fuente: Elaboración propia.

Figura 119. Resultados perforación con taladro. Fuente: Elaboración propia.

Figura 120. Defectos generados a partir de la perforación con taladro. Fuente: Elaboración propia.

Figura 121. Resultados perforación con punzón. Fuente: Elaboración propia.

Figura 122. Defectos generados a partir de la perforación con punzón. Fuente: Elaboración propia.

Figura 123. Resultados perforación con aguja metálica para lana. Fuente: Elaboración propia.

Figura 124. Defectos generados a partir de la perforación con aguja metálica para lana. Fuente: Elaboración propia.

Figura 125. Resultados tinción pre-inhibición (superior) y post-inhibición (inferior). Fuente: Elaboración propia.

Figura 126. Resultados técnica Shibori. Fuente: Elaboración propia

Figura 127. Resultados moldes simples figuras geométricas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 128. Resultados moldes simples distintos espesores. Fuente: Elaboración propia.

Figura 129. Resultados moldes simples muestra contaminada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 130. Resultados moldes simples recipientes plásticos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 131. Resultados molde con textura. Fuente: Elaboración propia.

Figura 132. Resultados moldes complejos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 133. Resultados diferencial semántico. Fuente: Elaboración propia

Figura 134. Resultados estructura de información para el diseño de producto. Fuente: Elaboración propia.

Figura 135. Resultados brainstorming. Fuente: Elaboración propia.

Figura 136. Propuestas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 137. Propuesta formal. Fuente: Elaboración propia.

Figura 138. Modelado propuesta seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 139. Instrucciones de uso. Fuente: Elaboración propia.

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Resumen revisión de referentes. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Resumen de métodos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Primer objetivo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Segundo objetivo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Clasificación de defectos en mecanizado. Fuente: Elaboración propia basada en (Berlién J.C., 2008).

Tabla 6. Tercer objetivo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Matriz de Pugh. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Resultados inhibición natural masa y volumen. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Resultados inhibición artificial (volumen). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Ficha Técnica del material biobasado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Resultados porcentaje de contracción. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resultados porcentaje de contracción. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resultados ensayo absorción de agua. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Resultados del hinchamiento del espesor. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Resultados degradabilidad en interior (masa). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Resultados degradabilidad en interior (volumen). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Resultados degradabilidad en exterior (masa). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Resultados degradabilidad en exterior (volumen). Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Resultados degradación en tierra masa y volumen. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Evaluación de defectos generados por corte y grabado láser. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Evaluación de defectos generados por corte con arco de sierra. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Evaluación de defectos generados por corte con tijeras de sastrería. Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Evaluación de defectos generados por lijado con escofina. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Evaluación de defectos generados por lijado con papel de lija. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Evaluación de defectos generados por la perforación con taladro. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Evaluación de defectos generados por la perforación con punzón. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Evaluación de defectos generados por la perforación con aguja metálica para lana. Fuente: Elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

El proyecto nace del cuestionamiento en torno a la industria textil y sus toneladas de residuos, tanto pre - consumo como post - consumo. En busca de soluciones se decide desarrollar un material biobasado a partir de creta cruda, perteneciente a los residuos de la fibra de algodón más residuos de posconsumo domiciliario y utilizar micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*, aprovechando sus cualidades de aglomerante natural.

En primera instancia el propósito fue desarrollar un material biobasado conformado por residuos textiles de la fibra vegetal de algodón y micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, el cual se modificó al comprobar que el micelio no crecía de manera propicia en el sustrato seleccionado, por ende, se decide introducir un tercer elemento que aporte en el desarrollo y crecimiento del micelio, acudiendo a los residuos posconsumo generados a nivel domiciliario.

El material biobasado se sustenta en un cambio climático amenazante y preocupante, donde las nuevas prácticas como lo es el reciclaje no es suficiente para combatirlo, se debe primeramente reducir y concientizar el consumo.

Greenpeace en su informe maldito plástico: reciclar no es suficiente (2019), revela que Ecoembes una empresa española sin fines de lucro que impulsa el cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad a través del reciclaje es en verdad una empresa que practica el greenwashing. Esta empresa obtiene sus ingresos de los envases consumidos y desechados, por ende, mientras más se consume más ganan.

Greenpeace revela que del 75% que la empresa dice reciclar es en verdad un 25%, mientras que el resto es enterrado en vertederos, incinerado, exportado a países con menores recursos quienes lo aceptan por dinero o bien termina arrojado a campos o mares.

Con base en esta premisa, el desarrollo del material biobasado se enmarca en prácticas más amigables con el medioambiente, donde se establecen criterios para el desarrollo de un material sostenible, los cuales son: utilizar residuos, materia prima local, reducir el consumo de materias primas, preferir recursos renovables, optimizar el rendimiento de los recursos, utilizar materiales inofensivos para la salud, utilizar materiales biodegradables, considerar reciclaje o compostaje además de minimizar los desechos y descartes.

Cabe mencionar que el proceso llevado a cabo requiere de muy baja tecnología donde no es necesario el uso de laboratorio, ya que a nivel domiciliario se puede realizar de manera factible sin grandes herramientas o maquinarias.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Desarrollar y caracterizar un material biobasado compuesto de micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* y la fibra vegetal de algodón, a través de un proceso experimental para su aplicación en el área del diseño.

Objetivos específicos:

- Establecer un proceso de elaboración para desarrollar un material biobasado a partir de la fibra de algodón y micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*
- Evaluar las principales características: físico mecánicas, resistencia a agentes externos, trabajabilidad, tinción, moldeabilidad y perceptual para caracterizar el material biobasado y generar una ficha técnica con sus propiedades.
- Validar el material biobasado desarrollando una propuesta de aplicación en el área del diseño.

El proceso de creación de material biobasado es tanto exploratorio como experimental, el cual consiste en tres etapas principales para el desarrollo de material biobasado.

La primera etapa es experimental y consiste en diseñar y desarrollar un material biobasado, el cual está conformado por la fibra vegetal de algodón, conos de papel higiénico y micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*.

La segunda etapa consiste en la caracterización del material a través de ensayos físico - mecánicos, pruebas de trabajabilidad y un análisis perceptual.

Finalmente en la tercera etapa se lleva a cabo un aplicación del material biobasado dentro del área de diseño.

El proceso de producción del material biobasado consiste en dos partes fundamentales, por una parte la inoculación del grano con micelio llamado spawn el cual se deja 2 semanas en incubación a 25 - 28 °C. Por otra parte la preparación del sustrato, la cual consiste en la trituración (10 -20 mm), humectación durante 3 días, pasteurización, inoculación con el spawn para llevar a molde durante 2 semanas a 25 - 28°C, posteriormente se retira del molde y se deja sellar durante 1 semana más bajo las mismas condiciones y finalmente se inhibe el crecimiento del hongo.

CAPÍTULO I

M A R C O T E Ó R I C O

El presente capítulo es un levantamiento de información en torno a la ecología industrial y desarrollo sustentable a fin de establecer criterios para el desarrollo de un material sostenible.

Como segundo punto se abarca la industria textil y sus consecuencias en el medio ambiente y en la sociedad, como lo es el Fast fashion a partir la cultura del consumo generando gran cantidad de residuos por el poco tiempo que se utiliza, posteriormente se interioriza en las fibras textiles con principal enfoque la fibra vegetal de algodón.

A continuación se introduce al reino fungi a partir de una descripción de sus características, crecimiento, reproducción y ciclo de vida para posteriormente mencionar los criterios para la elección del hongo a trabajar e introducir al hongo *Pleurotus ostreatus*, describiendo características, crecimiento y las etapas de cultivo; conocimiento fundamental para la creación del material biobasado.

Finalmente se realiza el estado del arte, donde se destacan referentes en torno a los mushroom materials y materiales de residuos textiles, a fin de conocer lo ya existente.

Cada punto es fundamental porque levanta información relevante para el posterior desarrollo del material biobasado.

1.1 (RE)ESTABLECER EL EQUILIBRIO ENTRE SER HUMANO Y LA NATURALEZA

... ¿A quién pertenece la naturaleza? ¿Quién otorga los derechos para poblar el planeta; para explotar la tierra y los recursos naturales; para contaminar el ambiente? ¿Se trata de una decisión que cae de las alturas del poder sobre la gente como la fatalidad de una ley natural, o es la movilización de los pueblos lo que genera el poder para redistribuir los costos ecológicos y los potenciales de la naturaleza? (Leff, E. 1995. p.33).

Somos una civilización que se deja llevar por el consumo descontrolado sin importar las consecuencias que esto implica y las malas prácticas realizadas por las empresas para la creación de bienes y servicios.

Durante los últimos años los recursos naturales que la Tierra puede generar durante un año se han agotado antes de tiempo. El 18 de Mayo de 2020 Chile fue el primer país de Latinoamérica en entrar en un sobregiro ecológico (Greenpeace, 2020) como se puede observar en la Figura 1, consumiendo más recursos naturales de los que la Tierra puede regenerar en un año. Esto demuestra que vivimos en un modelo económico insostenible, que genera a su vez una crisis económica, social y ambiental.

Se destaca la necesidad de implementar un sistema económico sostenible, que busque el bien ambiental y social en conjunto al económico, que cuide los recursos naturales para no comprometer las generaciones futuras y así detener el sobregiro ecológico.

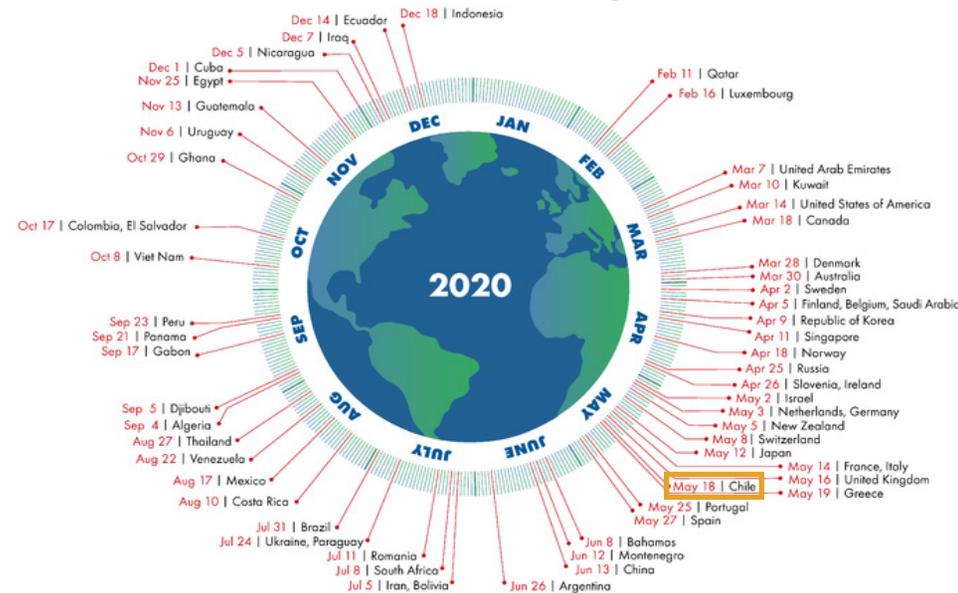


Figura 1. Sobregiro ecológico 2020. Fuente: Greenpeace.

1.1.1 ECOLOGÍA INDUSTRIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

El concepto de ecología industrial es introducido por Robert Frosh y Nicholas Gallopoulos (1989) definiéndolo como un ecosistema que optimiza el uso de energía y materiales a la vez que minimiza la generación de residuos además de la contaminación y los desechos sirven como materia prima para otro proceso a modo que sigan circulando; convirtiendo el sistema lineal en uno circular

Garner y Keoleain (1995) definen la ecología industrial como el estudio de las interacciones e interrelaciones físicas, químicas y biológicas dentro de los sistemas industriales y ecológicos, así como la relación entre ellos, cuyo objetivo principal es fomentar el desarrollo sostenible tanto a nivel mundial como regional y local, esto conlleva, a utilizar los recursos naturales de manera consciente, saciando las necesidades de la generación actual sin hacer uso y abuso de las futuras (Brundtland, 1987). Esto se realiza usando de manera sostenible los recursos renovables y al mínimo los recursos no renovables.

Es fundamental, a su vez, un estudio de los flujos y transformaciones de materiales y energía; de esta manera, se pueden detectar los puntos más contaminantes y reducirlos, la idea es que los sistemas industriales imiten los sistemas naturales siendo más eficientes y sostenibles, esto se logra con una evaluación del análisis del ciclo de vida (ACV). El objetivo de ACV es cuantificar la carga ambiental impuesta por una industria producto o proceso. Se identifican las entradas (inputs) y salidas (outputs) de los materiales y energías, es decir, todo aquello que conlleva a la creación y todo aquello que salió de dicha creación (Duchin y Hertwich, 2003).

Como bien se destacó uno de los principales objetivos de la ecología industrial es fomentar el desarrollo sostenible, el cual posee tres dimensiones: ambiental, social y económica (Ashby, 2015) o también conocidas como las 3P: prosperidad, personas y planeta (ver figura 2). Por ejemplo, la economía actual ha ido en incremento las últimas décadas, pero por su contraparte el desarrollo ambiental y social se han visto perjudicados, a partir del deterioro del medioambiente y la disminución de recursos naturales, así como la desigualdad social es cada día mayor; por ende, el desarrollo sostenible habla de beneficiar y pensar no solo económicamente, sino también desde una perspectiva social y ambiental.

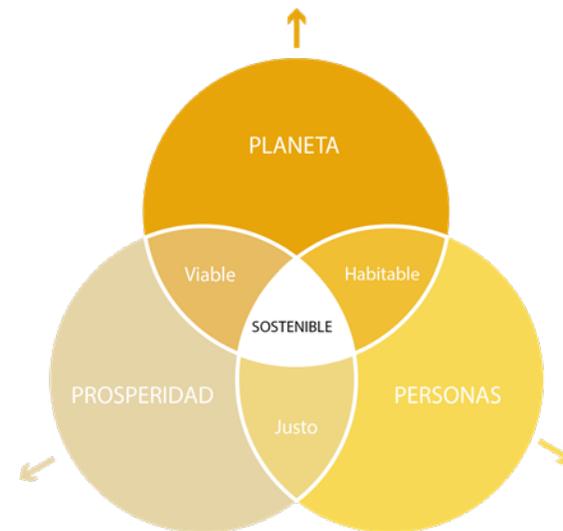


Figura 2. Las tres dimensiones del desarrollo sostenible. Fuente: Elaboración propia basada en (Ashby, 2015).

1.1.2 ECONOMÍA CIRCULAR

El actual sistema económico lineal de extraer, producir, consumir y desechar se sustenta en dos grandes principios, por una parte el incremento económico permanente y por otra el constante consumo; que trae por consecuencia daños al medio ambiente y la raza humana.

En contraparte a la economía lineal existe la economía circular que se basa en un modelo sostenible siendo restaurativa y regenerativa, a su vez intenta que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y máximo valor durante el mayor tiempo posible. Según Ellen MacArthur Foundation la economía circular se basa en 3 principios:

1. Preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.
2. Optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos.
3. Promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos.

En primer lugar el sistema circular selecciona tecnologías y procesos que utilicen recursos renovables o bien que posean un mejor y mayor rendimiento, a su vez mejora el capital natural alentando los flujos de nutrientes y creando las condiciones para la regeneración (ej: suelo).

En una economía circular los residuos no existen y se eliminan desde el diseño, por una parte los ciclos biológicos pueden ser devueltos fácilmente a la naturaleza mediante el compostaje o bien la digestión anaeróbica, y los ciclos técnicos se diseñan para poder restaurar y recuperar productos, componentes y materiales a través de la reutilización, reparación, remanufactura o reciclaje como última instancia, de esta manera se apunta a alargar la vida útil de los productos.

En el tercer principio se apunta a reducir daños en sistemas y ámbitos como lo es la educación, alimentación, sanidad, ocio, entre otros y resolver factores externos (uso de suelo, contaminación acústica, del aire y agua o vertido de sustancias tóxicas).

A continuación en la figura 3 se presenta el diagrama de sistema de la economía circular y los principios mencionados recientemente.

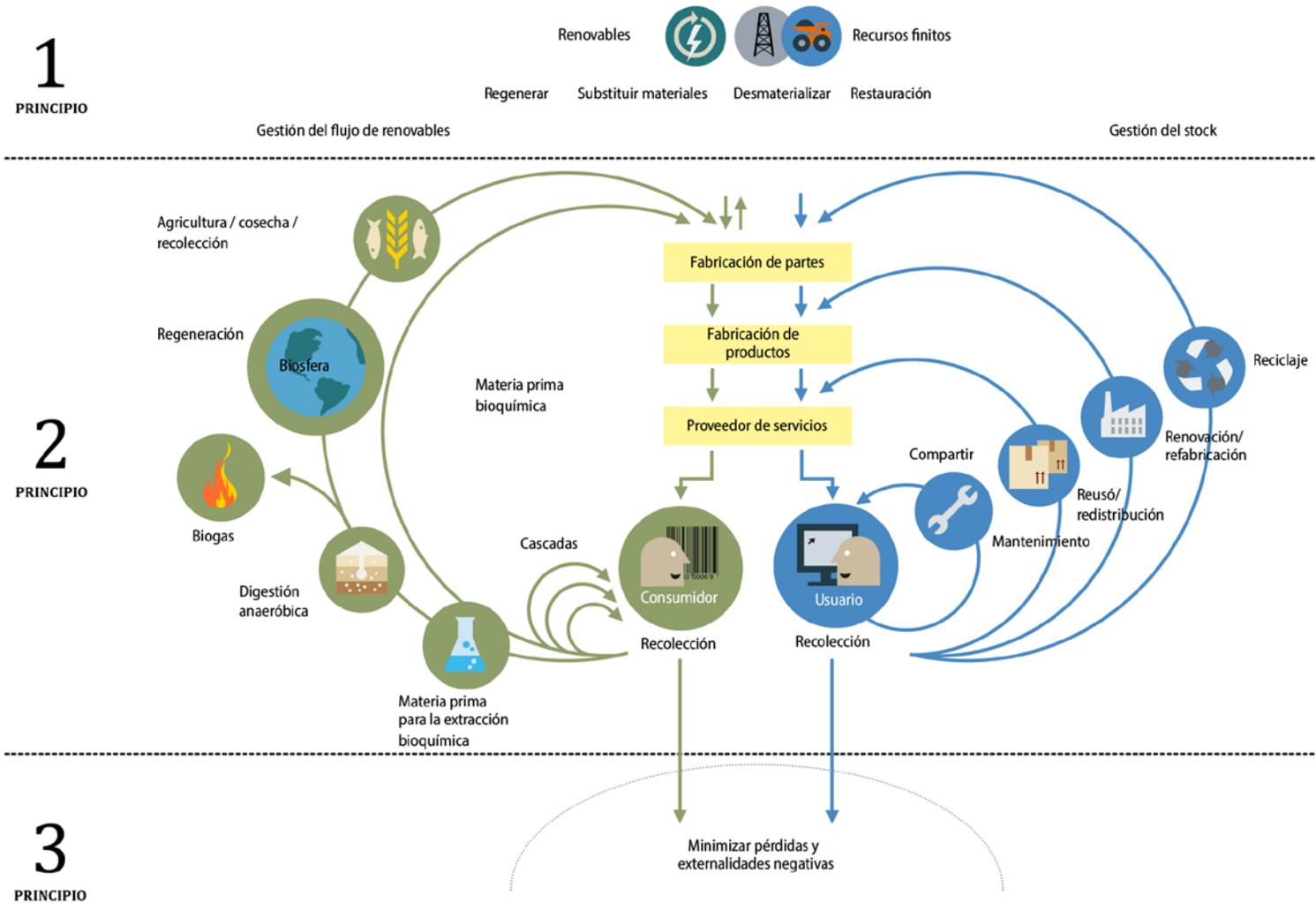


Figura 3. Diagrama de sistema de la economía circular. Fuente: Elaboración propia basada en (Ellen MacArthur Foundation).

1.1.3 ESTRATEGIAS AMBIENTALES

Pardavé (2007) propone estrategias ambientales denominadas de las 3R a las 10R que ofrece ayudar a transformar las dificultades en oportunidades, gastos en ahorros y los riesgos en beneficios; además de colaborar en el futuro del planeta. Las 10R planteadas por Pardavé son las siguientes:

- 1. Reordenar:** Este principio propone que los problemas ambientales los paguen quienes los producen y no recaiga a terceros. Hoy en día los contaminadores pagan mediante el empleo de impuestos, tasas y gravámenes.
- 2. Reformular:** Los productos industriales deben ser amigables con el medio ambiente, desde la extracción, transportación, distribución y uso final; por ende, se debe acrecentar los estudios de factibilidad a modo de sustituir ciertos materiales y reformular los productos, agregando cualidades como reciclabilidad, biodegradabilidad, entre otros.
- 3. Reducir:** A modo de mejorar la calidad de vida y el medio ambiente se debe reducir el consumo de materias primas y energías, acudiendo a fuentes renovables, minimizar los residuos durante el ciclo de vida de los productos, es decir, de la cuna a la tumba.
- 4. Reutilizar:** Hace referencia a la reutilización de envases y embalajes, de esta manera se evita utilizar materias primas y energías vírgenes para fabricar nuevamente el mismo producto.
- 5. Refabricar:** Consiste en modificar aquellas etapas o procesos más contaminantes durante el ciclo de vida de un producto, en busca de acciones más amigables con el medio ambiente.
- 6. Reciclar:** Tiene como finalidad mejorar la eficiencia económica, reducir la contaminación y reducir el volumen de los residuos finales disminuyendo así la utilización de rellenos sanitarios industriales, vertederos, sistemas de incineración o bien la disposición en aguas o mares. El reciclaje dependerá de tres factores: el valor del material como residuo, el costo del proceso de reciclaje y la aplicabilidad de la materia prima obtenida.
- 7. Revalorizar:** Dar valor de manera económica, ecológica y social a los residuos generados por las actividades humanas; un ejemplo es la energía partir de residuos a modo de evitar el uso de fuentes no renovables.
- 8. Rediseñar:** Los productos, proceso y/o actividad deben ser amigables con el medio ambiente, por ende, se deben rediseñar todas aquellas etapas contaminantes y menos sostenibles a modo de lograr un diseño ecológico que se integre con los procesos biológicos.
- 9. Recompensar:** Se deben premiar e incentivar las buenas prácticas e innovaciones relacionadas con la mejora del medio ambiente, así mismo sancionar aquellos que contaminan y aportan al deterioro de los ecosistemas.
- 10. Renovar:** A partir de los daños generados en el planeta hoy en día es importante renovar desde una amplia perspectiva, es decir, cultural, mental, gubernamental, de productores y consumidores, a modo de generar productos, procesos y/o actividades basados en una economía circular, a modo que no se comprometan los recursos de generaciones futuras.

1.1.4 CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE UN MATERIAL SOSTENIBLE

Para el desarrollo de un material sostenible y de bajo impacto ambiental es necesario considerar criterios enfocados en la sostenibilidad descritos en los puntos abordados anteriormente y con enfoque en las tres dimensiones: ambiental, social y económico.

A continuación se detallan los criterios seleccionados para el desarrollo de un material sostenible basado en distintos autores, entre ellos Frosh y Gallopoulos, 1989, Garner y Keoleain 1995, Pardavé, 2007, Vezzoli, 2014 y Ellen MacArthur Foundation.

En la figura 4 se resumen los criterios seleccionados para el desarrollo de un material sostenible, los cuales se consideran dentro del desarrollo del material biobasado.

1. Utilizar residuos

A modo de disminuir los impactos ambientales generados por las empresas, es necesario trabajar bajo un pensamiento de economía circular donde los residuos generados pueden ser utilizados como materia prima de otro proceso y/o producto de manera que sigan circulando (Frosh y Gallopoulos, 1989, Garner y Keoleain 1995), valorando de manera económica, ecológica y social a los residuos generados por las actividades humanas (Pardavé, 2007).

2. Materia prima local

Al utilizar materia prima local se minimiza los recursos utilizados en el transporte y por ende las consecuencias que esto conlleva, a la vez que se suman atributos sociales y ambientales; ya que deja un valor agregado a las comunidades locales y los actores socioeconómicos locales involucrados preservan su renovabilidad, por ende, no buscan agotar rápidamente el recurso (Vezzoli, 2014).

3. Reducir el consumo de materias primas y preferir recursos renovables

La energía necesaria para impulsar la economía circular debería ser de carácter renovable, para reducir la dependencia de los recursos e incrementar la resiliencia de los sistemas (Ellen MacArthur Foundation)

A modo de mejorar la calidad de vida y el medio ambiente se debe reducir el consumo de materias primas y energías, acudiendo a fuentes renovables (Pardavé, 2007).

Usar menos material durante todo el ciclo de vida disminuye el impacto, ya que además de producir menos materiales se evita su transformación, transporte y eliminación. Los recursos renovables naturales son más amigables con el medio ambiente siempre y cuando la tasa de adquisición es menor a la tasa natural de regeneración (Vezzoli, 2014).

4. Optimizar el rendimiento de los recursos

Optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su máxima utilidad en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos, a modo de restaurar, recuperar, reutilizar, reparar, remanufacturar o bien reciclar. Se promueve también que los nutrientes biológicos vuelvan a entrar en la biosfera de forma segura para que la descomposición resulte en materias más valiosas para un nuevo ciclo. (Ellen MacArthur Foundation).

5. Utilizar materiales inofensivos para la salud

Seleccionar recursos que no sean tóxicos ni nocivos para la salud humana, considerando todo el ciclo de vida del producto/proceso (Vezzoli, 2014).

6. Utilizar materiales biodegradables y considerar reciclaje o compostaje

Los productos industriales deben ser amigables con el medio ambiente, desde la extracción, transportación, distribución y uso final; por ende, se debe acrecentar los estudios de factibilidad a modo de sustituir ciertos materiales y reformular los productos, agregando cualidades como reciclabilidad, biodegradabilidad, entre otros (Pardavé, 2007).

7. Minimizar los desechos y descartes

Seleccionar procesos que reduzcan los desechos y materiales desechados durante el ciclo de vida, así también involucrar sistemas de simulación para optimizar los procesos de

transformación (Vezzoli, 2014).

Los criterios seleccionados se consideran fundamental para el desarrollo de un material; teniendo conocimiento completo del su ciclo de vida y las consecuencias que esto implica, es decir, energías utilizadas, recursos consumidos, desechos generados, materiales e implementos, considerar su depósito final, si será biodegradable o reciclable, entre otros.

Es importante considerar la adquisición de la materia prima utilizada para la elaboración del material biobasado, si es fácil de adquirir, si se generan grandes cantidades de desechos de esta materia prima y si es una problemática local /territorial.

Los criterios para el desarrollo de un material sostenible representados en la figura 4 son utilizados como base para el desarrollo del material biobasado a elaborar, tratando de cumplir con cada uno de ellos para elaborar un material biobasado amigable con el medio ambiente, además de las dimensiones social y económica.



Figura 4. Criterios para el desarrollo de un material sostenible. Fuente: Elaboración propia basada en (Frosh y Gallopoulos, 1989, Garner y Keoleain 1995, Pardavé, 2007, Vezzoli, 2014 y Ellen MacArthur Foundation).

1.2 INDUSTRIA TEXTIL

La indumentaria ha sido una necesidad humana de proteger el cuerpo de los factores ambientales. Se comenzó utilizando las pieles animales para cubrir el cuerpo, posteriormente se fue experimentando y explorando con nuevos materiales y procedimientos hasta lograr los textiles existentes hoy en día.

Mediante la indumentaria se resaltan colores, texturas, fibras, entre otros, que conlleva a una diferenciación de status social. Por ejemplo, las distintas noblezas a lo largo de la historia humana han utilizado las mejores prendas, de esta manera, se diferencia del resto de la ciudadanía.

La industria textil ha crecido indudablemente gracias al consumo descontrolado por parte de la población, donde cada evento y/o situación requiere un outfit determinado. Dicho consumo ha llevado a la creación de prendas cada vez de menor calidad con grandes impactos ambientales, para satisfacer la moda de consumo y desecho rápido. Según la ONU un consumidor promedio compra 60% más prendas de ropa que hace 15 años y cada artículo conserva la mitad del tiempo.

De acuerdo a esta serie de cambios es que la industria textil es considerada hoy en día como la segunda industria más contaminante a nivel mundial (ONU, 2019).

La determinación se debe a que la industria textil es el segundo consumidor de agua a nivel mundial, responsable de generar alrededor del 20% de las aguas residuales además de contaminar las aguas oceánicas dado que libera medio millón de toneladas de microfibras sintéticas. Por otra parte, produce entre 8% al 10% de las emisiones globales de carbono (más que el transporte marítimo

y los vuelos internacionales combinados), adicionalmente utiliza el 24% de los insecticidas y 11% de los pesticidas. En conjunto a estos datos, la Fundación Ellen MacArthur (2017) estima que la industria textil recicla sólo el 1% de lo que produce.

Señala la Coordinadora Estatal de Comercio Justo (2014) indicada desde ahora como CECJ, que el sector textil evidencia dos fenómenos de alcance universal: la deslocalización de la producción y la creciente importancia de las empresas transnacionales.

En 1974 Estados Unidos, la Comunidad Europea y otros países industrializados firmaron el acuerdo Multifibras, hecho que conlleva, a que grandes marcas se centren en el diseño y distribución de las prendas, mientras la confección se subcontrató en talleres textiles del Sudeste asiático, India y Marruecos, donde se emplean pésimas condiciones laborales, salarios indignos y jornadas extensas de 12-16 horas diarias, siendo el 80% mujeres. Cabe destacar que el 24 de abril de 2013, el edificio Rana Plaza que albergaba talleres textiles ubicados en Savar, localidad cercana a la capital de Bangladesh, se derrumbó provocando la muerte cerca de 1.130 personas y más de 1.500 personas heridas.

Se distingue la diferencia de ganancias entre quienes confeccionan nuestra ropa cuyo salario es de 6 euros en promedio y las grandes industrias que comercializan los productos cuyas ganancias son 34.000 millones de euros diarios solo en Europa (CECJ, 2014).

1.2.1 FAST FASHION

La cultura del consumo comienza alrededor de 1950 (Fashion Revolution, 2015). En 1974 con el acuerdo Multifibras se elevaron los costos de fabricación nacional, lo que conlleva a trasladar la producción al extranjero.

A mediados de la década de 1970, muchas marcas, (algunas son actualmente las mayores minoristas del mundo) comienzan a copiar estilos de pasarela a un bajo costo y en menor tiempo; instalándolos en tiendas en cosa de semanas. Así comienza el Fast fashion o moda rápida, que ganó popularidad alrededor de 1980, siendo catalogada por algunos como: La democratización de la moda, ya que, lo que antes era exclusivo para una minoría ahora era accesible para una mayoría (Fashion Revolution, 2015).

En la década del 2000 la moda ya era un gran negocio global con un agitado movimiento productivo alrededor de los países que ofrecen salarios bajos, pocas regularizaciones, poca seguridad hacia los/as trabajadoras y el medio ambiente; produciendo más y en el menor tiempo posible, tanto la ropa convencional como la de lujo.

La industria de la moda es hoy en día una de los sectores más influyentes, tanto a nivel financiero como en tendencias, creencias, actitudes, comportamiento, identidad y cultura. Esto conlleva, a que la fabricación de prendas sea la tercera mayor industria del mundo industrial, después de la automotriz y electrónica (Francis, 2014).

La industria de la moda opera de manera insostenible a través de mano de obra barata y explotación de los recursos naturales.

El consumo y desecho rápido van de la mano, siendo la base del modelo Fast Fashion. En 2014 la producción de prendas superó los 100.000 millones de unidades, cifra que se espera vaya en aumento (Gestal, 2019).

Por otra parte, la poca transparencia por parte de las industrias de moda conlleva a desconocer los procesos y elementos utilizados en la creación y elaboración de prendas, desde la producción de la materia prima hasta su desecho. Un ejemplo claro de esto es que no sabemos quién ha hecho nuestra ropa, bajo que condiciones, de que país es, aún menos sabemos los tratados y procesos químicos que conlleva la tela que usamos.

La moda avanza velozmente, en los últimos 20-30 años compramos más ropa de la que usamos y pagamos menos, las colecciones ya no son solo primavera/ verano y otoño/invierno, hoy en día, las colecciones cambian cada 1-2 semanas, las prendas se exhiben por 12 semanas antes de ser liquidadas. Esta velocidad conlleva a un consumo excesivo y residuos descontrolados.

Lo increíble es que a pesar de que la mano de obra ha incrementado su valor económico, así como el algodón, los costos de fertilizantes, maquinaria agrícola, los químicos utilizados en los tintes y otros tratamientos, el precio que se debe pagar por prendas es más barato y accesible que nunca, entonces ¿Quién está pagando? (Fashion Revolution, 2015). La moda es un tema político, social, cultural, económico y medioambiental.

1.2.2 RESIDUOS TEXTILES

Los residuos textiles es una de las grandes problemáticas de la industria de la moda.

Según Fashion Revolution (2015), los residuos textiles se clasifican en:

- A. Pre- consumo: Son los materiales sobrantes de la producción de prendas de vestir.
- B. Post-consumo: Prendas descartadas por los/as consumidoras posterior a su uso.

Fashion Revolution (2015) señala que una sola fábrica puede producir entre 5% hasta un 25% de residuos textiles de pre-consumo en su producción anual total. Se estima que cada tonelada reutilizada de productos textiles ahorra 20 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Señala la Fundación Ellen MacArthur (2017), que más de la mitad de la moda rápida es desechada en menos de un año (ver figura 5). Globalmente alrededor del 25% de las prendas se reciclan y/o reutilizan a partir de diferentes sistemas.

Él y la consumidora deben entender por su parte, las consecuencias que genera este consumo descontrolado, somos parte y cómplices de las normas aplicadas por la industria textil y su explotación de recursos, contaminación y degradación del medio ambiente y sus ecosistemas, la esclavitud moderna que involucra a una gran cantidad de personas durante todo el proceso de elaboración, creando impactos negativos a nivel local, regional y global.



Figura 5. Residuos textiles. Fuente: InfoDiario

1.2.3 FIBRAS TEXTILES

La fibra es un sólido, de forma cilíndrica que posee cierta flexibilidad y homogeneidad. Posee una elevada relación entre sus dimensiones longitudinales y transversales (Pesok, 2014). Las fibras permiten la creación de hilos, los cuales posteriormente se convierten en tejidos.

El tejido, por su parte, es una superficie plana y elástica que resulta del entrecruzamiento de los hilos (tejidos de calada) o enlazamiento de hilos (tejidos de malla). También existen los tejidos no tejidos, que poseen superficie plana y elástica, los cuales como bien dice su nombre no poseen entrecruzamiento o enlazamiento, son unidos y consolidados a partir de diferentes métodos (Carrera, 2015).

Señala Lockuán (2013), que tanto la estructura molecular (disposición y orientación de las moléculas) como la morfología de la fibra (forma y grosor de la sección transversal) influirá en las propiedades finales. Para que una fibra pueda ser hilada y convertida en textil debe cumplir con 3 requisitos: flexibilidad, elasticidad y resistencia; características esenciales para la elaboración de un tejido de buena calidad.

Si observamos las etiquetas de nuestras prendas, podemos observar las diferentes composiciones que poseen, esto se debe, a que con los años se han ido elaborando más fibras. Las fibras se dividen primeramente en: naturales y manufacturadas.

Las fibras naturales se encuentran disponibles en la naturaleza misma, las cuales se conforman a partir de procesos físicos o mecánicos; estas se subclasifican según su origen: vegetal, animal o mineral.

Por otra parte, las fibras manufacturadas son aquellas elaboradas por el ser humano; estas se clasifican según el polímero del cual fueron obtenidas: fibras artificiales (polímeros naturales) y fibras sintéticas (polímeros sintéticos).

En la figura 6 se representa la clasificación de las fibras textiles y sus subdivisiones de manera detallada para comprender de mejor manera las fibras existentes hoy en día y saber a su vez que vestimos.

La fibra textil más utilizada a nivel industrial es el algodón, esta fibra representa el 90% de las fibras naturales utilizadas y el 40% de las prendas elaboradas a nivel mundial (Fashion Revolution, 2015).

A partir de este dato tan fundamental, se decide y escoge trabajar con la fibra textil natural vegetal de algodón, ya que al ser la más utilizada dentro de la industria textil, es de la cual se genera mayor cantidad de residuo textil tanto a nivel pre-consumo como post-consumo siendo una problemática a nivel medioambiental.

En el siguiente apartado se detalla acerca de la fibra textil de algodón, levantando información relevante para fines de esta investigación de creación de material biobasado.

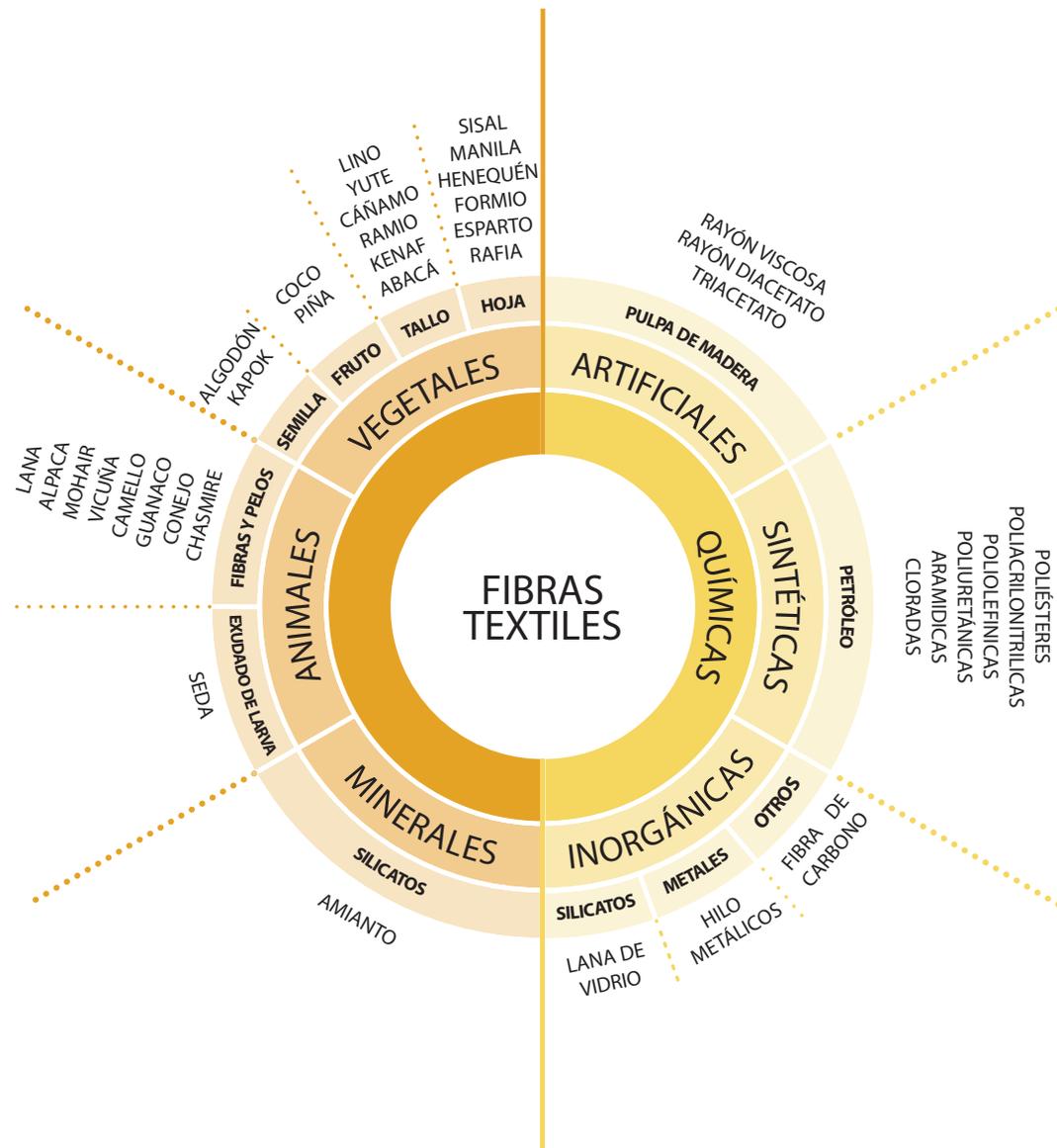


Figura 6. Clasificación de las fibras textiles. Fuente: Elaboración propia basada en (Lockuán, 2013).

1.3 FIBRA DE ALGODÓN

La fibra de algodón representa el 90% de las fibras naturales utilizadas y el 40% de las prendas elaboradas a nivel mundial (Fashion Revolution, 2015). Es sin duda la fibra más revolucionaria en la historia de la humanidad.

Dentro de los principales productores de algodón a nivel mundial encontramos: India, China, Estados Unidos, Pakistán y Brasil. Los países que procesan sus cosechas en el mismo país son China, India, Pakistán y en menor proporción Brasil, a diferencia de Estados Unidos, quienes exportan su producción principalmente a China, Turquía, Vietnam y México. China además de ser el primer país productor de algodón del mundo, es también el primer país importador.

La fibra de algodón, a pesar de ser una fibra natural de origen vegetal es altamente contaminante a nivel medioambiental, esto se debe principalmente a la cantidad exorbitante de pesticidas e insecticidas, debido al ataque de diversas plagas que generan pérdidas; estas sustancias químicas utilizadas dañan además la salud de las y los agricultores y recolectores; así también dañan la salud de las poblaciones cercanas.

Una alternativa al cultivo del algodón es el cultivo de algodón orgánico el cual es un poco más amigable con el medio ambiente y la salud de las personas, ya que no utiliza productos químicos durante el cultivo de la planta.

1.3.1 CULTIVO DEL ALGODÓN Y POST PROCESO

El cultivo de algodón es uno de los más antiguos y es el producto agrícola no alimentario más importante. A nivel mundial se cultivan aproximadamente 34 millones de hectáreas de algodón (FAO, 2014).

El algodón es una fibra textil vegetal que crece en las plantas pertenecientes al género *Gossypium* de la familia *Malvaceae* y bien señala FAO (2014) es exigente en agua, al cual se le aplica riego durante todo su desarrollo entre 4.500 y 6.500 m³/ha. Se cultiva en zonas cálidas, ya sean, áreas secas, tropicales y subtropicales, ya que requiere temperaturas entre los 14°C y 30°C. Los suelos más apropiados son aquellos que presentan buena aireación, adecuada retención de agua y ricos en materia orgánica, siendo los más convenientes los arcillo-arenosos.

Una vez crecida la planta de algodón (150-180 días) se cosecha y se procede a la elaboración del textil para su posterior transporte, uso, reciclaje en el caso de existir y desecho.

Tanto en el cultivo como en su postproceso (cosecha, elaboración, transporte, uso, reciclaje y desecho) se generan daños al medio ambiente siendo los más significativos el consumo de agua en el proceso de cultivo y elaboración del algodón. La aplicación de tintes que poseen elementos nocivos como cadmio, plomo, cromo y mercurio; liberados en ríos y océanos. Uso indiscriminado de pesticidas e insecticidas que generan envenenamientos, erosión del suelo y contaminación de recursos hídricos. Por último la falta de reciclaje, lo que conlleva a la incineración de un camión repleto de ropa cada segundo (fundación Ellen MacArthur, 2017).

1.3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Otro punto fundamental para el estudio del algodón, es su composición química (ver figura 7), dado que el micelio del hongo debe alimentarse de este textil, es necesario el conocimiento de los componentes de la fibra textil de algodón para saber si proporciona alimento y nutrientes al micelio del hongo permitiendo su óptimo crecimiento.

La fibra vegetal de algodón se compone de las siguientes materias en sus respectivos porcentajes:

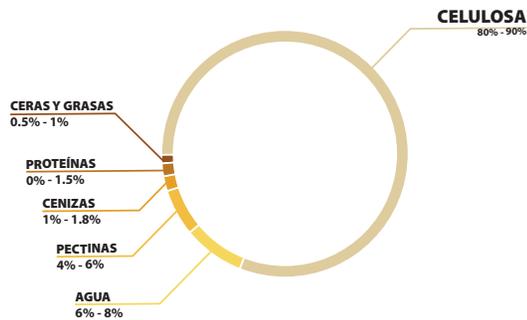


Figura 7. Composición química del algodón. Fuente: Elaboración propia basado en (Lockuán, 2013).

Según lo señala Lockuán (2013) durante el tratamiento de lavado al cual se le aplica soda cáustica al algodón, provocando que las ceras naturales y grasas en la fibra en conjunto a otros materiales no celulósicos sean liberados, obteniendo una fibra con 99% celulosa. Al conocer la composición química del material, se obtiene un parámetro a tener en consideración al momento de elegir el micelio de hongo, debido a que deberá ser degradador de celulosa para asegurar el crecimiento en la fibra seleccionada.

1.3.4 CREA CRUDA

La crea cruda es una tela 100% algodón que no posee tintes, estampados o blanqueamiento y su proceso de acabado es menor al de otras telas, a partir de dichas características se decide trabajar con la tela crea cruda para fines de este proyecto. Como bien este es un proyecto experimental, en el cual se busca incorporar nuevos sustratos para el cultivo de micelio, como es el caso del algodón, se decide partir la experimentación con una tela de algodón lo más pura posible. Posteriormente poder proyectar a otro tipo de telas de algodón; inclusive con tintes y estampados.

La crea cruda es utilizada en su mayoría para la confección por ejemplo: bolsos, manteles, delantales, sabanas, entre otros, además de manualidades como el bordado y confección de lienzo.

Esta tela es traída a Chile desde India principalmente, país productor y cultivador. Para identificar el país de origen se contactaron diversas empresas textiles de la región Metropolitana (ver Anexo 1).

A partir de una encuesta (ver anexo 2) realizada a 12 emprendimientos o proyectos autogestionados que trabajan con crea cruda para diferentes fines, se concluye que la cantidad de desechos generados por metro de tela es entre el 10-20% mayoritariamente (83.3%) y un 41,7% no utiliza los retazos generados, por ende, son desechados; el 58,3% restante los reutiliza en rellenos y creaciones más pequeñas aunque de igual manera se desecha un pequeño porcentaje.

1.4 REINO FUNGI

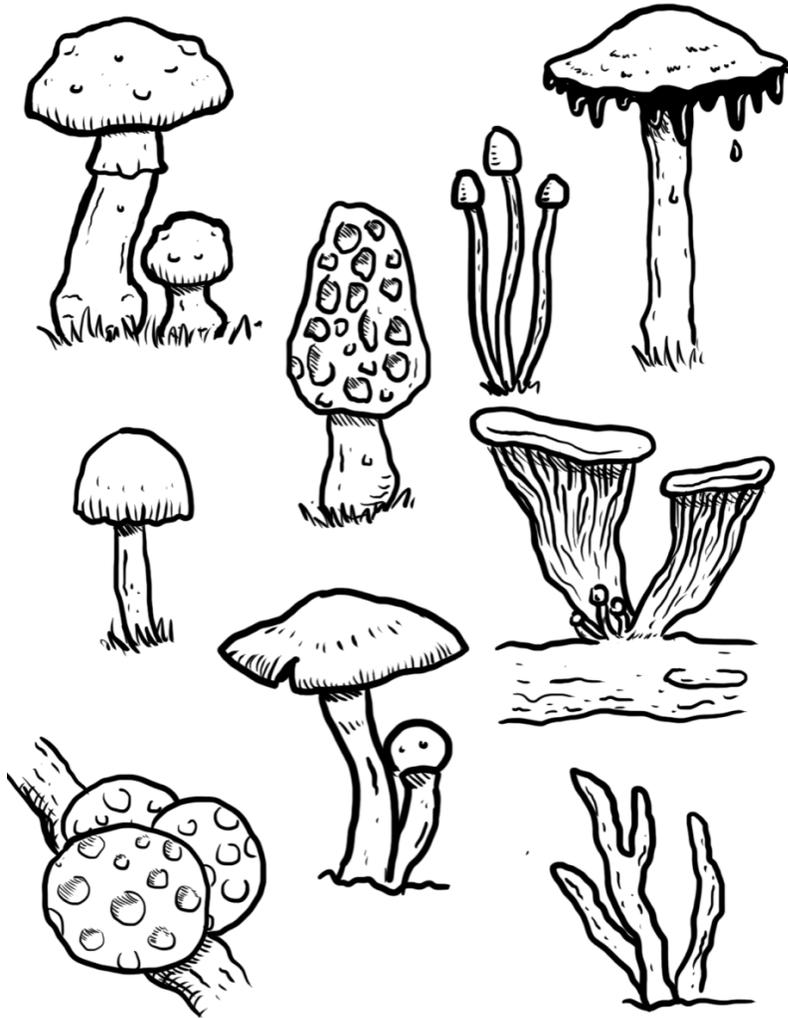


Figura 8. Reino Fungi. Fuente: Fungitivo.

Los hongos fueron considerados parte del Reino Vegetal, aun cuando no presentaban clorofila, tejidos especializados ni mucho menos flores. Fue hasta el año 1969 cuando Whittaker los hizo ver como un grupo aparte, en un quinto reino llamado Reino de los Hongos o Reino Fungi (Guzmán et al., 1993).

El término fungi (singular fungus) es utilizado por Tournefort en el siglo XVII, el cual, significa florecimiento o excrecencia de la tierra (Bessey, 1950, citado en Guzmán et al., 1993: 5)

El Reino Fungi posee una distribución cosmopolita, presente en diversos hábitats como: el agua (dulce o marina), el suelo, el aire, los bosques, en madera viva o en descomposición, restos vegetales, en excrementos, en los alimentos, a veces en algunos cultivos e incluso en seres humanos; pueden estar presentes de forma positiva o negativa.

Este reino posee hongos de diversos tamaños, formas, colores, propiedades, composición, ambientes, entre otras características (ver figura 8).

A continuación se detalla con mayor énfasis el Reino Fungi, desde su definición, crecimiento, reproducción hasta la elección y justificación del hongo a utilizar para esta investigación. Se hace énfasis en el hongo seleccionado *Pleurotus ostreatus* y sus respectivas características, levantando información relevante para los siguientes pasos que conlleva a procesos experimentales y la creación misma del material biobasado a desarrollar.

1.4.1 ¿ QUÉ ES UN HONGO ?

Los hongos son organismos vivos eucariotas uni o pluricelulares, microscópicos o macroscópicos que presentan diferentes colores, texturas y formas, pertenecientes al Reino Fungi, Reino de los Hongos o Reino *Eumycota*, es decir, son un grupo diferenciado de las plantas y animales, ya que los hongos poseen características y propiedades diferentes; como el trabajo de descomposición de materia orgánica y su reproducción (asexual o sexual) a partir de la creación y dispersión de esporas a las condiciones medioambientales.

Otro medio de propagación de este reino es a través del micelio. El micelio es la pared vegetativa del hongo constituida por filamentos llamados hifas, estas se componen de varias células, donde cada una presenta componentes celulares de importancia para el posible funcionamiento. El micelio siempre se formará si está sobre el sustrato adecuado, bajo los factores ambientales correspondientes, de preferencia húmedos y oscuros debido a que no necesita de la luz para sobrevivir; a diferencia de los cuerpos fructíferos que si son inducidos por la luz.

Como bien señala Furci (2007) una de las diferencias que posee el Reino Fungi es que se alimentan por absorción, a diferencia de las plantas que se alimentan mayoritariamente por fotosíntesis y los animales por ingestión. Los nutrientes obtenidos por los hongos a partir de la absorción son el resultado de la degradación de compuestos complejos por las exoenzimas que estos liberan al medio, a partir, de una digestión extracelular; esto conlleva, a que puedan utilizar un sin fin de sustratos como fuentes de energía y nutrientes (Cepero et al., 2012).

Aunque también presenta ciertas similitudes, ya que al igual que los animales, los hongos son seres heterótrofos, es decir, que se alimentan de materia orgánica elaborada por otros organismos. Los hongos se clasifican en: **saprófitos** (consumen restos de organismos en descomposición), **parásitos** (consumen materia orgánica viva y el hongo es el único beneficiado) y **simbiontes** (cuando se alimenta y a su vez entrega beneficios al otro organismo). Y al igual que las plantas estos seres presentan pared celular, pero con la diferencia que en vez de estar compuesta de celulosa, esta se compone de quitina.

Los hongos desempeñan un papel fundamental en todos los ecosistemas, contribuyendo en su dinámica, desarrollo, función y estabilidad; principalmente como descomponedores y se relacionan con las actividades del ser humano como por ejemplo; en el ámbito de la alimentación y medicina. Actualmente se estima que existen cerca de 1,5 millones de especies de hongos de las cuales solamente se tiene conocimiento, aproximadamente, del 5% (Hawksworth, 2001, citado en Cepero et al., 2012: 20)

1.4.2 CRECIMIENTO

El crecimiento de un hongo puede ser a partir de una espora o bien de una fracción viable de hifa (Sanchez y Royse, 2001), es decir, a partir de la parte reproductiva o bien de la parte vegetativa del hongo (ver figura 9); la cual se desarrollará si el hábitat en el cual es depositado cumple con ciertos requisitos.

Cepero et al. (2012) y Salazar (2016) señalan que para el buen desarrollo del micelio y cuerpos fructíferos se deben considerar ciertos factores:

Factor físico: Se debe controlar la humedad, temperatura, luz y aireación para que el hongo pueda desarrollarse y crecer. Estos factores dependen mucho de la especie con la cual se está trabajando, ya que al ser cosmopolitas tienen la capacidad de habitar variados climas y en diversas condiciones.

El agua juega un rol fundamental porque permite la entrada de nutrientes a la célula y libera las enzimas necesarias para la degradación de polímeros a utilizar; a la vez, mantiene el citoplasma y es fuente de hidrógeno y oxígeno. Para que el hongo pueda desarrollarse y crecer debidamente necesita al menos un 70% de humedad relativa en el ambiente.

Los sustratos deben tener una capacidad de retención de la humedad entre 70 a 80% para el óptimo crecimiento del hongo. Porcentajes inferiores producen que el micelio crezca de manera irregular, con poco vigor y tenga mayores posibilidades de ser atacado por organismos competidores. Por el contrario, si el porcentaje es superior al 80% de humedad, el micelio disminuirá el crecimiento porque al estar en un medio anaerobio con exceso de humedad se sofocará, por no encontrar espacios disponibles en el sustrato para realizar su acción enzimática.

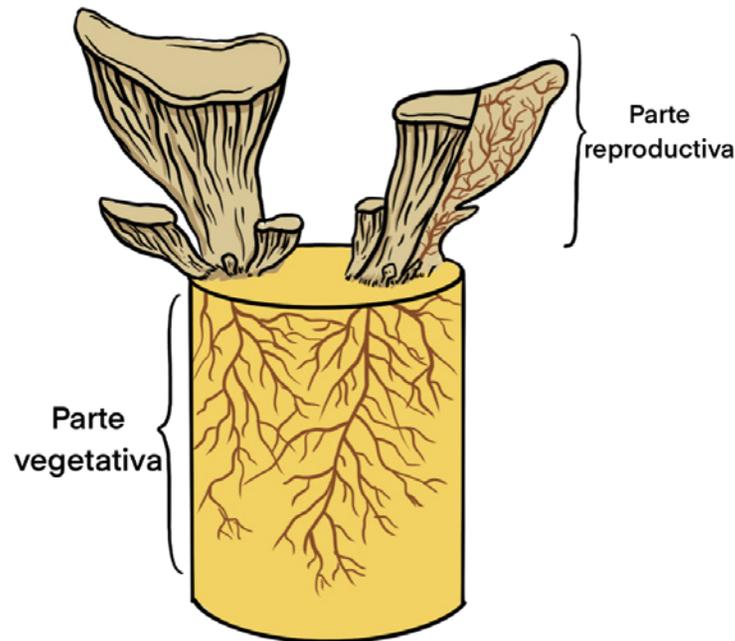


Figura 9. Parte de un hongo. Fuente: Fungitivo.

Por otra parte, la temperatura influye en el crecimiento, principalmente en la actividad enzimática, lo que deriva en la síntesis de vitaminas, aminoácidos y otros metabolitos. Según la temperatura que necesitan para crecer, los hongos se dividen en 3 grupos:

Psicrófilos: Posee un rango de temperatura de crecimiento de 0°C a 17°C. Algunos tienen la cualidad de crecer en temperaturas inferiores a los 0°C, pero ninguno crece por sobre los 20°C.

Mesófilos: La temperatura necesaria para el crecimiento es entre 10°C y 35 °C. Principalmente crecen entre los 20°C y 30 °C, siendo la temperatura óptima. Aquí se encuentran la mayoría de los hongos.

Termófilos: Crecen entre los 20°C y 60°C, con una temperatura óptima de entre los 40°C y 50°C. Los hongos no soportan temperaturas mayores de 65°C.

La luz visible no es fundamental para el crecimiento vegetativo del hongo (micelio), más bien crece en oscuridad. La parte reproductiva del hongo, es decir, los cuerpos fructíferos, si requieren en algunos casos de luz, ya que, induce su crecimiento.

Según los requerimientos de oxígeno, el hongo se puede clasificar en cuatro categorías:

Aerobios obligados: Se compone por hongos cuyo crecimiento se ve notablemente disminuido cuando la presión parcial de oxígeno es inferior a la del aire. En esta categoría se puede clasificar la mayoría de hongos.

Aerobios facultativos: Poseen la cualidad de crecer en condiciones aeróbicas o en ausencia de oxígeno fermentando azúcares.

Fermentadores obligados: Estos hongos pueden crecer en presencia, dado que carecen de mitocondrias o bien son rudimentarias. Realizan proceso de fermentación.

Anaerobios obligados: Poseen un metabolismo de fermentación ácida mixta, produciendo ácido fórmico, acético, láctico y succínico. En presencia de oxígeno no crecen por la acumulación letal de compuestos tóxicos en su interior.

Factor químico: Acá es fundamental la concentración de iones de hidrógeno, el carbono, el nitrógeno y la relación carbono/nitrógeno que posea el sustrato.

La concentración de iones de hidrógeno es importante debido a que de él depende el estado y disponibilidad de los iones inorgánicos y de los diferentes metabolitos. Por ende, el potencial de hidrógeno del sustrato es fundamental, ya que, si este no es el adecuado el crecimiento del micelio se verá afectado.

Los hongos se desarrollan mejor en medios ácidos que en los alcalinos, ya que soportan intervalos de pH entre 4 y 8,5; con un óptimo crecimiento entre 5 y 7. Cabe destacar que el crecimiento fúngico varía el pH externo, factor que debe ser considerado a la hora de cultivar.

1.4.3 REPRODUCCIÓN Y CICLO DE VIDA

El carbono es el elemento más necesario para los hongos, porque es fuente directa de energía para su metabolismo y para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares, por ende, es el elemento que se requiere en mayor cantidad. El hongo puede encontrar carbono en diferentes fuentes, tales como: polímeros, carbohidratos, lípidos, entre otros (Ardón, 2007).

El nitrógeno es utilizado por el hongo para la realización de sus proteínas. Las principales fuentes de nitrógenos son: degradación de aminoácidos, peptona, caseína, urea o sulfatos y nitratos de amonio, sodio, potasio, calcio, entre otros (Guzmán et al., 1993).

Se cree que el género *Pleurotus* es capaz de fijar nitrógeno atmosférico, aunque no ha sido demostrado; aun así, es capaz de contener valores bajos de nitrógeno (Ardón, 2007).

Por otra parte, la relación de carbono / nitrógeno (C:N) influye en el crecimiento del hongo, ya que, de esta relación depende la degradación del sustrato y su utilización como fuente de nutrientes. Una proporción 30:1 se considera óptima, esto se debe a que el hongo puede incorporar un tercio de carbono y la totalidad de nitrógeno, por otra parte, los dos tercios de carbonos restantes se utiliza para la producción de energía y respiración; el carbono es liberado en forma de CO₂. En sustratos donde la relación es 100:1, el crecimiento del hongo se ve delimitado por la falta de nitrógeno (Cepero et al., 2012).

Factor biológico: Se estima que la presencia de insectos y animales ayuda a su propagación, debido a que los animales digieren las esporas y /o micelio del hongo o bien las transportan sobre su cuerpo, siendo de esta manera dispersadas.

Los hongos se reproducen a través de esporas, ya sea de manera sexual y/o asexual; algunos poseen la capacidad de reproducirse de ambas maneras, mientras que otros solo se limitan a una de ellas. Existe a su vez la posibilidad de reproducción a través de pequeños fragmentos de micelio, siempre y cuando este sea depositado sobre el sustrato ideal y en las condiciones climáticas precisas para su futuro desarrollo y crecimiento.

Las esporas son microscópicas y presentan una forma única en cada especie, permitiendo su identificación. Pueden ser transportadas por el viento, agua, insectos, entre otros, encontrando nuevos lugares donde crecer y desarrollarse (Salazar, 2016).

La reproducción se logra una vez que las esporas son liberadas por los cuerpos fructíferos cuando estos alcanzan su periodo de madurez, las cuales germinan permitiendo la aparición del micelio. El micelio de los hongos tiene la cualidad de crecer sobre variados sustratos según la especie. Una vez que el micelio alcanza mayor desarrollo y colonización comienza la aparición de primordios, los cuales crecen y forman los cuerpos fructíferos de las cepas, volviendo nuevamente al inicio del ciclo de vida de un hongo.

En la figura 10 se muestra el ciclo de vida de un hongo, el cual podrá desarrollarse y crecer siempre que se encuentre en un adecuado sustrato, un ambiente propicio y bajo los factores físico, químico y biológicos mencionados anteriormente que corresponda.

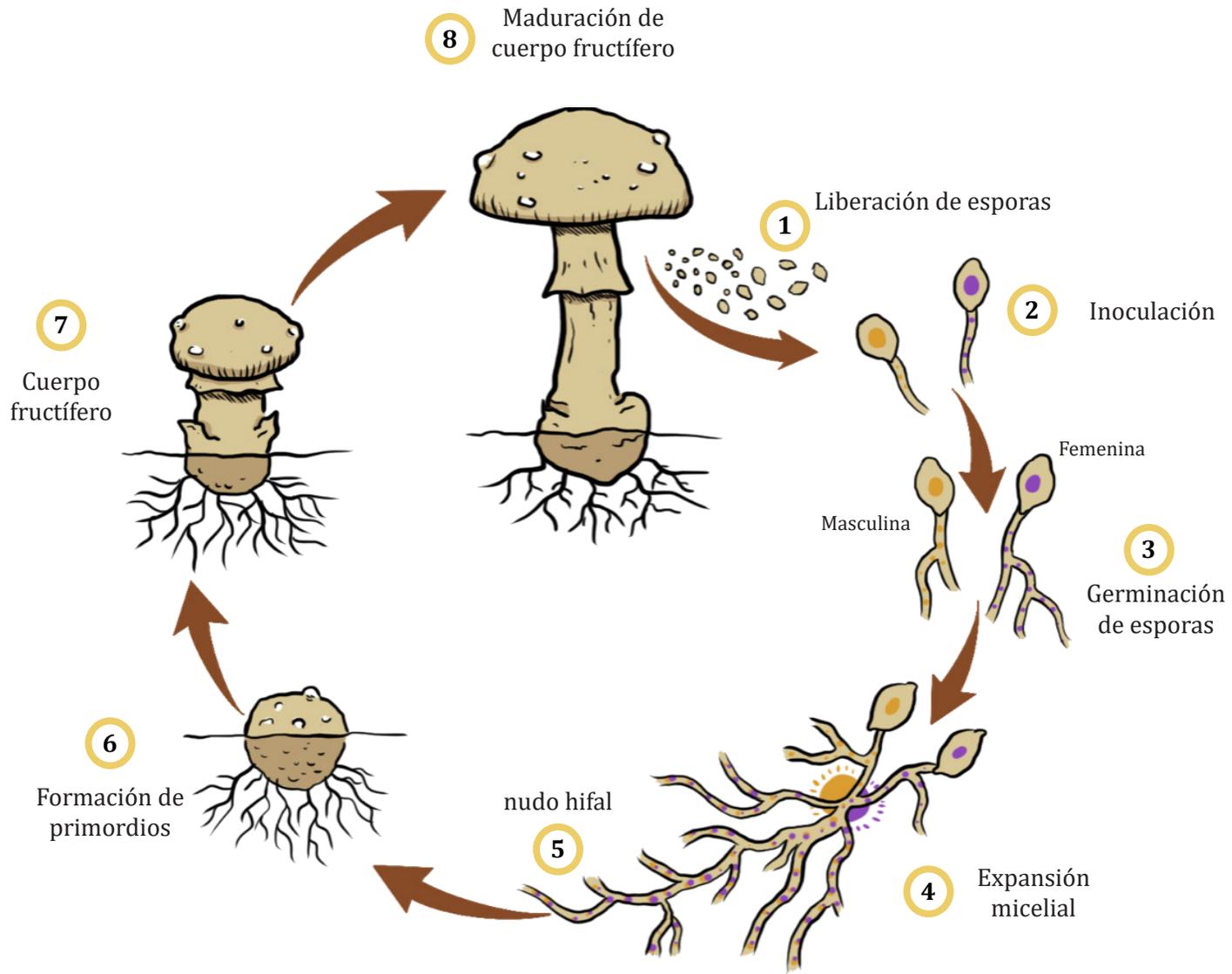


Figura 10. Ciclo de vida de un hongo. Fuente: Fungitivo.

1.4.4 ELECCIÓN DEL HONGO

Dada la gran diversidad de hongos a lo largo del territorio nacional, se establecen dos grandes decisiones para la elección del hongo a trabajar en la creación de un material biobasado, las cuales son:

1. Se decide trabajar desde el territorio, por lo cual, la especie seleccionada debe ser un habitante de la región Metropolitana.
2. El hongo se debe alimentar de celulosa en algún porcentaje, dado que es la materia principal de la fibra vegetal de algodón.

Al trabajar desde el territorio se procede a realizar una salida a terreno para observar y documentar las especies encontradas dentro de la región Metropolitana. Se llevaron a cabo salidas a terreno entre los meses de Mayo y Junio del año 2019 (ver anexo 3).

Las especies encontradas fueron registradas fotográficamente, para posteriormente identificarlas y estudiarlas para saber cuál de ellas cumplía con el segundo punto mencionado; debido a que todas cumplen con el primer punto.

De esta manera, se selecciona el hongo *Pleurotus ostreatus* al ser el único que cumple con las condiciones establecidas. El ejemplar se muestra en la figura 11, el cual fue encontrado en las dependencias del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, ubicado en la comuna de Independencia.



Figura 11. *Pleurotus ostreatus* encontrado en el hospital clínico de la Universidad de Chile. Fuente: Elaboración propia.

1.5 PLEUROTUS OSTREATUS

A continuación se detallan datos relevantes sobre el hongo seleccionado *Pleurotus ostreatus*, como sus características y crecimiento, siendo este último fundamental porque implica los factores necesarios para el desarrollo del micelio, que es la parte vegetativa que se utilizara para la creación del material biobasado. Cabe destacar, que para fines de este proyecto no se requiere de la fructificación del hongo para la creación del material biobasado, solamente la formación de su parte vegetativa, es decir, el micelio del hongo.

1.5.1 CARACTERÍSTICAS

La palabra *Pleurotus* viene del griego “*pleuro*” que significa formado lateralmente o en posición lateral; por otra parte, *ostreatus* viene del latín cuyo significado es en forma de ostra, haciendo referencia a la apariencia y color del cuerpo fructífero que posee. Otros nombres con los cuales se les suele identificar a esta especie son: Hongo Ostra, Champiñón Ostra, Gírgola, Orellana, Seta de chopo o simplemente Seta (Ardón, 2007). En esta investigación se referirá al hongo simplemente por su nombre científico, es decir, *Pleurotus ostreatus*.

Es un hongo comestible perteneciente a la clase Basidiomycetes, orden Agaricales y familia Tricholomataceae (Furci, 2007). Los cuerpos fructíferos del hongo *Pleurotus ostreatus* se pueden encontrar en tocones de diversos árboles. En Chile puede ser encontrado en la zona centro y sur del país, crece sobre tronco de árboles preferentemente en álamos, aunque también puede crecer en troncos de sauces, sauce argentino, moreras y acacias. La mejor época de recolección es en otoño hasta inicios de la primavera, idealmente luego de 2 o 3 días de lluvia (France, Cañumir y Cortez, 2000).

Los hongos del género *Pleurotus* son saprófitos y consumen los nutrientes necesarios para su crecimiento a partir de los materiales sobre los que crece, con la capacidad de degradar la celulosa y lignina presente en los materiales. Los principales sustratos para el cultivo del hongo se encuentra en esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café, entre otros), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas). Entre los sustratos más utilizados se encuentran las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo, y en menor cantidad la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar y de maguey tequilero, entre otros. En oportunidades la combinación de sustratos en diferentes proporciones incrementa la producción de hongos (Gaitán et al., 2006).

Gaitán et al. (2006) señalan ciertos factores fundamentales para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, como lo es, el suministrar un sustrato adecuado de manera que los nutrientes sean consumidos por el micelio del hongo permitiendo su crecimiento y al momento de seleccionar el sustrato es fundamental conocer la disponibilidad y abundancia del material en la región donde se piensa cultivar, teniendo en consideración el precio de adquisición y el transporte. Para el óptimo desarrollo del hongo es necesario mantener la temperatura, humedad, flujo de aire y luz adecuada

1.5.2 CRECIMIENTO

Para esta investigación y desarrollo de material biobasado es fundamental el crecimiento del micelio, debido a que es usado como aglomerante natural para la conformación del material biobasado. Como bien se ha mencionado anteriormente, para dicha investigación no se requiere de los cuerpos fructíferos del hongo, solo su desarrollo vegetativo (micelio), por ende, a continuación se darán a conocer los factores que permiten el óptimo crecimiento del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, siendo estos:

Factor físico: Sánchez y Royse (2001) señala que la humedad, es un parámetro importante para el óptimo crecimiento del micelio, por lo mismo, la humedad del sustrato influirá directamente sobre el desarrollo del hongo debido a que afecta la disponibilidad de nutrientes, esta debe ser entre 50 - 80%. Cabe destacar que cada sustrato tiene una capacidad de retención de agua diferente.

La temperatura óptima para el crecimiento del micelio en la etapa de incubación es de 25-28°C (Gaitán et al., 2006) pudiendo ser menor, pero con un crecimiento más lento y temperaturas mayores pueden llegar a matar el hongo (France, Cañumir y Cortez, 2000).

La luz en la etapa de incubación no es esencial para el crecimiento del micelio, ya que debe crecer en total oscuridad.

Por otra parte, la aireación puede ser mínima, debido a que el hongo soporta elevadas concentraciones de CO₂. Por ende, es suficiente realizando unas perforaciones en el recipiente que lo contiene (France, Cañumir y Cortez, 2000).

Factor químico: Para el crecimiento de los hongos *Pleurotus* los datos varían entre 4 y 7 de pH. El hongo *Pleurotus ostreatus* tiene un óptimo desarrollo entre 5.5 y 6.5 de pH (Sánchez y Royse, 2001).

Factor biológico: Como bien se ha mencionado el hongo se puede reproducir a partir de esporas y/o micelio. Para esta investigación y creación del material biobasado, la reproducción será solo a partir de micelio.

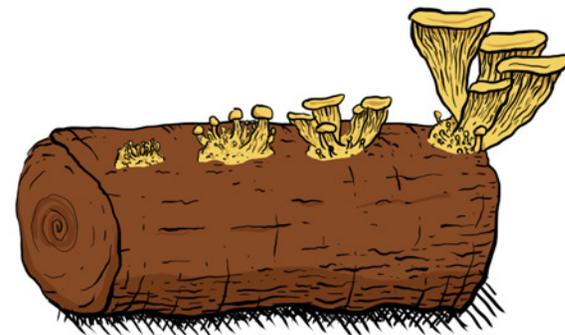


Figura 12. Crecimiento. Fuente: Fungitivo.

1.5.3 ETAPAS DEL CULTIVO *PLEUROTUS OSTREATUS*

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* puede ser realizado a escala industrial o artesanal, cuya diferencia será el nivel de producción, capital invertido, la complejidad de la organización de la empresa y la productividad del sistema de producción (Ardon, 2007). Basado en Guzmán et al. (1993) y Gaitán et al (2006) las etapas y desarrollo para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* son las siguientes:

1. Preparación de medios de cultivo

La preparación del medio de cultivo consiste en un medio sólido que proporciona todos los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo del hongo. Dentro de los medios más frecuentes para el cultivo de *Pleurotus* son: agar papa dextrosa (APD) y agar malta (AM) (France et al., 2000).

Los medios de cultivo son preparados en tubos de ensayos, placas de petri o frasquitos especiales, los cuales, deben ser esterilizados en autoclave u olla a presión a 121 °C por 15 minutos. Una vez esterilizado se deja enfriar para su posterior manipulación.

La esterilización se realiza para eliminar la mayor cantidad de microorganismos presentes en el medio, para que, posteriormente el hongo pueda colonizar sin mayores inconvenientes.

2. Aislamiento de la cepa

El aislamiento de la cepa se puede realizar por medio de tejido (fragmento del hongo) o por medio de esporas. Ambos aislamientos se detallan a continuación:

A. Aislamiento por medio de tejido

Consiste en recolectar un cuerpo fructífero de la cepa seleccionada, en este caso, *Pleurotus ostreatus*; se debe tomar un pequeño fragmento del interior del cuerpo fructífero y reproducirlo en el medio de cultivo. El ejemplar recolectado debe estar en buen estado, joven, fresco, turgente y limpio. Este medio es el más simple y el resultado una copia idéntica del hongo del cual se adquirió el tejido.

El procedimiento se debe realizar en un ambiente de absoluta asepsia y con materiales previamente esterilizados. Se procede a cortar el cuerpo fructífero de forma longitudinal y con una pinza tomar un trozo de aproximadamente 2 mm del micelio o carne del hongo, se debe colocar inmediatamente sobre el medio de cultivo, sellar e incubar. A los 2 o 3 días se comienza apreciar el crecimiento del micelio si el procedimiento se realizó correctamente.

B. Aislamiento por medio de esporas

Para la obtención de esporas se debe colocar la parte superior del cuerpo fructífero (sombbrero) sobre un papel estéril durante 6-8 horas, se debe tapar con un recipiente limpio y estéril. Pasado las horas, se retira el hongo del papel quedando las esporas del hongo sobre este de una manera radial, se recomienda secar en una incubadora por 24 horas a 28-30°C. Posteriormente se procede a cortar un trozo 10 mm x 10 mm y sumergirlo en 100 ml de agua estéril fría, se agita para que las esporas se disuelva y se deposita una dosis de 0.5 ml en una placa petri con el medio nutritivo que se procede a sellar e incubar. A los 5-8 días se apreciará el crecimiento de micelio.

3. Elaboración de inóculo (spawn)

Esta etapa consiste en la propagación del hongo en granos de gramíneas, los cuales pueden ser: trigo, maíz, avena, centeno, sorgo, cebada, mijo, arroz, entre otros. La elección del grano depende de su bajo costo, calidad y disponibilidad.

La semilla se debe lavar e hidratar por inmersión en agua durante 8-12 horas, absorbiendo entre 20-30%. Posteriormente se enjuagan los granos y se dejan secar hasta que no se encuentren húmedos.

Otra preparación del grano consiste en lavarlos hasta que el agua no salga turbia y sea lo más transparente posible a modo de retirar las impurezas, sumergir el grano en agua fría y hervir durante 15 minutos o hasta que tenga una consistencia más blanda, transcurrido el tiempo retirar el exceso de agua y dejar secar hasta que no estén húmedos.

Una vez controlada la humedad del grano, se depositan en frascos de vidrio o bien en bolsas de polipapel para esterilizar en olla a presión o autoclave durante 50-60 minutos y se deja enfriar para su posterior utilización.

La esterilización se realiza para eliminar la mayor cantidad de organismos presentes en el sustrato, ya sean: mohos, esporas, bacterias, entre otros, y a su vez combatir con microorganismos llamados extremófilos, los cuales soportan las altas temperaturas de la esterilización, pero quedan inactivas por un momento, tiempo necesario para que el micelio pueda colonizar el frasco.

En un ambiente de absoluta asepsia y herramientas esterilizadas

se depositan las bolsas o frascos de vidrios con el grano y la placa petri ya colonizada por el micelio. Se procede a cortar un trozo de micelio de 10 mm x 10 mm que se incorpora a la bolsa o frasco de vidrio, se procede a sellar y hacer unas pequeñas perforaciones para el intercambio gaseoso.

Una vez inoculado el grano se incuba a 25-28°C en total oscuridad hasta que el micelio cubra completamente el grano, que será, 15-20 días después. Si el inóculo no es utilizado inmediatamente, se puede refrigerar de preferencia en oscuridad a 5°C hasta por 3 meses

4. Tratamiento del sustrato

Los sustratos se deben someter a un tratamiento previo, en el cual, se aplica calor para la disminución de la flora microbiana nociva presente en ellos, de esta manera, se eliminan microorganismos competidores de espacio y nutrientes; permitiendo así, que el hongo *Pleurotus ostreatus* tenga mayores posibilidades de colonizar el sustrato.

Para algunos sustratos es recomendable la fermentación aerobia, que varía entre 3-10 días según sea el sustrato utilizado.

La pasteurización es la técnica más utilizada, cuyo propósito es preparar el sustrato para un eficaz desarrollo de micelio. Existen dos formas distintas de aplicar esta técnica:

A. Pasteurización con vapor

Se coloca el sustrato en un área cerrada al cual se le aplica calor por una caldera eléctrica (diesel o gasolina) por medio de tubos

de cobre o mangueras resistentes al calor. Se debe alcanzar una temperatura entre 70-80°C durante 2-4 horas.

B. Pasteurización por inmersión en agua caliente

Sumergir el sustrato en agua caliente 75-80°C durante 1 hora. Una vez realizada la pasteurización se puede inocular el sustrato con el grano colonizado.

Cabe destacar que la temperatura de pasteurización se debe mantener constante, ya que, si esta aumenta puede generar cambios en la composición química del sustrato generando la solubilización de azúcares simples, lo cual conlleva a una mayor invasión de hongos contaminantes que impiden el buen desarrollo de micelio. De modo contrario, si la temperatura es inferior a 55°C muchos organismos competidores presentes en el sustrato no serán eliminados, provocando futuras contaminaciones.

Respecto a la capacidad de retención de humedad del sustrato, el hongo crecerá de manera propicia en aquellos que posean entre el 70-80%, cabe mencionar que cada sustrato tiene una capacidad de retención diferente. Inferior al 70% el hongo crecerá de manera irregular, con poco vigor y se verá afectado fácilmente por organismos competidores; de modo contrario si el porcentaje es superior al 80% el micelio disminuye su crecimiento debido al ahogamiento por el exceso de humedad.

5. Siembra

En esta etapa se debe trabajar en un ambiente de absoluta asepsia, cerrado y con herramientas esterilizadas y desinfectadas con

alcohol al 70°.

En una mesa se deposita el sustrato previamente pasteurizado y escurrido, una vez que el sustrato adquiere una temperatura menor a 30°C se procede a iniciar la siembra. Se intercala de manera manual capas de sustrato y granos inoculados de manera uniforme y evitar dejar espacios sin cubrir por granos inoculados. Se utiliza aproximadamente el 5% de grano inoculado por peso húmedo de sustrato, se procede a sellar las bolsas o frascos de vidrios.

6. Incubación

Posterior a la siembra, se procede a incubar el sustrato inoculado a 25-28°C en un cuarto limpio y oscuro.

Al día siguiente se realizan pequeñas perforaciones con un objeto desinfectado en las bolsas o tapa de los frascos inoculados para permitir la oxigenación del hongo. Se deberá mantener en total oscuridad hasta que el micelio colonice completamente el sustrato, 2-3 semanas aproximadamente.

7. Producción y cosecha

Se prepara un área cerrada y de fácil limpieza para colocar las bolsas o frascos colonizados por micelio. Pocos días después de transferir al área comienza la aparición de primordios, los cuales, son una masa algodonosa, aquí se recomienda realizar una perforación mayor para su posterior crecimiento; a la semana están listos para ser cosechados.

La primera cosecha puede durar 1-3 días, posteriormente hay un receso de 2 semanas para la siguiente cosecha, siempre y cuando se mantengan las condiciones ideales para su crecimiento. Las bolsas o frascos de vidrio puede entre 2-4 cosechas, siendo la más importante la primera cosecha debido a que es la que mayor cantidad de fructificaciones produce.

Como ya se ha mencionado en la introducción del hongo *Pleurotus ostreatus*, para fines de esta investigación no se requiere de los cuerpos fructíferos del hongo, por lo cual, esta última etapa no será llevada a cabo por la investigadora. Se considera necesario mencionarla para comprender y conocer las etapas y proceso completo del cultivo de hongos, en esta ocasión, *Pleurotus ostreatus*.

A continuación en la figura 13 se representa el proceso de elaboración del cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus*. En el punto 1 se representa la preparación del medio de cultivo, luego en punto 2 se muestra el aislamiento de la cepa, en tercer lugar se muestra la preparación del inóculo (spawn), posteriormente en el punto 4 se representa el tratamiento del sustrato, en el 5 punto la siembra, luego en 6 punto la incubación y finalmente la producción y cosecha de los cuerpos fructíferos.

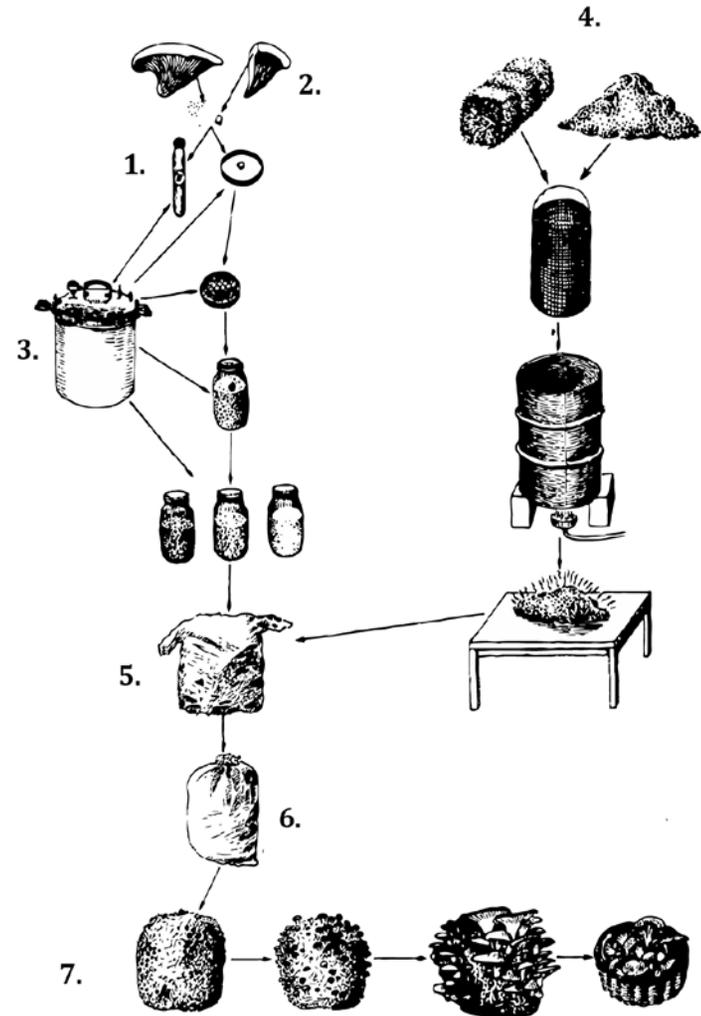


Figura 13. Etapas del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Fuente: Elaboración propia basada en (Guzmán et al., 1993).

1.6 ESTADO DEL ARTE

El estado del arte se divide en dos puntos principalmente, por una parte materiales generados a partir del micelio del hongo (mushroom materials) y por otra parte materiales a partir de residuos textiles; en ambos casos se presentan referentes tanto a nivel nacional como internacional. A nivel nacional se encuentran menos referentes, pero sí hay proyectos muy potentes que es importante destacar y resaltar.

1.6.1 MUSHROOM MATERIALS

Los materiales creados a partir del micelio de hongo es una tendencia que ha ido en aumento con los años dentro del mundo del diseño y arquitectura, esto se debe principalmente a las cualidades que posee el micelio como aglomerante natural y los diversos sustratos que se pueden utilizar, de los cuales, en su mayoría son residuos de otras industrias y/o procesos; convirtiendo problemáticas en oportunidades.

Así también ofrece una amplia gama de productos, como textiles, sillas, lámparas, packaging, esculturas, entre otros. Si bien, con los años se ha ido experimentando más con el Reino Fungi en materiales, falta mucho por desarrollar y potenciar. Cabe mencionar que algunas empresas y/o proyectos no mencionan el hongo con el cual trabajan.

A continuación se muestran productos, proyectos e investigaciones creados a partir del micelio de hongo utilizando diversos sustratos.

A. MycoTEX

Tejido sostenible a partir de micelio puro (no menciona especie), el cual se basa en la forma del cuerpo para su proceso de modelado; evitando de esta manera desperdicios y la necesidad de cortar y coser.

NEFFA es la marca holandesa creadora de MycoTEX fundada por Aniela Hoytink, la cual se enfoca en la imitación de la piel y sus aspectos dinámicos, cambiantes y vivos. Su propósito es la creación de textiles que actúen como organismos vivos y los cuales pueden hacer simbiosis junto al usuario (Neffa).



Figura 14. MycoTEX. Fuente: Neffa.

B. Ecovative Design

Empresa de biotecnología con conciencia en el medio ambiente y la reducción de plástico, su propósito es crear materiales que sean compatibles con la Tierra. Fue creada en el año 2006 por los Estadounidenses Eben Bayer y Gavin McIntyre.

Ecovative design se dedica a la creación de productos a base de micelio, la raíz del hongo. A partir de su proceso de biofabricación pueden determinar ciertos parámetros como lo son: porosidad, textura, fuerza, resiliencia, orientación de la fibra, entre otros.

Utilizan como sustratos restos de cultivos procedentes de la agricultura local, los cuales son inoculados con el hongo en moldes reutilizables creados a partir de termoformado. Uno de los residuos utilizado es el cáñamo.

Sus principales desafíos son la disminución del plástico y la agricultura animal, por el nivel de contaminación generado al medio ambiente y ser humano.

Sus patentes son Atlast, que es una carne vegetal creada por el micelio del hongo, MycoFlex una espuma de micelio de alto rendimiento y MycoComposite que es micelio de hongo más residuos de cáñamo utilizado principalmente para packaging (Ecavative Design).

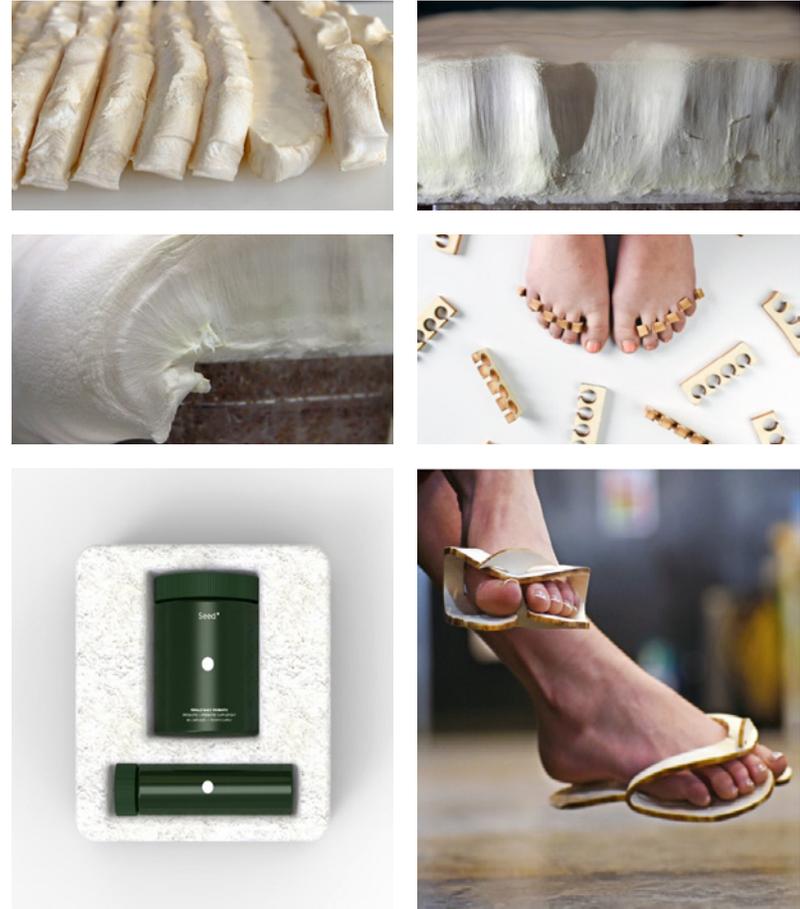


Figura 15. Ecovative Design. Fuente: Ecovative Design

C. MYX

Creado por el diseñador de productos Jonas Edvard, formado en la Real Academia de Bellas Artes de Dinamarca. A partir de la investigación de materias primas crea MYX, la cual consiste en la fabricación de lámparas creadas por el micelio de un hongo en este caso *Pleurotus ostreatus* más los subproductos de las fibras de las plantas utilizadas en la industria textil, en este caso, la fibra vegetal de cáñamo (Jonasedvard, 2013).



Figura 16. MYX. Fuente: Jonas Edvard.

D. MycoWorks

Empresa estadounidense creada por Phil Ross, la cual es conformada por un equipo de ingenieros, diseñadores y científicos el cual se enfoca en la naturaleza y una vida libre de crueldad es que han elaborado un cuero partir del micelio del hongo *Ganoderma lucidum* y subproductos agrícolas en un proceso de carbono (Mycoworks)

El primer producto creado se llama Reishi, un cuero vegetal creado a partir del micelio del hongo *Ganoderma lucidum*.

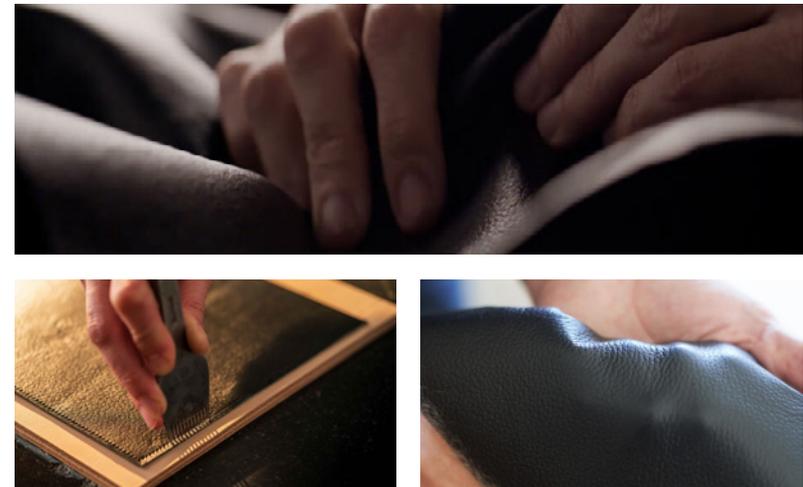


Figura 17. MycoWorks. Fuente: MycoWorks.

E. Mycelium Chair

Silla impresa en 3D creada por el diseñador Eric Klarenbeek, en la cual crea una delgada capa de bioplástico impreso con la estructura de la silla, la cual contiene el crecimiento del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, utilizando como sustrato la paja (Fairs, 2013).



Figura 18. Mycelium Chair. Fuente: Dezeen.

F. Officina Corpuscoli

Estudio multidisciplinario fundado en 2010 por Maurizio Montalti en Ámsterdam, el cual brinda consultorías creativas y desarrolla proyectos por encargo y por iniciativa propia, a menudo inspirados y en colaboración con sistemas y organismos vivos.

Colabora con profesionales de diversas disciplinas a través de procesos co-creativos, para llegar a soluciones y diseños que invitan a la reflexión (Corpuscoli).



Figura 19. Officina Corpuscoli. Fuente: Corpuscoli.

G. Grown Structures

Estructuras desarrolladas a partir del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato cartón y vendaje algodón en forma de tubo para contener la mezcla. Este proyecto es llevado a cabo por el estudiante londinense Aleksí Vesaluoma en conjunto a la firma de arquitectura Astudio (MaterialDistrict, 2017).



Figura 20. Grown Structures. Fuente: MaterialDistrict.

H. Living Cocoon

Féretro conformado por micelio y aserrín creado por el investigador Bob Hendriks de la Universidad Tecnológica de Delft, que otorga la descomposición del cuerpo de manera más acelerada y amigable con el medio ambiente, ya que los hongos tienen la cualidad de descomponer sustancias tóxicas de la tierra.

Este féretro viviente se elabora en una semana y tarda 2 a 3 años en descomponerse a diferencia de los tradicionales que tardan 10 años aproximadamente y permite a las personas a ser una con la naturaleza a la vez que se nutre el suelo (Hitti, 2020).



Figura 21. Living cocoon. Fuente: Dezeen.

I. Mylo

Cuero vegetal creado a partir del micelio del hongo por la empresa Bolt Threads, la cual se inspira en la naturaleza para crear materiales sostenibles.

Mylo es un cuero vegetal que puede adquirir cualquier color, relieve o textura; flexible y suave con características similares al cuero pero con un impacto ambiental mucho menor.

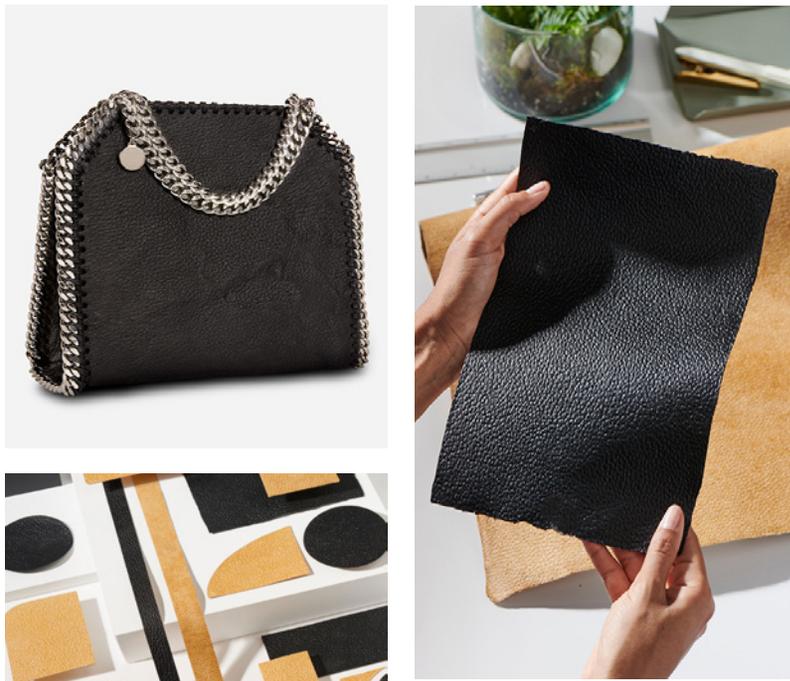


Figura 22. Mylo. Fuente: Bolt Threads.

J. Kuo Duo

El estudio de diseño surcoreano diseñó diseños de máscaras elaboradas a partir de micelio y desechos agrícolas de cáñamo, cada máscara con un diseño diferente inspirado en las formas de los hongos (MaterialDistrict, 2020).



Figura 23. Kuo Duo. Fuente: MaterialDistrict.

K. Myconoe

Katy Ayers estudiante de Central Community College en Columbus, Nebraska creó una canoa a base de micelio de hongo. Es una embarcación de 8 pies con la forma de una canoa tradicional, la cual fructifica cada vez que es utilizada. La idea de crear una canoa a base de micelio surge de las propiedades que posee el micelio para flotar y ser impermeable.

Para llevar a cabo la conformación de la canoa, desarrollaron un esqueleto de madera y una estructura similar a una hamaca para suspender la pieza en el aire. La pieza fue ubicada en una sala de cultivo especial, donde permaneció durante 2 semanas. Finalmente dejaron la pieza secar de manera natural, alcanzando un peso de 100 libras (kuta, 2020).

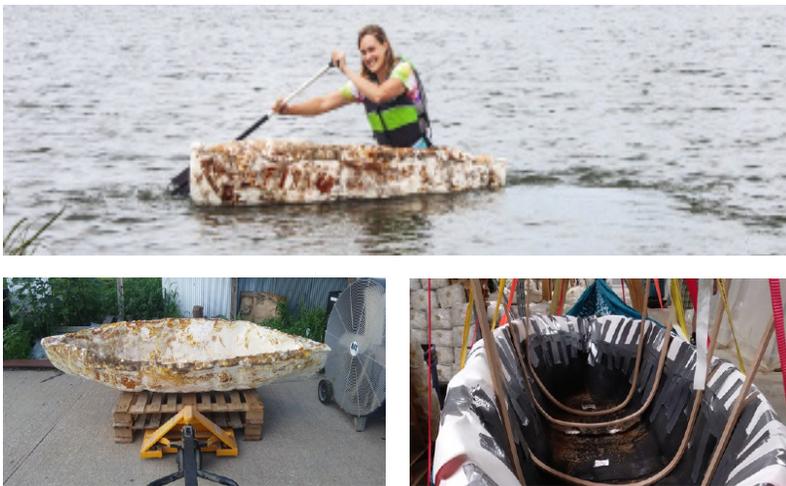


Figura 24. Myconoe. Fuente: NBC News.

L. Radial Biomateriales

Empresa de biotecnología ubicada en México, enfocada a la creación de productos a partir del micelio de hongo más residuos agroindustriales, poseen baja densidad, alta resistencia, flexibilidad e ignífugo (Radialbio).



Figura 25. Radial Biomateriales. Fuente: Radialbio.

M. Mycomaker

Organización ubicada en Quito, Ecuador el cual divulga conocimiento sobre el Reino Fungi especialmente técnicas para la creación de biomateriales; siendo la mycotextura su principal fuerte, buscando soluciones a distintas problemáticas como el plástico, espuma flex entre otros. Utilizan hongos nativos, principalmente *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum*

Su enfoque es educativo, donde ofrecen talleres para el aprendizaje de mycotexturas y también apoyan a productores nacionales en producción y desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Mycomaker).

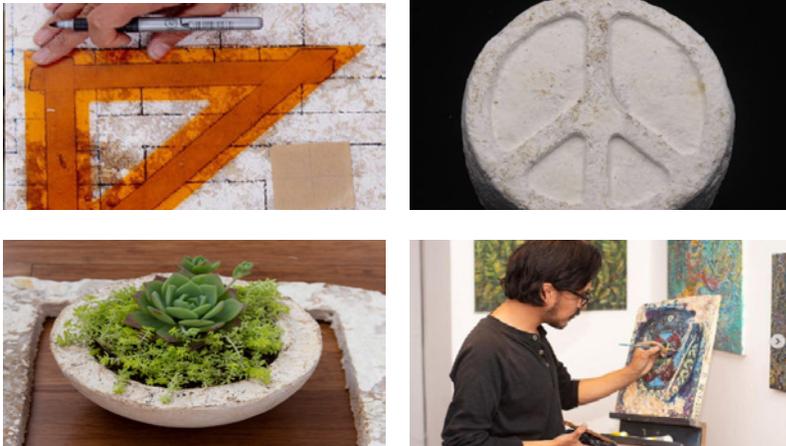


Figura 26. Mycomaker. Fuente: Mycomaker.

N. Biofab UC

El Laboratorio de Biofabricación FADEU es una organización ubicada en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Se caracteriza por ser un laboratorio multidisciplinario dedicado a la investigación de organismos vivos para el proceso de biofabricación y biomateriales. Los proyectos son llevados a cabo a partir de tecnología de bajo costo y a su vez de libre acceso. Utilizan principalmente *Trametes versicolor* y *Pleurotus ostreatus*.

Laboratorio de Biofabricación, en el cual realizó la práctica profesional la investigadora.



Figura 27. Biofab UC. Fuente: Biofab.uc y elaboración propia.

1.6.2 MATERIALES DE RESIDUOS TEXTILES

Los residuos textiles se clasifican en dos tipos, uno es el pre-consumo; es decir, los materiales sobrantes de la producción de prendas de vestir, en donde, una sola fábrica puede producir entre el 5% y 25% de residuos textiles anuales. El segundo tipo de residuo es post-consumo, que son las prendas descartadas por los y las consumidoras posterior a su uso.

A partir de esta problemática es que diversos actores han decidido crear materiales con los residuos textiles y convertirlos en una oportunidad. Se estima que cada tonelada reutilizada de productos textiles ahorra 20 toneladas de CO₂ a la atmósfera ya la vez, se evita que llegue a los basurales donde en la mayoría de las veces se incinera o bien queda por años contaminando a través de los tintes y estampados.

En los últimos 20-30 años se ha visto intensificado el uso y consumo de prendas textiles, donde increíblemente compramos más y pagamos menos. Estas prendas son diseñadas con telas de baja calidad y duran muy poco tiempo, por lo cual, el y la consumidora vuelve nuevamente a comprar, siendo un círculo de consumo sin fin.

A continuación se expondrán referentes en el uso de residuos textiles tanto a nivel internacional como nacional.

A. Really

Empresa de Dinamarca enfocada en la economía circular, la cual se encarga del reciclaje textil para la creación de nuevos materiales.

Crea tableros a partir de desechos textiles (algodón - lana) siendo un material de alta densidad. El material se compone de un 70% textil y 30% aglutinante (bicomponente o termoplástico).

Los tableros se pueden: cortar, lijar, ensamblar, fresar y taladrar sin ningún inconveniente logrando acabados finos (kvadrat).

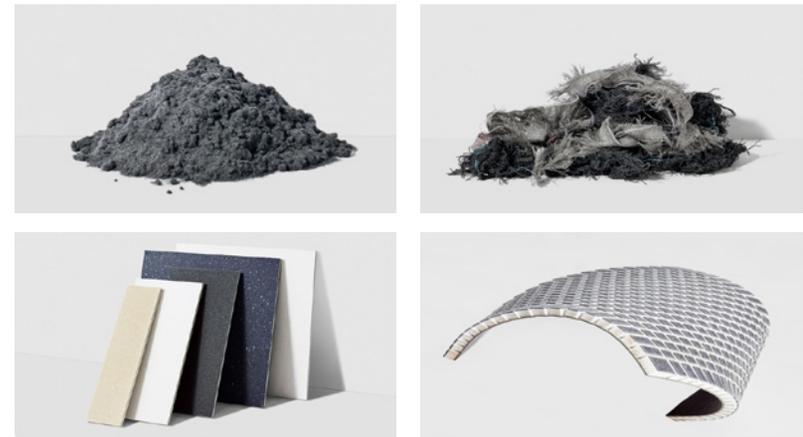


Figura 28. Really. Fuente: kvadrat.

B. Mosevic

Gafas hechas a partir de denim reciclados, conformada entre 3 a 10 capas de telas comprimidas aglomeradas con resina de base biológica y finalmente recubiertas por una cera natural otorgando resistencia al agua. Basado en la moda sostenible, trabajo artesanal y responsabilidad ambiental.

Los desechos textiles son donados por diversas compañías de la industria textil siendo colaboradores del proyecto (Mosevic).

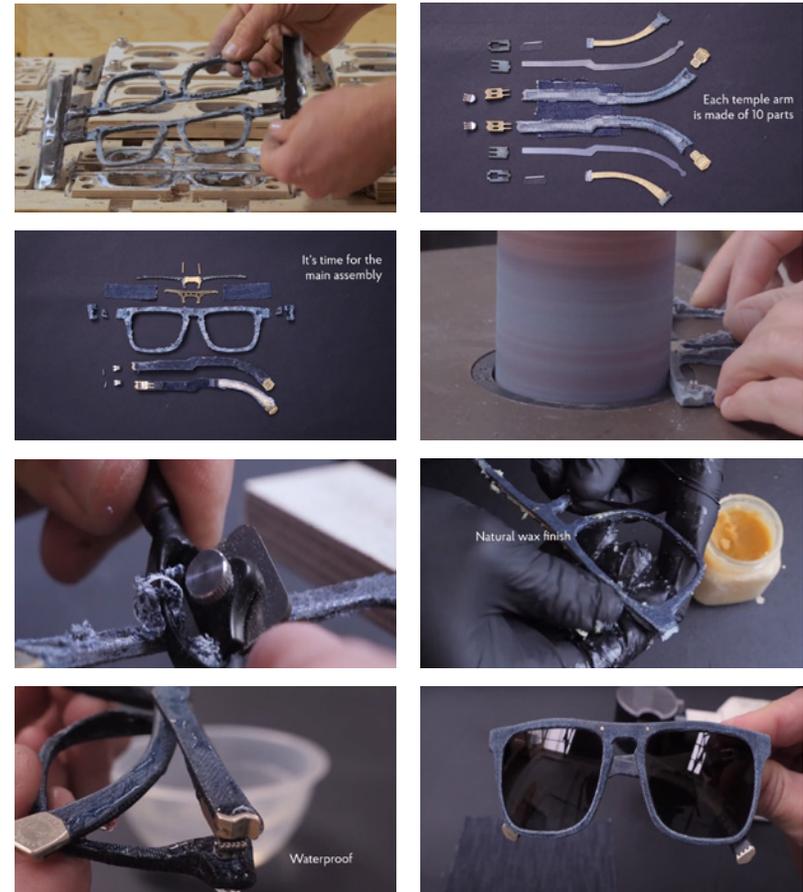
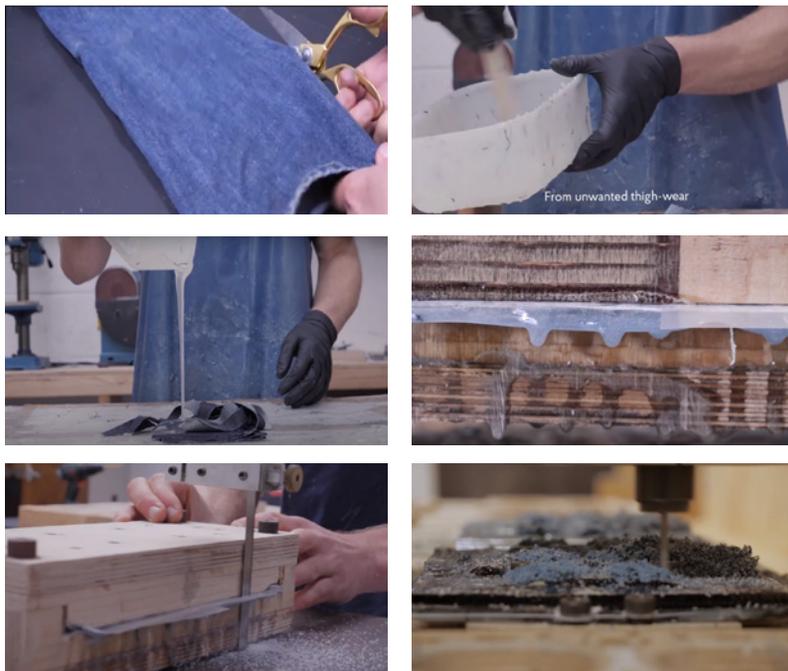


Figura 29. Mosevic. Fuente: Mosevic.

C. Demodé

Material conformado con residuos textiles creado en el año 2010 por la diseñadora Chilena Bernardita Marambio, en el cual se aprovechan y rescatan residuos textiles para ser aglomerados con un adhesivo 100% biodegradable a base de almidón; otorgando resistencia estructural.

El material conformado posee gran resistencia al impacto, versatilidad ya que puede ser mecanizado (corte con sierra, perforado, lijado, atornillado, encolado, adhesión a otros materiales, entro otros) y autoextinguible; siendo utilizado diferentes aplicaciones: mobiliario, objetos y accesorios (bernaditamarambio).

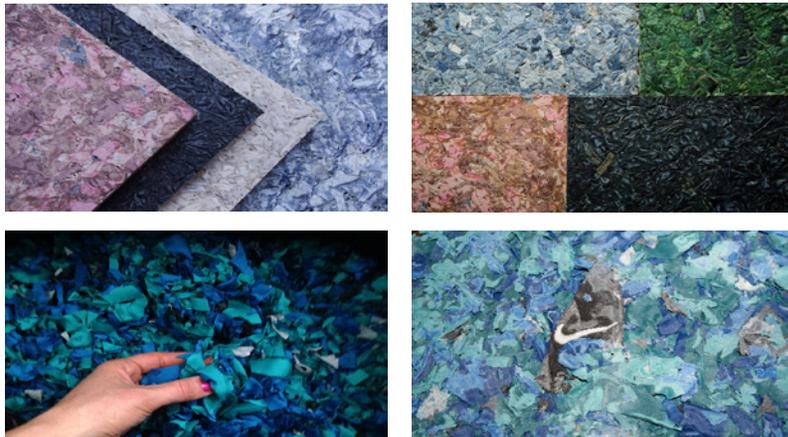


Figura 30. Demodé. Fuente: Bernadita Marambio.

B. Ecocitex

Empresa chilena enfocada en la reutilización y reciclaje de ropa en mal estado y descartes de la industria textil. Posee un centro de acopio en su fábrica ubicada en la comuna de Macul, también se puede entregar las prendas a través de la empresa Ecológico que se dedica al retiro de residuos en domicilios y Pantera Courier para que retire la ropa al domicilio en bicicleta (Ecocitex).

La ropa se clasifica de la siguiente forma:

- Si se encuentra en buen estado esta es donada o bien se vende, para así alargar el ciclo de vida de la prenda.
- Se rescata algunos textiles de ropa en mal estado para transformarla en bolsos, estuches, puf, entre otros.
- La ropa en mal estado que no se puede reutilizar ni convertir es transformada en hilado, con ella se crean ovillos y conos de hilado para confeccionar prendas y accesorios.



Figura 31. Ecocitex. Fuente: Ecocitex.

RESUMEN REVISIÓN DE REFERENTES				
MUSHROOM MATERIALS	NOMBRE	RESIDUO UTILIZADO	AGLOMERANTE	PRODUCTO/APLICACIÓN
	MycotEX	No utiliza	No menciona especie	Indumentaria
	Ecovative Design	Ecovative Design	No menciona especie	Packaging, cuidado para la piel, vestimenta, comida
	MYX	Agramiza	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Lamparas
	Mycoworks	Subproductos agrícolas	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cuero Vegetal
	Mycelium Chair	Paja	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Silla
	Officina Corpuscoli	Subproductos agrícolas	No menciona especie	Esculturas, recipientes, zapatos, decoración
	Grown Structures	Cartón	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Estructura
	Living Cocoom	No especifica	No menciona especie	Féretro
	Mylo	No especifica	No menciona especie	Cuero vegetal
	Kuo Duo	Desechos agrícolas de cañamos	No menciona especie	Máscaras
	Myconoe	No especifica	No menciona especie	Canoa
	Radial Biomateriales	Agrícolas	No menciona especie	Maceteros, objetos decorativos, embalaje
	Mycomaker	Desechos agrícolas de cañamos	<i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Ganoderma lucidum</i>	Maceteros, lienzos, objetos decorativos
	Biofab UC	Textil, paja	<i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Trametes versicolor</i>	Mycotextil, ladrillos
MATERIALES DE RESIDUOS TEXTILES	Really	Textil (Algodón - Lana)	No específica	Tableros
	Mosevic	Denim	Resina	Lentes
	Demodé	Textil	Adhesivo a base de almidón	Muebles, decoración, tableros
	Ecocitex	Textiles	No utiliza	Lana reciclada

Tabla 1. Resumen revisión de referentes. Fuente: Elaboración propia.

1.6.3 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE REFERENTES

En la tabla 1 se resume la revisión de referentes de tanto de los mushroom materials como materiales de residuos textiles, analizando principalmente el residuo utilizado, tipo de aglutinante además de las aplicaciones y/o productos desarrollados.

A partir de los referentes de mushroom materials se concluye que un amplio porcentaje no comparte la información completamente, ya que no menciona el hongo que utilizan o los sustratos que ocupan, más bien, estos son mencionados de una manera muy amplia; esto se debe principalmente a que el mundo de los mushroom materials se ha introducido a nivel industrial en los últimos años como una alternativa amigable con el medio ambiente en reemplazo a materiales como plástico, cuero animal, poliestireno expandido, entre otros.

Si bien hay un porcentaje considerable de proyectos que no hablan en detalle de sus procesos por estar en venta o en desarrollo para su posterior ingreso al mercado, se ha desarrollado otras aristas en la cual los creadores de mushroom materials comparten sus conocimientos y entregan información de manera abierta a la comunidad, en favor de abrir y acercar los conocimientos. Dentro de los proyectos que comparten mayor información encontramos que los hongos más utilizados son *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum*, siendo utilizados con diversos sustratos, pero mayoritariamente utilizados con subproductos agrícolas, presentando productos y/o aplicaciones diversas desde indumentaria hasta féretros.

Por otra parte, los referentes de materiales de residuos textiles son menor en comparación a los mushroom materials, pero con diversas aplicaciones; así también la granulometría utilizada, ya que Really trabaja con partículas muy ínfimas tipo polvo para sus tableros, similar a Ecocitex que desintegra las prendas textiles para crear las lanas; a diferencia de Demodé que utiliza el textil en una granulometría superior donde simplemente corta el textil, pero no lo desintegrar de igual manera que Monsevic que utiliza los residuos textiles de manera laminar. Cada uno de los referentes mencionados trabajan procesos totalmente distintos llegando a productos y/o aplicaciones únicas e interesantes.

Se destacan los procesos utilizados para la creación de materiales, tanto de los mushroom materials como de los materiales de residuos textiles, siendo algunos de estos procesos similares a los realizados por la investigadora para la creación del material biobasado conformado con residuos textiles (crea cruda), domiciliarios (conos de papel higiénico) y micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*, siendo similar a Mycotextil desarrollado por BioFab en el sentido de la utilización de textil como sustrato y micelio de hongo como aglomerante, pero con diferencias en el tipo y granulometría del textil así como su adquisición; por otra parte varía el tipo de hongo utilizado y las cualidades finales del material adquirido.

El material biobasado desarrollado por la investigadora se diferencia en los sustratos utilizados provenientes de la industria textil y domiciliarios, a modo de ampliar los sustratos que se pueden utilizar y a la vez potenciar las cualidades del hongo *Pleurotus ostreatus*.

CAPÍTULO II

M É T O D O S

La presente investigación es de carácter exploratorio y a su vez experimental, cuyo fin, es desarrollar y caracterizar un material biobasado compuesto a partir de la utilización de la fibra textil vegetal de algodón; utilizando como aglomerante natural el micelio de hongo, en esta oportunidad *Pleurotus ostreatus*. El proceso se lleva a cabo en tres etapas, las cuales se resumen en la Tabla 2.

La primera etapa se muestra en la Tabla 3 y consiste en el desarrollo de pruebas a partir de la fibra de algodón y el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, en un comienzo se realizan pruebas experimentales para evaluar y analizar la relación entre las fibras de algodón y el micelio, así definir ciertos parámetros como lo son la granulometría del sustrato, limpieza, incubación y procesos. La segunda actividad consiste en establecer un proceso de elaboración para el desarrollo del material biobasado.

La segunda etapa se muestra en la tabla 4 y consiste en caracterizar el material biobasado a partir de pruebas y ensayos, analizando sus propiedades físico-mecánicas y evaluando tanto su trabajabilidad como análisis perceptual.

Por último la tercera etapa se muestra en la tabla 6 la cual consiste en diseñar y definir aplicaciones del material biobasado, en primer lugar se crean propuestas de aplicaciones y posteriormente se selecciona y prototipa una aplicación para el material biobasado.

RESUMEN MÉTODOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y caracterizar un material biobasado compuesto de micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* y la fibra vegetal de algodón, a través de un proceso experimental para su aplicación en el área del diseño.

OBJETIVO ESPECÍFICOS	ETAPAS	ACTIVIDADES
1. Establecer un proceso de elaboración para desarrollar un material biobasado a partir de la fibra de algodón y micelio de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	A. Desarrollar muestras a partir de la fibra de algodón y micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	A.1 Realizar primera aproximación de conformación del material biobasado A.2 Definir parámetros de crecimiento y elaboración del material biobasado
2. Evaluar las principales características: físico-mecánicas, resistencia a agentes externos, trabajabilidad, tinción, moldeabilidad y de percepción para caracterizar el material biobasado y generar una ficha técnica con sus propiedades.	B. Caracterizar el material biobasado a través de la evaluación de sus principales propiedades	B.1 Analizar propiedades físico - mecánicas y resistencia a agentes externos del material biobasado B.2 Evaluar trabajabilidad, tinción y moldeabilidad del material biobasado B.3 Evaluar propiedades de percepción del material biobasado
3. Validar el material biobasado desarrollando una propuesta de aplicación en el área del diseño.	C. Crear y definir aplicaciones del material biobasado	C.1 crear propuestas de aplicación C.2 Prototipar o modelar una aplicación para el material biobasado

Tabla 2. Resumen de métodos. Fuente: Elaboración propia.

2.1 PRIMER OBJETIVO: DESARROLLO DEL MATERIAL BIOBASADO

El primer objetivo consiste en establecer un proceso de elaboración para desarrollar un material biobasado a partir de la fibra de algodón y micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*.

Como bien muestra la tabla 3 en primera instancia se realiza una aproximación a la conformación del material biobasado, a modo de comprobar la relación entre las fibras de algodón y el micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*, analizando si es posible que el micelio crezca sobre este sustrato y posteriormente hacer un material biobasado con ambos componentes. Para fines de esta actividad se toma como referencia el “Manual de biofabricación con hongos” y la guía “Micotextil” creado por el Laboratorio de Biofabricación FADEU.

En segunda instancia se definen los parámetros de crecimientos y el proceso de elaboración del material biobasado, estableciendo el proceso más óptimo para: elaboración del inóculo, elaboración del sustrato, inoculación, moldeado e incubación y finalmente la inhibición del hongo *Pleurotus ostreatus*. Para llevar a cabo esta segunda actividad se aplican las consideraciones obtenidas en la primera actividad las cuales son incorporadas en el proceso de elaboración del material biobasado y se definen parámetros para el óptimo crecimiento del micelio y el proceso es guiado por el libro “Manual práctico del cultivo de setas” (Gaitán et al., 2006) y “El cultivo de hongos comestibles” (Guzmán et al., 1993).

PRIMER OBJETIVO		
1. Establecer un proceso de elaboración para desarrollar un material biobasado a partir de la fibra de algodón y micelio de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>		
ETAPAS	ACTIVIDADES	TAREAS
A. Desarrollar muestras a partir de la fibra de algodón y micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	A.1 Realizar primera aproximación de conformación del material biobasado	A.1.1 Preparar sustrato A.1.2 Inocular sustrato A.1.3 Incubar A.1.4 Moldear A.1.5 Hornear
	A.2 Definir parámetros de crecimiento y elaboración del material biobasado	A.2.1 Determinar proceso de elaboración del inóculo A.2.2 Determinar proceso de elaboración del sustrato A.2.3 Determinar método de inoculación A.2.4 Determinar método de moldeado e incubación A.2.5 Determinar proceso de inhibición

Tabla 3. Primer objetivo. Fuente: Elaboración propia.

A.1 Realizar primera aproximación de conformación del material biobasado

A.1.1 Preparar sustrato

Este proyecto se enmarca en la reutilización de residuos textiles para la conformación de un material biobasado, por ende, se trabaja con retazos textiles de creta cruda; cada retazo posee una dimensión particular y única, por lo cual, se decide triturar el sustrato a modo de generar uniformidad.

Trituración del sustrato

Se cortan los retazos entre los 10 x 10 mm y 30 x 30 mm, posteriormente se trituran en una licuadora convencional; para fines de este proyecto se utilizó una licuadora marca Thomas modelo TH-320 (ver figura 32).



Figura 32. Trituración del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Pasteurización del sustrato

El sustrato obtenido es depositado en un frasco de vidrio, al cual se le añade agua entre el 70 - 80 %. Debido a una experimentación preliminar (ver anexo 4) el algodón se seca rápidamente, por lo cual, el micelio queda sin agua y detiene su crecimiento. Esto conlleva a utilizar otras proporciones de humedad diferentes a las descritas en la literatura.

El frasco se sella y se deposita en la olla a presión, para realizar la pasteurización (80-100°C). Se añade una rejilla para que los frascos no toquen el agua y se deja durante 80 minutos. Para fines de esta investigación se utilizó una olla marca Wens modelo 200-6a con una capacidad de volumen de 6 lts (ver figura 33). Transcurrido el tiempo, se apaga el fuego y se deja enfriar dentro de la olla evitando el cambio de temperatura. Retirar cuando se vayan a utilizar, en una superficie y ambiente limpio evitando contaminaciones.

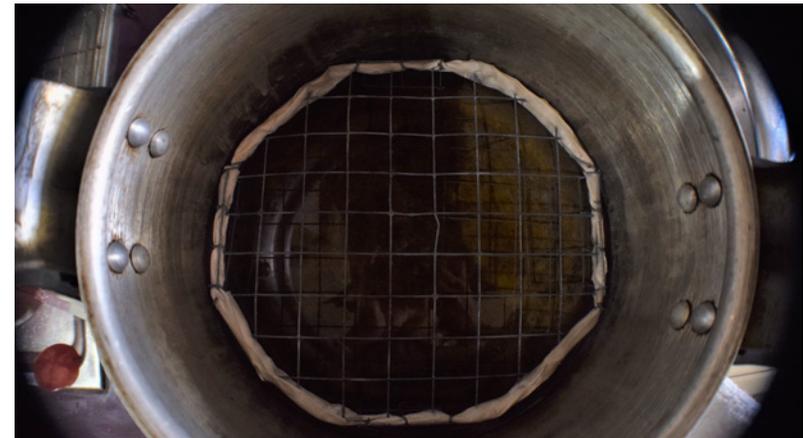


Figura 33. Olla a presión con rejilla. Fuente: Elaboración propia.

A.1.2 Inocular sustrato

Se debe trabajar en un área desinfectada y limpia, al igual que sea un lugar cerrado para evitar futuras contaminaciones, es decir, un lugar donde las condiciones estén lo más controladas posibles. Se procede a desinfectar el espacio de trabajo, herramientas y materiales a utilizar.

Una vez que se encuentra todo desinfectado, se procede a inocular el sustrato. Se corta un cuadrado de 10 x 10 mm de micelio colonizado en la placa petri adquirida gracias al laboratorio de Bifabricación FADEU (ver Figura 34). El trozo de micelio recortado se deposita dentro del frasco de vidrio donde se encuentra el sustrato.

Posteriormente, se cubre el frasco con una capa doble de papel aluminio sellado con cinta de enmascarar. Se realizan un par de agujeros en la capa doble de papel aluminio con una aguja previamente desinfectada, las cuales se sellan con cinta adhesiva tipo papel para permitir el intercambio gaseoso que el micelio necesita.

Para realizar la inoculación del sustrato se procedió a utilizar una cocinilla de viaje marca Doite, para otorgar esterilidad en el ambiente y disminuir las probabilidades de contaminaciones generadas por microorganismo.

Una vez inoculados los frascos se procede a apagar la cocinilla y transportarlos hasta la zona de incubación.



Figura 34. Placa petri inoculada con micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*. Fuente: Elaboración propia.

A.1.3 Incubar

La incubación consiste en dejar el sustrato inoculado en un lugar libre de luz y a una temperatura idealmente de 25-28°C. El hongo *Pleurotus ostreatus*, tiene la capacidad de crecer sobre temperaturas menores e incluso superiores, pero el crecimiento no es el más óptimo.

La Incubación es realizada en una pecera de dimensiones 1200 x 460 x 550 mm, ubicada dentro de una habitación del domicilio de la investigadora. Dado que la aproximación de conformación del material biobasado se realiza en la temporada de invierno es necesario aumentar la temperatura dentro de la pecera para llegar a los rangos de temperatura óptimos para el buen crecimiento.

El aumento de temperatura se realiza añadiendo un contenedor plástico de dimensiones 500 x 380 x 300 mm a la pecera al cual posteriormente se le añade agua hasta la mitad y un calefactor de acuario el cual aportara en el aumento de la temperatura. Posteriormente se sobrepone otro contenedor plástico de dimensiones 420 x 320 x 150 mm, en el cual se depositan las muestras. La temperatura es registrada a partir de un termohigrómetro digital con sonda (ver figura 35).

Finalmente la pecera se cubre con una tela negra de algodón para otorgar oscuridad, así el micelio se puede desarrollar de buena manera (ver figura 35).



Figura 35. Incubación. Fuente: Elaboración propia.

A.1.4 Moldear

En un ambiente limpio, desinfectado y con herramientas esterilizadas se depositan los frascos de vidrio con el sustrato ya colonizado, se procede a añadir el sustrato colonizado en los respectivos moldes, en esta oportunidad se utilizan recipientes plásticos encontrados en el hogar de la investigadora (ver figura 36); posteriormente se tapa el molde con film plástico y se incuba; una vez que el micelio ha colonizado todo se procede a retirar el material biobasado del molde y se deja por 7 días más a modo que se selle toda la pieza.



Figura 36. Recipientes plásticos utilizados de molde . Fuente: Elaboración propia.

A.1.5 Hornear

El proceso de horneado es llevado a cabo para detener el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en el sustrato y se obtenga un material biobasado estable.

Las muestras son depositadas en un horno eléctrico (ver figura 37) donde se dejan a 170°C por 20 minutos, luego se disminuye la temperatura a 100°C y se mantiene por 40 minutos, finalmente se obtiene la muestra inhibida.



Figura 37. Horno eléctrico utilizado. Fuente: Elaboración propia.

A. 2 Definir parámetros de crecimiento y elaboración del material biobasado

Como bien fue mencionado en la introducción de este primer objetivo, para llevar a cabo esta segunda actividad se aplican las consideraciones obtenidas en la primera actividad.

Las consideraciones obtenidas a partir de la primera actividad son: disminuir la granulometría del sustrato, humectación por compactación de sustrato, pasteurización del sustrato por inmersión en agua caliente, elaboración del inóculo (spawn) y agregar un sustrato, siendo seleccionado los conos de papel higiénico.

A.2.1 Determinar proceso de elaboración del inóculo

El proceso de elaboración del inóculo consiste en inocular con micelio granos de arroz integral para la elaboración del proceso de creación del material biobasado. El proceso se divide en 4 pasos: limpieza del grano, cocción del grano, esterilización de los frascos e inoculación-incubación; los cuales son descritos a continuación.

Limpieza del grano

En una olla se deposita el arroz integral y se añade agua hasta que lo cubra, con la mano se procede a revolver lo que hará que el agua se ponga turbia, esto se debe a las impurezas que trae el grano. Posteriormente se vacía el agua (esta se puede guardar para otros fines) y se repite el proceso hasta que el agua salga completamente limpia indicando que está libre de impurezas (ver figura 38).



Figura 38. Limpieza del grano. Fuente: Elaboración propia.

Cocción del grano

Se deposita el arroz integral en un olla en la cual se añade agua hasta cubrir el grano por sobre los 20 mm. Se lleva la olla a fuego máximo y no se tapa, debido a que hay que ir observando y revolviendo el grano de vez en cuando. Cuando alcance el hervor contar 10 minutos, si el grano esta duro se deja unos minutos mas, la consistencia que debe tener es termino medio, ni duro ni blando

Listo el grano, se apaga el fuego, se retira el exceso de agua y se añade agua fría a fin de cortar la cocción. Posteriormente se deja en la olla y cada 30 minutos se revuelve de abajo hacia arriba para ir secando. Se puede comprobar que el grano está seco con un papel absorbente, este se aplica sobre el arroz y el arroz no debe mojar ni pegarse a el.



Figura 39. Cocción del grano. Fuente: Elaboración propia.

Esterilización de los frascos

Para el proceso de esterilización (ver figura 40) los granos de arroz se introducen en frascos de vidrio, se llena $\frac{2}{3}$ de su capacidad y se sellan con la tapa metálica respectiva del frasco.

En la olla a presión se añade la rejilla de modo que los frascos no toquen el fondo de la olla evitando que revienten. Los frascos se depositan en la olla y se añade agua de modo que cubra hasta la mitad de los frascos y se cierra la olla a presión.

Una vez que comienza a sonar la válvula se toma el tiempo de 60 minutos y se disminuye a fuego bajo. Una vez completado el tiempo se apaga el fuego, se retira la válvula y se deja la olla de presión cerrada durante 3 horas, de modo que la temperatura dentro de la olla disminuya.



Figura 40. Esterilización frascos. Fuente: Elaboración propia.

Inoculación e incubación

En un ambiente de absoluta asepsia y herramientas esterilizadas se depositan los frascos de vidrios con el grano esterilizado y la placa petri colonizada por el micelio (esta fue obtenida de BIOFAB UC). Se corta un trozo de micelio de 10 x 10 mm el cual se añade al frasco de vidrio, se sella con dos capas de papel aluminio y se hacen unas pequeñas perforaciones para el intercambio gaseoso las cuales se tapan con cinta adhesiva tipo papel. El procedimiento se repite con cada uno de los frascos de vidrio.

Una vez inoculado el grano se incuba a 25-28°C. En esta oportunidad se dejan dentro de una pecera de 1200 x 460 x 550 mm, dado que la incubación se realiza en temporada de invierno es necesario añadir un contenedor plástico de 500 x 380 x 300 mm a la pecera, al cual posteriormente se le añade agua hasta la mitad y un calefactor de acuario, para luego superponer otro contenedor plástico de 420 x 320 x 150 mm en el cual se depositan las muestras. Finalmente se cubre con una tela negra, debido a que el micelio debe crecer en oscuridad.

Alrededor del día 21 los frascos deben estar completamente colonizados por el micelio, esto depende de la temperatura, si no es la óptima estos tardaran más en crecer.

Una vez colonizados los frascos están listos para ser usados, si no se utilizan prontamente es necesario llevarlos a refrigeración a 5°C, los cuales se conservan de buena manera hasta por 3 meses. El proceso de inoculación e incubación se representa en la figura 41.

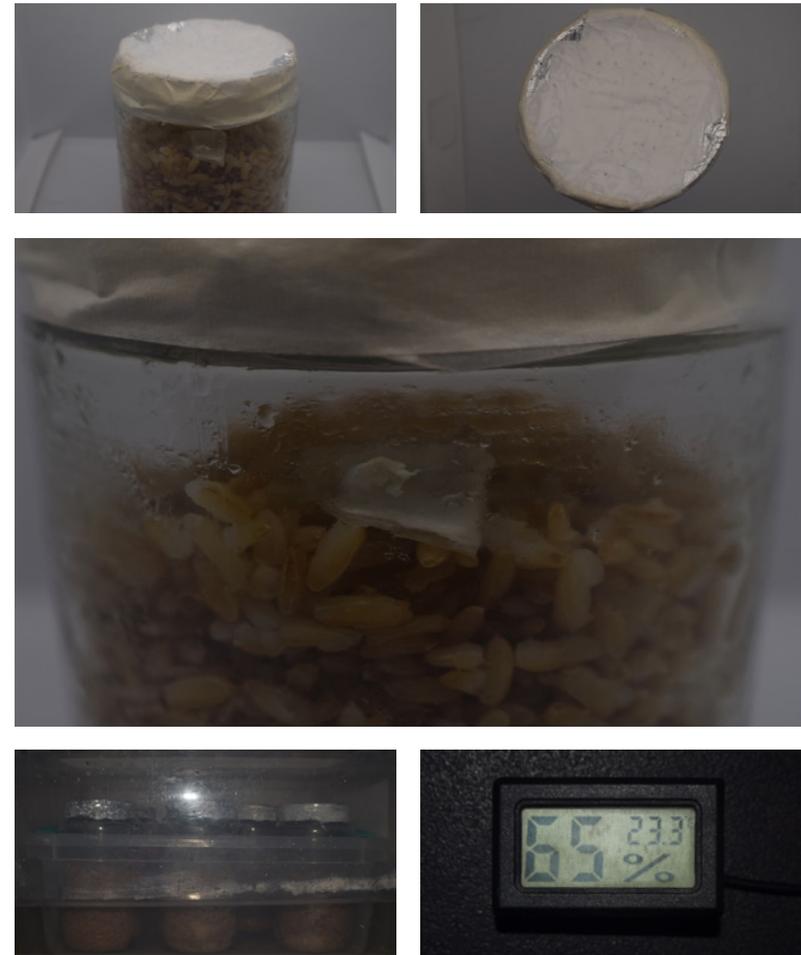


Figura 41. Inoculación e incubación. Fuente:Elaboración propia.

A.2.2 Determinar proceso de elaboración del sustrato

Corte y trituración del sustrato

Como se trabaja con dos sustratos de diferente morfología, el proceso llevado a cabo para cada uno de los sustratos es distinto. A continuación se detalla el proceso de cada uno (ver figura 42).

Crea cruda: Los retazos se cortan en cuadrado de 10-20 mm, posteriormente se trituran en una licuadora doméstica marca Thomas modelo TH-320, esto permite que se separe el tejido, obteniendo las hilachas de crea cruda. Se utiliza mascarillas para este procedimiento debido a la liberación de pelusas.

Conos de papel higiénico: Los conos son cortados con una tijera entre 10-20 mm (ver figura 42).



Figura 42. Corte y trituración del sustrato. Fuente: Elaboración propia.



Preparación del sustrato

Una vez obtenida la granulometría de ambos sustratos, se pesan y luego en un recipiente se mezclan en una proporción 50-50% al cual se le añade agua a modo de humedecer los sustratos, sin dejar exceso de agua (ver figura 43).

Al siguiente día se voltea la mezcla como se representa en la figura 43. Si el sustrato está seco se debe incorporar agua, de manera contraria se deja tal cual.

Los sustratos se dejan hidratando durante 3 días, cada día se evalúa la humedad. A partir de la humectación por compactación el sustrato adquiere entre el 70% y 75% de humedad.



Figura 43. Preparación del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Pasteurización del sustrato

El sustrato ya hidratado se añade en una bolsa de crea cruda la cual se procede a cerrar. Se deposita en un olla y se añade agua hasta cubrir la bolsa de crea cruda, como el material flota se agrega una piedra para que lo mantenga sumergido. Es muy importante que el sustrato este siempre en inmersión (ver figura 44).

Se lleva a fuego alto y cuando comienza a salir vapor se baja la llama y se deja durante 60 minutos, la temperatura debe ser de 80°C, por lo cual, no se debe dejar hervir el agua. Transcurrido el tiempo se retira del fuego la bolsa de crea cruda y se deposita en un colador para retirar el exceso de agua. Posteriormente se añade en una bolsa plástica esterilizada y se cierra. Se puede utilizar una vez que la temperatura del sustrato ha disminuido.



Figura 44. Pasteurización del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

A.2.3 Determinar método de inoculación

Preparación área de trabajo

El área de trabajo debe ser idealmente un espacio cerrado, para evitar flujos de corriente.

Al área de trabajo se aplica desinfectante ambiental, la mesa utilizada se limpia con alcohol 70° al igual que las herramientas e implementos utilizar.

Como se trabaja en contexto domicilio, es conveniente tener en el área de trabajo una cocinilla de viaje a modo de tener un ambiente estéril libre de microorganismos (ver figura 45).



Figura 45. Preparación área de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Inoculación del sustrato

Una vez que el área de trabajo se encuentra desinfectada al igual que las herramientas e implementos a utilizar se procede a encender la cocinilla de viaje.

Encendida la cocinilla se retira el sustrato de la bolsa plástica y posteriormente de la bolsa de crema cruda para poder pesar. Se calcula el 5% del peso, valor que indica la cantidad de grano de arroz colonizado (inóculo) que se debe incorporar al sustrato.

Se añade a un recipiente el sustrato en conjunto al 5% del inóculo, se procede a mezclar de manera tal que quede distribuido lo más proporcional posible en el sustrato (ver figura 46).



Figura 46. Inoculación del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

A.2.4 Determinar método de moldeado e incubación

Moldear el sustrato

Una vez realizada la inoculación del sustrato se añade la mezcla a los moldes. Al introducir el sustrato inoculado al molde, se debe ir compactando y asegurando que quede lo más uniforme posible; aunque al ser de algodón y conos de papel higiénico es muy complejo que quede totalmente uniforme.

Una vez llenado el molde, se introduce en una bolsa ziploc u otra plástica, esta bolsa se limpia con alcohol 70° antes de ser introducido el molde. Posteriormente se cierra y se realizan perforaciones con una aguja o punzón (ver figura 47).



Figura 47. Moldear el sustrato. Fuente: Elaboración propia.

Incubación

Los moldes ya sellados son llevados a la pecera de dimensiones 1200 x 460 x 550 mm, la cual genera un ambiente estéril libre de contaminaciones y con una óptima temperatura ambiental. Debido a que el proceso de incubación del sustrato se realiza en primavera no se utiliza contenedores plásticos ni el calefactor de acuario para llegar a la temperatura óptima; esto se debe, a que la temperatura ambiental es superior, por ende, ya no se requiere elevar temperatura de manera artificial (ver figura 48).

Finalmente se cubre la pecera con una tela de algodón negra evitando el ingreso de luz para que el micelio pueda crecer en óptimas condiciones, esta etapa tiene una duración de 2 semanas, tiempo en el cual el sustrato puede copiar la forma de los moldes.



Figura 48. Incubación. Fuente: Elaboración propia.

En un ambiente de absoluta asepsia, implementos más herramientas esterilizadas y cocinilla de viaje prendida se retira el material biobasado del molde y se deja en un lugar cerrado, pero con entrada de aire, más luz natural o artificial y una humedad idealmente del 70% durante 1 semana; para mantener la humedad se deposita en la pecera un recipiente plástico de 420 x 320 x 150 mm con agua (ver figura 49).

La idea de este proceso es que el micelio logre recubrir el material biobasado y le dé una mayor consistencia.



Figura 49. Sellado. Fuente: Elaboración propia.

A.2.5 Determinar proceso de inhibición

Pesar muestras

Cada una de las muestras de material biobasado deben ser pesadas antes de ser inhibidas, debido a que estas deben perder entre un 70-75% de humedad aproximadamente, por ende, se debe saber el peso que posee pre-inhibición. Se utiliza una balanza gramera de 0,1 a 500 gramos (ver figura 50).



Figura 50. Peso de muestras. Fuente: Elaboración propia.

Inhibición del micelio

La inhibición del micelio, consiste en aplicar calor (natural o artificial) para detener el crecimiento de micelio.

Para realizar la inhibición del micelio se utilizan 8 muestras de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente, esto se debe a las irregularidades de sustrato y del crecimiento de micelio, lo que conlleva a que las muestras no posean valores exactos. Estas muestras se depositan en 5 ambientes diferentes, 4 de las muestras se inhiben de manera natural (interior-exterior) y 4 muestra se inhiben de manera artificial utilizando el horno eléctrico; el proceso realizado se detalla a continuación:

Inhibición natural

Las muestras se inhiben en distintos espacios. En primer lugar 2 de las muestras se ubican en espacios de interior, MAC1 se ubica en el interior de un contenedor amplio sin luz y cerrado, luego MAC2 se ubica en un contenedor amplio, cerrado y con exposición solar indirecta durante 60 minutos al día. Las otras 2 muestras son ubicadas en espacio de exterior, MAC3 se ubica en un espacio abierto sin exposición solar y bajo cubierta, a diferencia de MAC4 que es ubicada en un espacio abierto con exposición solar durante 180 minutos al día a intemperie.

Cada una de las muestras es pesada, medida y fotografiada día a día, hasta mantener su peso constante durante 3 días. En la figura 51 se representan cada una de ellas.

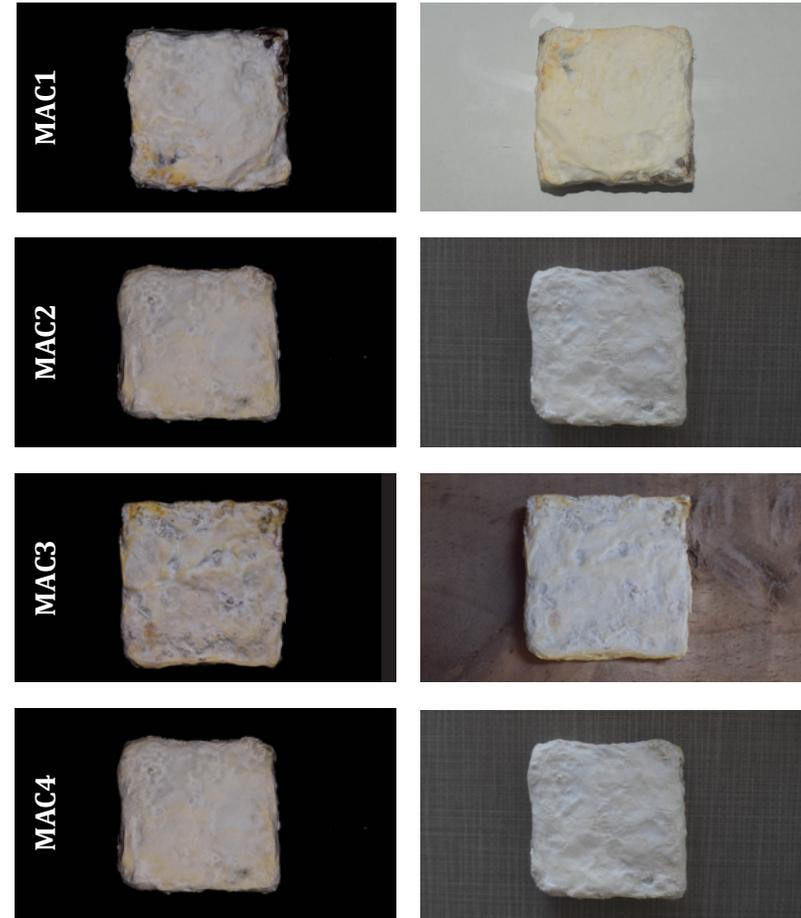


Figura 51. Inhibición natural. Fuente: Elaboración propia.

Inhibición artificial

Las muestras utilizadas en la inhibición artificial son inhibidas en el horno eléctrico doméstico marca Groven a distintas temperaturas (100°C - 150°C - 200°C y 250°C). La elección de las temperaturas se debe a que son las registradas en el horno eléctrico.

MAC5 es inhibida a una temperatura de 100°C siendo la temperatura mínima a la cual se puede acceder, posteriormente MAC6 se inhibe a 150°C, luego MAC7 es inhibida a 200°C y finalmente MAC8 a 250°C siendo la temperatura mas alta a la cual se puede acceder.

Las muestras se evalúan cada 30 minutos, para registrar su peso, medidas y registrar fotográficamente a modo de ir evaluando las modificaciones, además de determinar el tiempo necesario para su correcta inhibición. Cabe destacar que antes de la inhibición fueron pesadas, medidas y fotografiadas.

En la figura 52 se observan las 4 muestras inhibidas de manera artificial y la temperatura a la cual fueron inhibidas

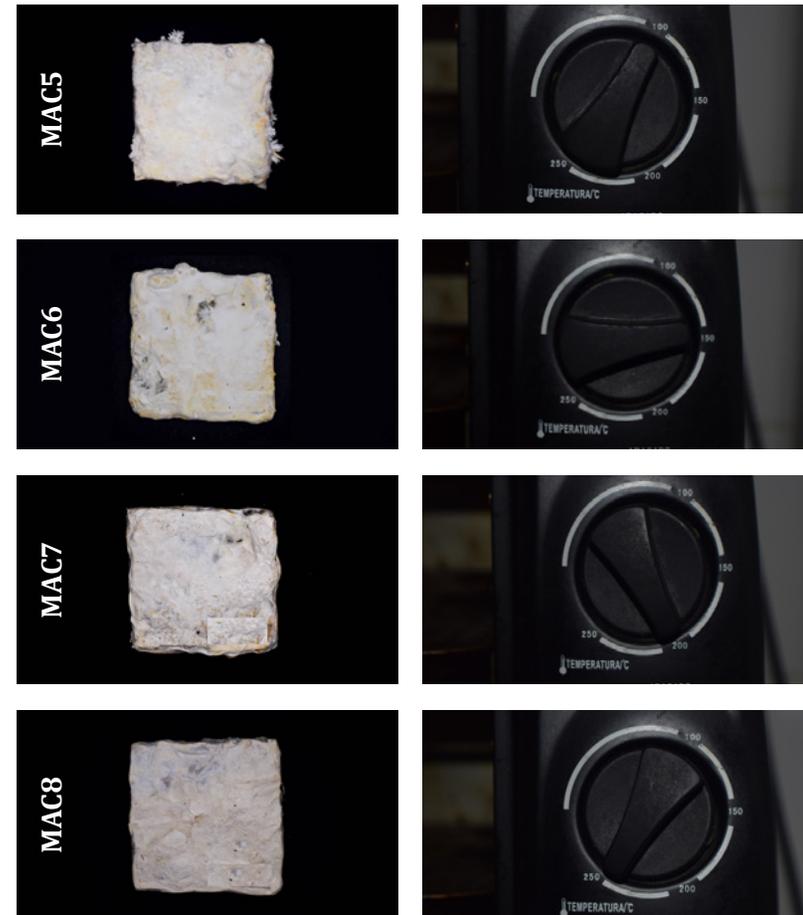


Figura 52. Inhibición artificial. Fuente: Elaboración propia.

2.2 SEGUNDO OBJETIVO: CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL BIOBASADO

El segundo objetivo tiene como finalidad evaluar las principales características: físico-mecánicas, resistencia a agentes externos, trabajabilidad, tinción, moldeabilidad y de percepción para caracterizar el material biobasado y generar una ficha técnica con sus propiedades.

En la tabla 4 se muestran las etapas, actividades y tareas a realizar; en primer lugar se analizan las propiedades físico-mecánicas y de resistencia a agentes externos.

En segunda instancia se evalúa la trabajabilidad a partir de pruebas de mecanizado (corte, lijado y perforación) a modo de evaluar el comportamiento del material biobasado con herramientas eléctricas y manuales disponibles en el hogar de la investigadora. Posteriormente se realizan pruebas de tinción y moldeabilidad evaluando si el material se logra adaptar a diversos moldes. En último lugar se evalúa las propiedades de percepción del material biobasado a través de la herramienta diferencial semántico.

SEGUNDO OBJETIVO		
2. Evaluar las principales características: físico-mecánicas, resistencia a agentes externos, trabajabilidad, tinción, moldeabilidad y de percepción para caracterizar el material biobasado y generar una ficha técnica con sus propiedades.		
FTAPAS	ACTIVIDADES	TAREAS
B. Caracterizar el material biobasado a través de la evaluación de sus principales propiedades	B.1 Analizar propiedades físico - mecánicas y resistencia a agentes externos del material biobasado	B.1.1 Calcular porcentajes de contracción y densidad B.1.2 Realizar ensayos físicos de: absorción de agua e hinchamiento del espesor B.1.3 Realizar ensayos mecánicos de: resistencia a la tracción perpendicular a la superficie y flexión B.1.4 Realizar ensayos de resistencia a agentes externos de: degradabilidad (interior - exterior) y degradación en tierra
	B.2 Evaluar trabajabilidad, tinción y moldeabilidad del material biobasado	B.2.1 Realizar pruebas de mecanizado: corte, lijado y perforación B.2.2 Teñir el material biobasado a partir de tintes naturales B.2.3 Moldear el material biobasado a partir de moldes simples, con textura y complejos.
	B.3 Evaluar propiedades de percepción del material biobasado	B.3.1 Realizar diferencial semántico

Tabla 4. Segundo objetivo. Fuente: Elaboración propia.

B.1 Analizar propiedades físico - mecánicas y resistencia a agentes externos del material biobasado

B.1.1 Calcular porcentajes de contracción y densidad

Calcular porcentaje de contracción

El porcentaje de contracción es calculado debido a que las dimensiones del material biobasado cambian una vez que es llevado al proceso de horneado, esto se debe a que en ese momento el material pierde humedad lo que conlleva a la reducción de sus dimensiones.

El cálculo se lleva a cabo a partir del peso antes de ser horneado y post horneado, evaluando la diferencia de peso. El porcentaje de contracción se realiza calculando 10 muestras de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente (ver figura 53) y se utiliza como referencia la norma chilena oficial 176/3 (INN 1984) descrita por Ananias, R, Diaz, C. y Leandro L (2009), en esta oportunidad se calcula el porcentaje de contracción de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{D_I - D_A}{D_I} * 100$$

Donde:

C = Contracción

D_I = Dimensión de la probeta, en milímetros, al contenido de humedad máximo (dimensión pre-inhibición)

D_A = Dimensión de la probeta, en milímetros, al contenido de humedad que se indique (dimensión post-inhibición)

Calcular densidad

La densidad se calcula a partir de la norma UNE-EN 323:1994 Tablero derivados de la madera. Determinación de la densidad, recuperado de Campos, C. y Rocco, F. (2004). La fórmula descrita señala que la unidad de expresión es kg/m³, la cual se adaptó a g/cm³. Se utilizaron 10 muestras de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente (ver figura 53), donde se empleó la siguiente fórmula:

$$p = \frac{m}{b_1 * b_2 * e} * 10^3$$

Donde:

p = Densidad (g/cm³)

m = Masa (g)

b₁ y b₂ = Medidas ortogonales de los lados (mm)

e = Espesor (mm)



Figura 53. Muestras de porcentaje de contracción y densidad. Fuente: Elaboración propia.

B.1.2 Realizar ensayos físicos de: absorción de agua e hinchamiento del espesor

Ensayo absorción de agua

En el siguiente ensayo se evaluó la absorción de agua que posee el material biobasado, se considera como referencia la norma ASTM D1037 “Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials”, (1999), específicamente la sección de Absorción de agua e hinchamiento del espesor, método A: consiste en la sumersión de las probetas durante 2 más 22 horas, proporcionando información a corto y largo plazo. Las muestras deben tener un tamaño de 305 x 305 mm o 152 x 152 mm, en esta ocasión se modifica el tamaño utilizando una medida de 50 x 50 mm con un espesor de 10 mm, se destinan 4 muestras para la realización de dicho ensayo.

El procedimiento consiste en pesar las muestras del material biobasado y posteriormente sumergirlas horizontalmente en agua destilada a menos de 25 mm, con temperatura de 21 ± 1 °C; dejarlas durante 2 horas, transcurrido este tiempo se procede a retirar las muestras y drenar por 10 ± 2 min y pesar inmediatamente. Se vuelven a sumergir las muestras, esta vez, por 22 horas repitiendo el procedimiento mencionado.

En la figura 54 se representan las 4 muestras utilizadas para el ensayo de absorción de agua. Se observa que el material biobasado posee una baja densidad, por ende, flota en el agua. Para mantener las muestras en inmersión se deposita un frasco de vidrio sobre ellas.

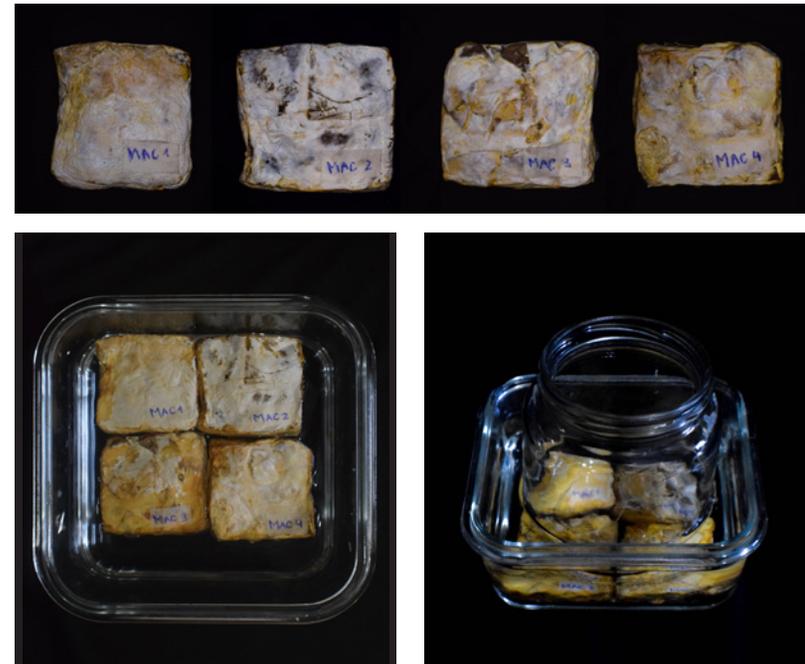


Figura 54. Ensayo absorción de agua. Fuente: Elaboración propia.

Hinchamiento del espesor

Se utiliza la norma mencionada anteriormente ASTM D1037 y a su vez las mismas 4 muestras de 50 x 50 mm con 10 mm de espesor (ver figura 55). Se repite el procedimiento mencionado anteriormente con la única diferencia que en vez de calcular el peso del material biobasado, se mide el espesor en el centro de cada una de las muestras; tomando registro del valor antes de ser sumergidas y posterior a las 2 y 22 horas.

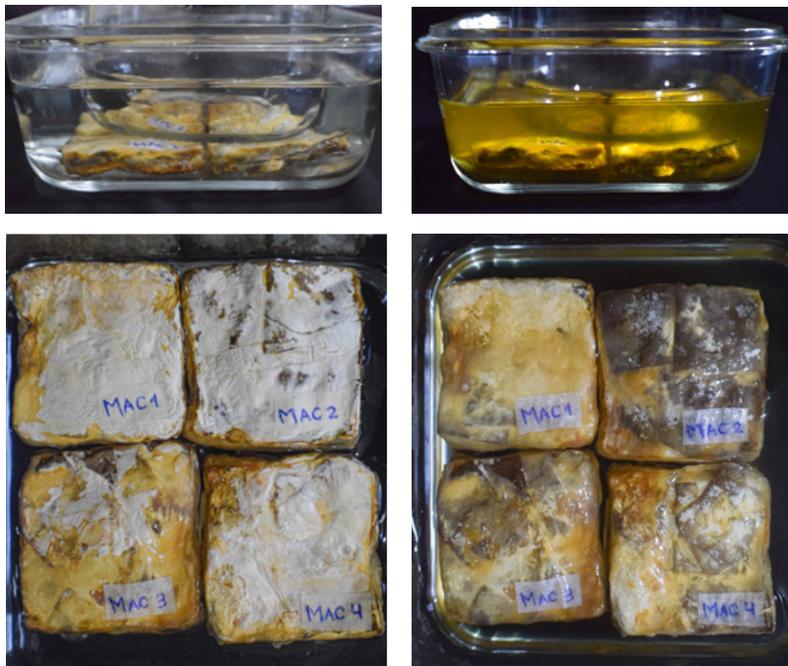


Figura 55. Hinchamiento del espesor. Fuente: Elaboración propia.

B.1.3 Realizar ensayos mecánicos de: resistencia a la tracción perpendicular a la superficie y flexión

Ensayo de resistencia a la tracción perpendicular a la superficie

El ensayo de cohesión interna o IB (Internal Bond) se realiza a partir de la norma ASTM D1037 resistencia a la tracción perpendicular a la superficie para evaluar la cohesión del material biobasado proporcionado por el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*.

El ensayo se realiza en el laboratorio de la Universidad del Bío Bío, al cual se le envían 6 muestras de 50 x 50 x 10 mm para ser sometidas al ensayo, las cuales se representan en la figura 56.



Figura 56. Resistencia a la tracción perpendicular a la superficie. Fuente: Elaboración propia

Ensayo de flexión

Al igual que el ensayo de resistencia a la tracción perpendicular a la superficie se realiza a partir de la norma ASTM D1037 flexión estática. Estas pruebas también son realizadas en el laboratorio de la Universidad del Bío Bío al cual se enviaron 6 muestras de 170 x 50 x 5 mm (ver figura 57).



Figura 57. Ensayo de flexión. Fuente: Elaboración propia.

B.1.4 Realizar ensayos de resistencia a agentes externos de: degradabilidad (interior - exterior) y degradación en tierra

Ensayo de degradabilidad

El ensayo de degradabilidad se realiza con el fin de observar y analizar el comportamiento del material biobasado en condiciones ambientales naturales, se toma como referencia el ensayo realizado por Rodríguez, 2016.

El ensayo se realiza a partir de muestras de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente, las cuales son sometidas a diferentes condiciones, 4 muestras en el medio interior y 4 en el medio exterior representadas en la figura 58; de esta manera, se puede obtener mayor información del comportamiento del material biobasado.

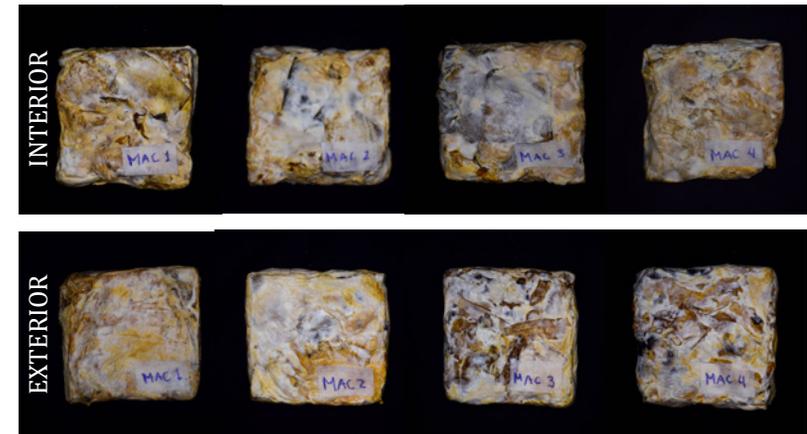


Figura 58. Ensayo degradabilidad. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo degradabilidad interior

Se utilizan 4 muestras para observar y analizar el comportamiento del material biobasado, 2 de las muestras (MAC 1 Y MAC2) se dejan en un contenedor amplio cerrado sin luz y las otras 2 muestras (MAC 3 Y MAC4) se dejan en un contenedor amplio, cerrado y con exposición solar indirecta durante 1 hora al día (ver figura 59). De esta manera se evalúa el comportamiento del material en el interior del hogar, pero en distintos espacios, de manera tal, de comprender si el material biobasado se comporta de manera diferente en los distintos espacios sometidos.

Cada muestra es pesada, medida y fotografiada luego del proceso post - inhibición y cada semana durante 6 semanas, para evaluar si las muestras cambian tanto en gramos como en volumen.



Figura 59. Ensayo de degradabilidad interior. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo degradabilidad exterior

El ensayo de degradabilidad exterior se lleva a cabo a partir de 4 muestras, siendo sometidas al espacio exterior dentro del hogar de la investigadora; 2 de ellas (MAC1 Y MAC4) se evalúan en condiciones de sombra y 2 (MAC3 Y MAC4) en luz solar directa de 3 horas aproximadamente (ver figura 60). De esta manera, se obtiene mayor información acerca del comportamiento del material biobasado bajo distintas condiciones ambientales.

Al igual que el caso anterior, cada muestra es pesada, medida y fotografiada luego del proceso post - inhibición y cada semana durante 6 semanas, para evaluar si las muestras cambian tanto en gramos como en volumen.



Figura 60. Ensayo de degradabilidad exterior. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de degradación en tierra

Para realizar el ensayo de degradación en tierra del material biobasado se utiliza de referencia las pruebas realizadas por Parodi (2016) y Rojas (2019).

El ensayo de degradación en tierra se lleva a cabo a partir de 4 muestras de 50 x 10 x 50 mm aproximadamente, las cuales son introducidas en un macetero con tierra a distintos niveles, es decir, 1 de las muestras se deja en la superficie, otra a 20 mm bajo tierra, la siguiente a 40 mm bajo tierra y por último a 60 mm bajo tierra (ver figura 61). El macetero se encuentra en el exterior, es decir, el patio de la casa de la investigadora y se procede a regar 1 a 2 veces por semana, manteniendo la humedad de la tierra. Debido a que el mayor porcentaje queda bajo tierra, el registro fotográfico se realiza el primer y último día, observando las diferencias en el tiempo y entre las muestras; si es que logra existir una diferencia entre los distintos niveles a los cuales son llevadas a cabo.

Las muestras son pesadas y medidas luego del proceso post-inhibición y posterior a las 6 semanas que es el tiempo que dura el ensayo; para analizar los cambios de peso, volumen y visuales presentes en cada una de las muestras.

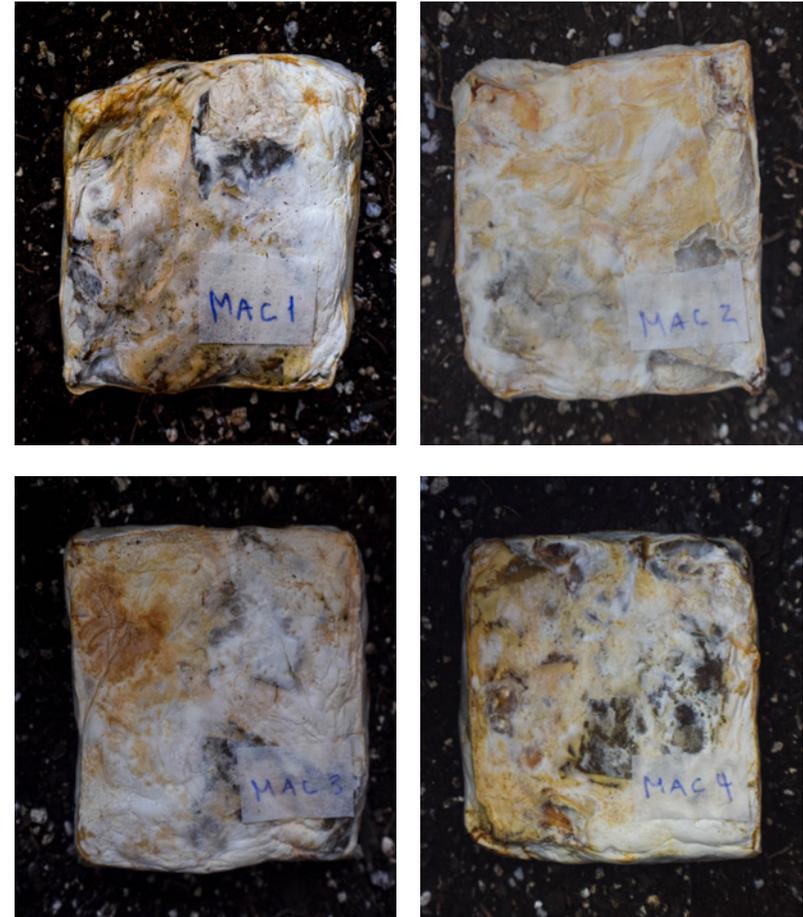


Figura 61. Ensayo de biodegradación. Fuente: Elaboración propia.

B.2 Evaluar trabajabilidad, tinción y moldeabilidad del material biobasado

B.2.1 Realizar pruebas de mecanizado: corte, lijado y perforación

Las pruebas de mecanizado consisten en corte, lijado y perforación, las cuales se realizan a partir de herramientas eléctricas y manuales. Se utilizan diferentes herramientas para probar, analizar y evaluar las más convenientes para trabajar el material biobasado y poder caracterizarlo.

La evaluación de la trabajabilidad del material biobasado se basa en la norma ASTM D1666-87 (re-aprobada en 1994), la cual establece que la evaluación de las muestras se realiza de manera visual identificando fibra levantada y grano desgarrado; la magnitud de los efectos se clasifican del grado 1 al 5, donde grado 1 corresponde a una muestra sin defectos y grado 5 es una muestra con defectos graves donde la fibra levantada se encuentra sobre el 40%. La clasificación de los defectos se representa en la tabla 5.

GRADO	DESCRIPCIÓN
Grado 1	No acepta ningún tipo de defecto. La fibra levantada alrededor de los nudos sólo se observa con luz oblicua.
Grado 2	Acepta fibra levantada entre un 10 a 20% del área inspeccionada.
Grado 3	Acepta fibra levantada hasta en un 30%. Mínima presencia de grano desgarrado.
Grado 4	Acepta fibra levantada hasta en un 40%. Grano desgarrado se acepta hasta un 30% del área inspeccionada.
Grado 5	La fibra levantada se encuentra sobre un 40%. Grano desgarrado se presenta sobre un 30%.

Tabla 5. Clasificación de defectos en mecanizado. Fuente: Elaboración propia basada en (Berlién J.C., 2008).

Corte

Se utilizan 3 herramientas diferentes, una eléctrica y dos manuales; en primer lugar se somete el material biobasado a corte y grabado láser; en segundo lugar se ocupa arco de sierra y finalmente tijeras de sastrería; descritas a continuación:

Corte láser

Se utilizan 5 muestras para la realización de corte y grabado láser, 4 muestras de 155 x 45 x 5 mm y 1 muestra de 95 x 95 x 7 mm aproximadamente, debido a las irregularidades propias del material biobasado. La prueba de corte láser se realiza gracias a la amabilidad de FabLab Sinestesia cc ubicado en Almirante Riveros 085, Providencia, Región Metropolitana. La corte láser utilizada es una láser CO₂ de 60 W de procedencia China modelo EL 6040 importador ECUT (ver figura 62).



Figura 62. Máquina láser. Fuente: Elaboración propia.

Arco de sierra

La muestra utilizada para la prueba de corte con arco de sierra posee dimensiones de 115 x 35 x 10 mm la cual se representa en la figura 63. Se realizan diversos cortes de manera paralela a su ancho.

El arco de sierra utilizado es de tamaño pequeño con un largo de 250 mm (ver figura 63).



Figura 63. Muestra y arco de sierra utilizado. Fuente: Elaboración propia.

Tijeras de sastrería

Se realiza una prueba de corte a través de una herramienta manual, a modo de explorar si el material biobasado puede ser cortado con una herramienta de fácil acceso y a su vez económica. Para la realización de la prueba se utiliza una muestra de 115 x 115 x 10 mm (ver figura 64) a la cual se le realizan diversos cortes. Las tijeras utilizadas son de 10 pulgadas marca China.

La muestra utilizada presenta puntos verdes debido a una contaminación en su proceso de inhibición, la cual fue controlada con aplicación de calor para evitar la propagación del hongo contaminante.



Figura 64. Muestra y tijeras de sastrería utilizada. Fuente: Elaboración propia.

Lijado

En las pruebas de mecanizado por lijado se somete el material biobasado a 2 herramientas diferentes; en primer lugar se lija con escofina y en segundo lugar se lija de manera manual con lija de papel grano 400; cada una de las herramientas utilizadas y proceso utilizado se describe a continuación:

Escofina

Para realizar la prueba de mecanizado de lijado con escofina se utiliza una muestra de 100 x 100 x 7 mm. La escofina utilizada es de media caña 8" acero marca Redline (ver figura 65).

La prueba consistió en el lijado de uno de sus laterales y la cara delantera de muestra.

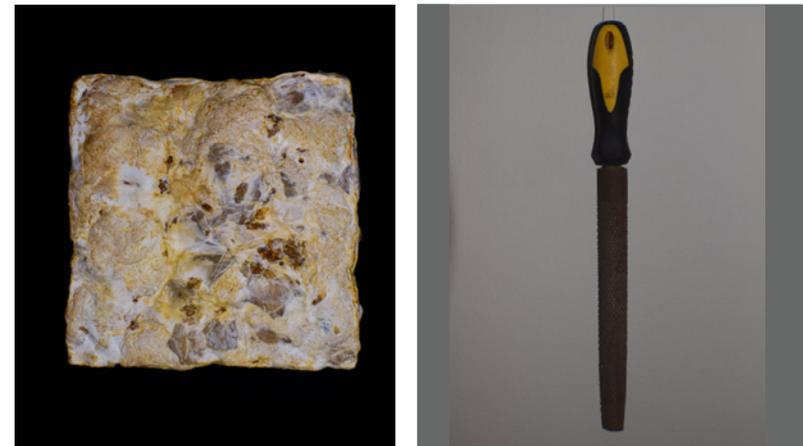


Figura 65. Muestra y escofina utilizada. Fuente: Elaboración propia.

Papel de lija

Se realiza la prueba con una muestra de 100 x 100 x 7 mm utilizando papel de lija grano medio (80) de desbaste rápido para maderas marca Isesa.

La prueba consistió en el lijado de uno de sus laterales y la cara delantera de muestra.

La muestra y la lija grano medio utilizada se representan en la figura 66.

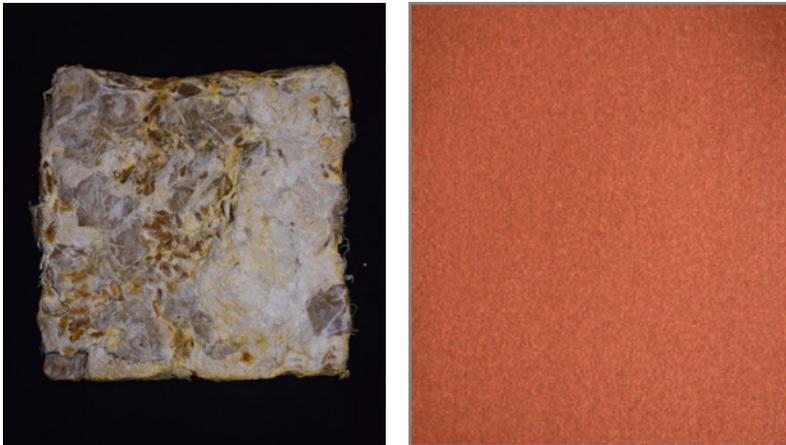


Figura 66. Muestra y papel de lija grano 80. Fuente: Elaboración propia.

Perforación

Las pruebas de perforación se realizan con 3 herramientas, una eléctrica y dos manuales en primer lugar taladro, en segundo lugar con un punzón y finalmente una aguja metálica para lana con punta.

Taladro

La prueba se realiza con una muestra de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente, en donde se utilizaron 3 brocas distintas, 1 broca para metal de 2 mm, una broca para metal de 3 mm y una broca para madera de 4 mm. El taladro utilizado es inalámbrico marca Black&Decker modelo CD961-B2C 9,6V



Figura 67. Muestra y taladro utilizado. Fuente: Elaboración propia.

Punzón

Para realizar la prueba de perforación con punzón se utiliza una muestra de 115 x 45 x 10 mm y un punzón marca hobby colorobbia para cerámica (ver figura 68).

Se realizan diversas perforaciones a lo largo y ancho de la probeta para ser evaluadas.



Figura 68. Muestra y punzón utilizado. Fuente: Elaboración propia.

Aguja metálica para lana

Se utilizó una muestra de 110 x 110 x 10 mm para la realización de la prueba de mecanizado de lijado con aguja metálica para lana con punta (ver figura 69).

Se realizan diversas perforaciones a lo largo y ancho de la muestra, para ser evaluadas.



Figura 69. Muestra y aguja metálica para lana utilizada. Fuente: Elaboración propia.

B.2.2 Teñir el material biobasado a partir de tintes naturales

Para la aplicación de color se recurre a tintes naturales, esto se debe a que son más sustentables y amigables con el medio ambiente, siguiendo la línea de sustentabilidad del material biobasado; además, que la fibra de algodón al ser una fibra vegetal natural tiene la capacidad de adquirir color mediante estos tintes naturales. Los tintes escogidos son los que se encuentran presentes a nivel domiciliario, como lo son: cáscara de cebolla morada, repollo morado y cúrcuma en polvo.

Para la tinción se lleva a cabo dos procesos, en una se procede a teñir antes de inhibir el material biobasado, es decir, antes de detener el crecimiento del hongo y la segunda es luego de la inhibición, de esta manera; podemos observar y analizar en que momento es más recomendable teñir el material biobasado y si bien se observan diferencias.

Para llevar a cabo la tinción con tintes naturales se realiza el curso online “Teñido textil con tintes naturales” dictado por Anabel Torres en la plataforma digital Doméstika. El curso es utilizado como referencia, dado que el procedimiento se adapta a los productos disponibles localmente y de fácil acceso.

La prueba de tinción se lleva a cabo en 6 muestras de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente y los pigmentos vegetales utilizados son: cáscara de cebolla morada, repollo morado y cúrcuma en polvo, los cuales se representan en la figura 70.



Figura 70. Pigmentos vegetales. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detalla el procedimiento empleado para cada una de las muestras con los diferentes pigmentos vegetales utilizados:

Cáscara de cebolla morada

1. Se pesaron y midieron las muestras
2. Se pesaron las cáscaras de cebolla morada, estas deben ser el 100% del peso de las muestras a teñir
3. Se añadieron las cáscaras de cebolla morada sobre un cuadrado de tela cruda y anudaron los extremos de la crea cruda, haciendo una especie de bolsa de té
4. Se añadieron las muestras y la bolsa de té con las cáscaras de cebolla en una olla
5. Se cubrió con agua y se depositaron piedras sobre las muestras más la bolsa de té con las cáscaras de cebolla para que no flotaran
6. Se hirvió por una hora
7. Se enjuagaron con agua fría

El procedimiento llevado a cabo para la tinción de las muestras con cáscaras de cebolla morada se representa en la figura 71.

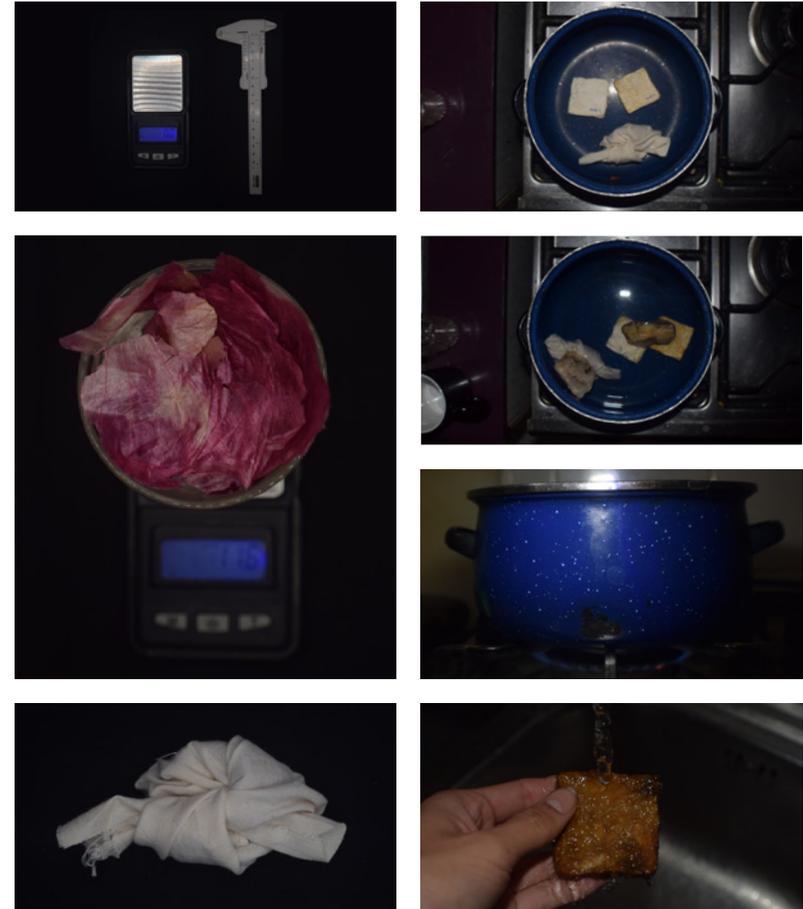


Figura 71. Procedimiento de tinción con cáscara de cebolla morada. Fuente: Elaboración propia.

Repollo morado

1. Se pesaron y midieron las muestras
2. Se pesó el repollo morado, este debe ser el 100% del peso de las muestras a teñir
3. Se añadió el repollo morado sobre un cuadrado de tela cruda y se anudaron los extremos de la tela cruda, haciendo una especie de bolsa de té
4. Se añadieron las muestras y la bolsa de té con el repollo morado en una olla
5. Se cubrió con agua y se depositaron piedras sobre las muestras más la bolsa de té con el repollo morado para que no flotaran
6. Se hirvió por una hora
7. Se enjuagó con agua fría

El procedimiento llevado a cabo para la tinción de las muestras con repollo morado se representa en la figura 72.

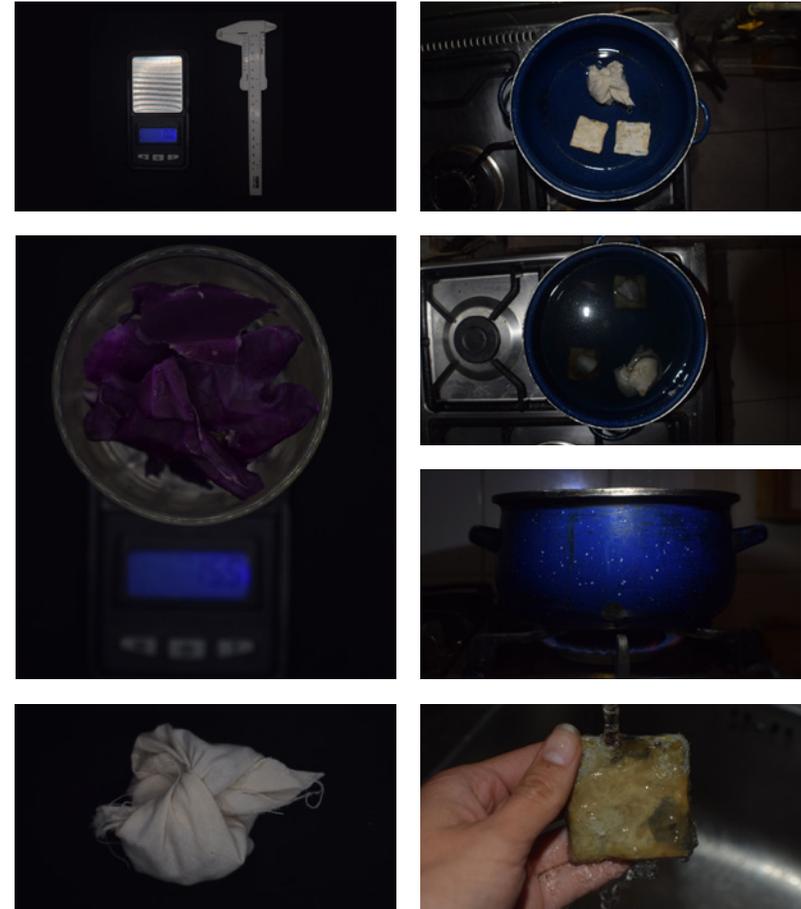


Figura 72. Procedimiento de tinción con repollo morado. Fuente: Elaboración propia.

Cúrcuma en polvo

Para la tinción de las muestras con cúrcuma en polvo se utiliza la técnica shibori, la cual consiste en reservar ciertas zonas para que no sean teñidas formando patrones más impredecibles y diversos.

1. Se pesaron y midieron las muestras
2. Se anudaron las muestras con lana sintética
3. Se pesó la cúrcuma en polvo, en esta ocasión se usó el 50% del peso de las muestras a teñir
4. Se añadió la cúrcuma en polvo en una olla y cubrió con agua
5. Se revolvió la mezcla
6. Se introdujeron las muestras en la olla y se depositaron piedras sobre las muestras para que no flotarán
7. Se hirvió por una hora
8. Se enjuagó con agua fría

El procedimiento llevado a cabo para la tinción de las muestras con cúrcuma en polvo se representa en la figura 73.

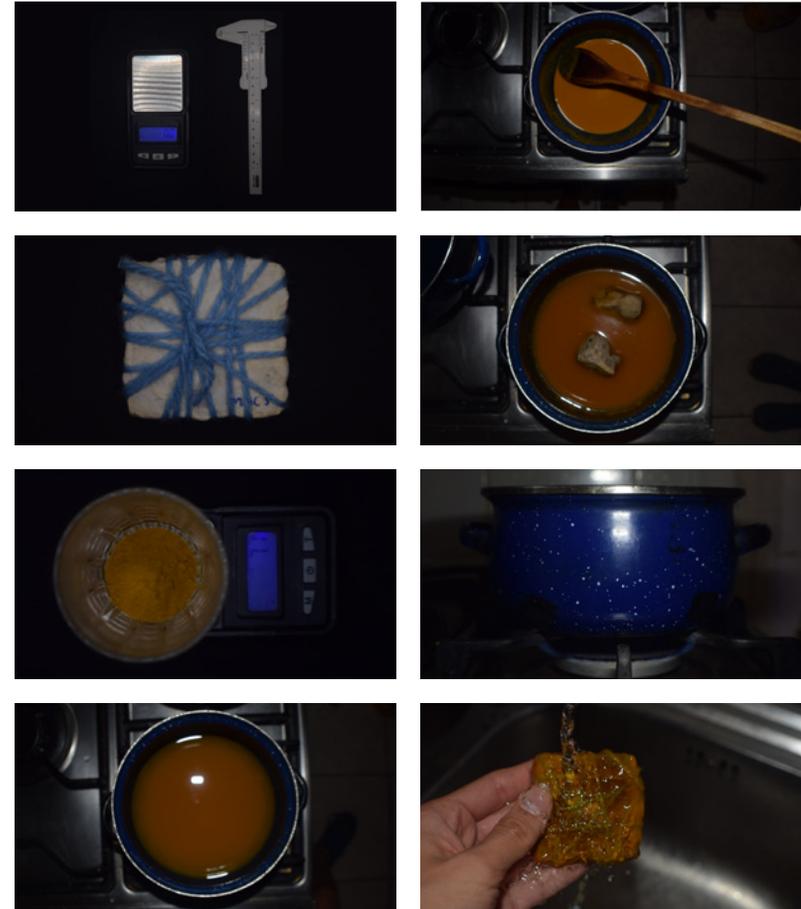


Figura 73. Procedimiento de tinción con cúrcuma en polvo.
Fuente: Elaboración propia.

Ulteriormente de realizar el procedimiento descrito en cada uno de los pigmentos vegetales, se aplican 2 procesos de secado.

En primer lugar las muestras que estaban sin inhibir son llevadas al horno eléctrico a una temperatura de 150°C para terminar el proceso de elaboración y creación del material biobasado. El tiempo de inhibición dependerá de la cantidad de agua absorbida durante la tinción del material biobasado, por ende, las muestras se dejarán en el horno eléctrico hasta que estén completamente secas; evaluándolas cada 30 minutos a partir del tacto. En la figura 74 se representan las 3 muestras en el horno eléctrico

Por otra parte, las 3 muestras restantes que se encontraban inhibidas previo a la tinción son depositadas en un recipiente y secadas a temperatura ambiente. El tiempo de secado dependerá de la cantidad de agua absorbida por las muestras y la temperatura ambiente. En la figura 75 se pueden observar las 3 muestras inhibidas posterior a la tinción con pigmentos vegetales.

La decisión de teñir las muestras pre inhibición y post inhibición consiste en evaluar posibles diferencias según el estado en que se encuentren. Así es posible explorar y analizar cuál es el mejor momento para realizar la tinción del material biobasado.



Figura 74. Muestras de tinción pre inhibición en horno eléctrico.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 75. Muestras de tinción post inhibición en recipiente.
Fuente: Elaboración propia.

B.2.3 Moldear el material biobasado a partir de moldes simples, con textura y complejos.

Se lleva a cabo pruebas de moldeo a modo de indagar diversas morfologías: moldes simples, moldes con textura y moldes complejos; con el fin de comprobar si el material biobasado tiene la propiedad de adquirir ciertas formas y texturas, aumentando sus capacidades constructivas y de aplicación.

Moldes simples

Para el moldeo a partir de moldes simples se utilizan 12 moldes distintos, a modo de comprobar la moldeabilidad del material biobasado en distintas formas, ángulos, curvas, espesores y tamaños.

En primer lugar se imprimen moldes en impresión 3D, las formas utilizadas son: cuadrado, círculo, triángulo, pentágono y decágono, los cuales se observan en la figura 76 en la parte superior. Los moldes simples son diseñados por la investigadora utilizando el software Fusion 360 para el modelado de las piezas y Cura para los parámetros de impresión. La impresora 3D utilizada es un Ender 5 de dimensiones 440 x 410 x 465 mm y sus dimensiones de impresión son de 220 x 220 x 300 mm; se utilizó filamento PLA marca Creality de 1.75 mm con temperatura de impresión entre 195-220°C modelo CR-PLA WHITE y CR-PLA YELLOW.

En segundo lugar se imprimen 4 moldes creados bajo los mismos parámetros descritos en el párrafo anterior. Los moldes tienen un tamaño de 60 x 30 mm donde varía los espesores siendo estos de: 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm., a modo de evaluar las

diferencia del material biobasado con distintos espesores.

En tercer lugar se imprime un círculo de mayor tamaño y espesor, representado en la figura 76 en la esquina inferior izquierda. Para la impresión de la pieza se utilizaron las mismas herramientas descritas en el párrafo anterior.

En tercer y último lugar se utilizan 2 recipientes plásticos disponibles en el hogar de la diseñadora los cuales poseen formas distintas, estos se representan en la figura 76 en la esquina inferior derecha. Los recipientes seleccionados son para probar una forma maciza con una mayor altura.

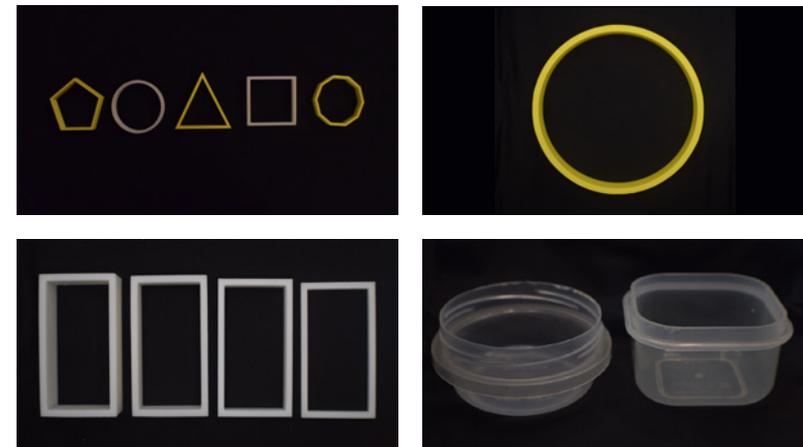


Figura 76. Moldes simples. Fuente: Elaboración propia.

Molde con textura

Se analiza la capacidad que tiene el material biobasado de copiar formas más detalladas y con texturas, a modo tal, de definir los parámetros de moldeo.

Para la realización de esta prueba se compra un molde de silicona para chocolates con forma de flores en la tienda Dulce Repostería, ubicada en Los tres Antonios 200, Ñuñoa, Región Metropolitana (ver figura 77).



Figura 77. Molde con textura. Fuente: Elaboración propia.

Moldes complejos

Los moldes complejos fueron impresos en 3D en la máquina Ender 5 descrita en moldes simples. Se imprimieron 3 moldes complejos, 2 de ellos fueron descargados de la plataforma digital gratuita Thingiverse, dedicada a la creación y publicación de archivos de diseño digital; los moldes descargados se observan en la figura 78 en las imágenes superiores. El tercer molde se diseñó en el software Fusion 360 y se utilizó un filamento marca Anet de 1.75 mm color esmeralda (ver figura 78).

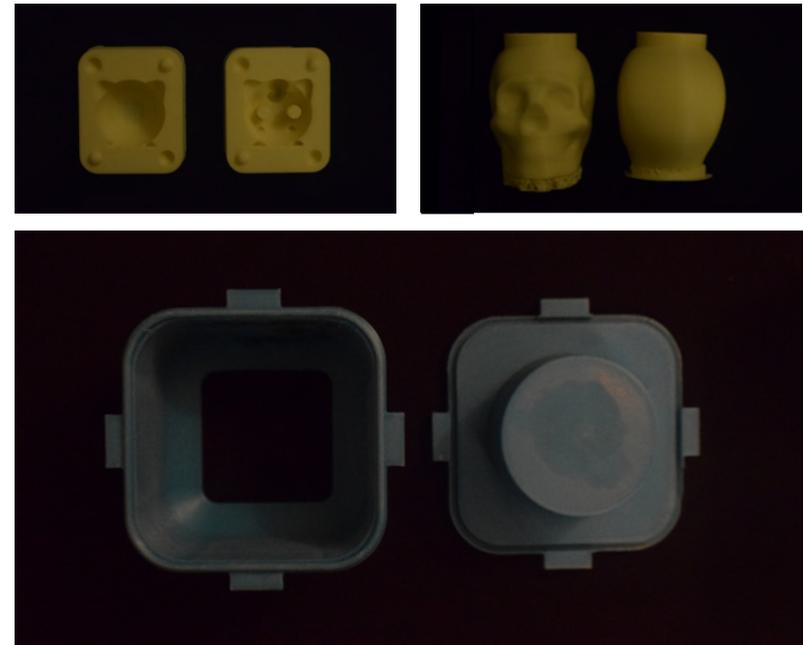


Figura 78. Moldes complejos. Fuente: Elaboración propia.

B.3 Evaluar propiedades de percepción del material biobasado

B.3.1 Realizar diferencial semántico

Dentro de la caracterización del material biobasado, es fundamental la percepción que poseen las personas hacia él; desde esta perspectiva se decide evaluar las propiedades de percepción del material biobasado a partir de la herramienta Diferencial Semántico (DS) creada por Osgood (1957) utilizada como instrumento de medición para obtener información sobre el valor connotativo de un objeto o una imagen (Aros, M. y Aros, N., 2009).

El Diferencial Semántico (DS) consiste en una serie de pares de adjetivos bipolares evaluados mediante una escala establecida, adaptadas a cada problema de investigación al cual se aplica; por lo tanto, se basan en los propósitos particulares de cada investigación (Osgood, 1957).

Los adjetivos bipolares utilizados en el diferencial semántico para la evaluación de percepción del material biobasado se basan en los descriptos por Camere, S. y Karana, E. (2018), debido a que están enfocados en la caracterización experiencial de los materiales; la cual tiene estrecha relación con la investigación a la cual se aplican. La caracterización experiencial de los materiales se basa en 4 niveles de experiencia: nivel sensorial, nivel interpretativo, nivel afectivo y nivel performativo, a modo de comprender cómo las personas experimentan un material específico. En esta oportunidad se utilizan los primeros 3 niveles mencionados: sensorial, interpretativo y afectivo representados en la Figura 79.

	3	2	1	0	1	2	3	
SENSORIALES	Duro	<input type="radio"/>	Blando					
	Liso	<input type="radio"/>	Rugoso					
	Rígido	<input type="radio"/>	Flexible					
	Elástico	<input type="radio"/>	No elástico					
	Ligero	<input type="radio"/>	Pesado					
	Brillante	<input type="radio"/>	Mate					
	Oloroso	<input type="radio"/>	Inoloro					
	Colorido	<input type="radio"/>	Incoloro					
	Caliente	<input type="radio"/>	Frío					
	Resistente	<input type="radio"/>	Frágil					
	Textura regular	<input type="radio"/>	Textura irregular					
	Fibroso	<input type="radio"/>	No fibroso					
INTERPRETATIVOS	Agresivo	<input type="radio"/>	Tranquilo					
	Acogedor	<input type="radio"/>	Distante					
	Elegante	<input type="radio"/>	Vulgar					
	Moderno	<input type="radio"/>	Antiguo					
	Natural	<input type="radio"/>	Artificial					
	Convencional	<input type="radio"/>	Innovador					
	Artisanal	<input type="radio"/>	Industrial					
	Limpio	<input type="radio"/>	Sucio					
	Temporal	<input type="radio"/>	Duradero					
	Sostenible	<input type="radio"/>	Insostenible					
	Barato	<input type="radio"/>	Costoso					
	Simple	<input type="radio"/>	Complejo					
	Transformable	<input type="radio"/>	Inalterable					
APECTIVO	Aburrimiento	<input type="radio"/>	Diversión					
	Sorpresa	<input type="radio"/>	Decepción					
	Agrado	<input type="radio"/>	Desagrado					
	Confusión	<input type="radio"/>	Encanto					
	Rechazo	<input type="radio"/>	Aprobación					
	Curiosidad	<input type="radio"/>	Desinterés					
	Disgusto	<input type="radio"/>	Atracción					
	Satisfacción	<input type="radio"/>	Frustración					

Figura 79. Diferencial semántico. Fuente: Elaboración propia basada en (Camere, S. y Karana, E., 2018).

En conjunto al diferencial semántico se realizaron un serie de preguntas a modo de complementar y profundizar la percepción de las y los individuos respecto al material biobasado.

Se realizaron 5 preguntas basándose en Karana, E., et al. (2015) descritas en Material Driven Design (MDD): A method to design for material experiences. Las preguntas forman parte de la caracterización experiencial del material, entregando información más detallada por parte de los y las encuestadas.

PREGUNTAS REALIZADAS

1. ¿ Cómo describirías este material ?

2. ¿ Cuáles son las cualidades sensoriales más y menos agradables del material ?

3. ¿ Cuáles son las cualidades sensoriales únicas del material ?

4. ¿ Asocias el material con algún otro material a partir de la estética de este ?

5. ¿ Provoca alguna emoción en particular ? Ej: amor, odio, miedo, relajación, etc.

6. ¿ Qué tipo de significados y asociaciones evoca el material en ti ?

Figura 80. Preguntas realizadas. Fuente: Elaboración propia basada en (Karana, E., et al., 2015).

Población de estudio

La evaluación perceptual del material biobasado se aplicó a 3 grupos de estudios diferentes detallados a continuación:

Grupo 1: Conformado por personas ligadas al diseño, las artes y la arquitectura que se encuentren tituladas o bien en su último año.

Grupo 2: Conformado por personas ligadas al consumo y prácticas conscientes, aportando al cuidado del medio ambiente y sus recursos.

Grupo 3: Conformado por personas mayores de 18 años, ligadas a cualquier área menos las descritas anteriormente con o sin título académico .

Cada grupo se conforma por 15 personas a quienes se les realizó la evaluación de diferencial semántico vía online, excepto el Grupo 1 conformado por diseñadores, artistas y arquitectos a quienes se les realizó la evaluación de manera presencial, de modo que pudieran percibir el material de mejor manera, así también poder analizar las diferencias de evaluación via online y presencial si es que existen.

Para realizar la evaluación de diferencial semántico se explicó en que consiste la herramienta y el fin que tenía dentro del proyecto sin mencionar la conformación del material biobasado para no interferir en la percepción respecto a este. Se expusieron diferentes muestras (Ver figura 81) para demostrar las diferentes posibilidades del material biobasado.

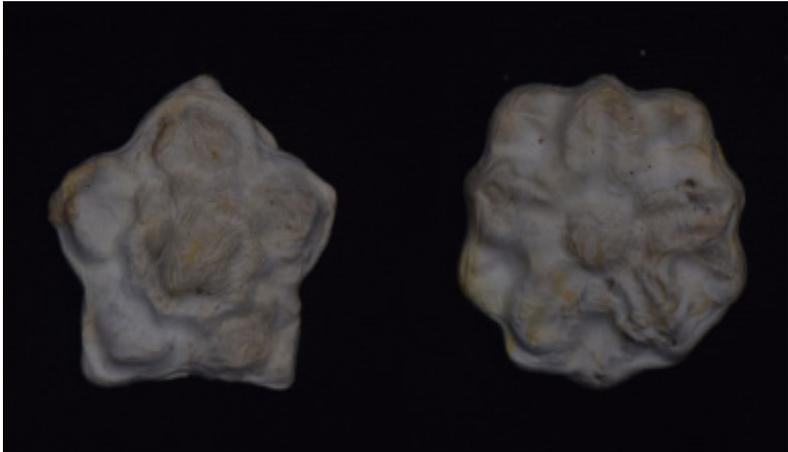


Figura 81. Muestras utilizadas para la evaluación perceptual
Fuente: Elaboración propia.

2.3 TERCER OBJETIVO: VALIDACIÓN DEL MATERIAL BIOBASADO

El tercer objetivo tiene como finalidad la validación del material biobasado a partir de sus propiedades físico mecánicas, resistencia a agentes externos, trabajabilidad, tinción, moldeabilidad y evaluación perceptual, a modo de rescatar las propiedades únicas del material y las oportunidades que posee. Además se considera la conformación y procesos para la cración del material biobasado y los criterios para el desarrollo de un material sostenible

En la tabla 6 se representan las etapas, tareas y actividades a realizar. En primera instancia se definen las principales

propiedades y oportunidades del material biobasado, para posteriormente realizar una lluvia de ideas y seleccionarlas según la matriz de Pugh.

En la matriz de Pugh se seleccionan diversos criterios bajo los cuales se evalúan las diferentes propuestas. A partir de los resultados obtenidos se selecciona una propuesta, de la cual se realizan croquis y se escoge una propuesta formal para posteriormente ser modelada.

TERCER OBJETIVO		
3. Validar el material biobasado desarrollando una propuesta de aplicación en el área del diseño.		
ETAPAS	ACTIVIDADES	TAREAS
C. Crear y definir aplicaciones del material biobasado	C.1 Crear propuestas de aplicación	C.1.1 Definir las principales propiedades y oportunidades del material biobasado C.1.2 Realizar un brainstorming de propuestas según las cualidades del material biobasado C.1.3 Seleccionar propuestas
	C.2 Prototipar o modelar una aplicación para el material biobasado	C.2.1 Realizar croquis de propuesta C.2.2 Seleccionar una propuesta formal C.2.3 Modelar la propuesta escogida

Tabla 6. Tercer objetivo. Fuente: Elaboración propia.

C.1 Crear propuestas de aplicación

Para llevar a cabo la creación de propuesta de aplicación se utiliza el material biobasado como punto de partida, dado que el presente proyecto tiene como finalidad la creación de un material biobasado, en donde toda la investigación desarrollada hasta este punto ha tenido énfasis en la creación y elaboración del proceso de producción de dicho material biobasado, por ende, no hay producto, ni usuario o usuaria desarrollado.

Dado que el material biobasado es el punto de partida, se utiliza como referencia el pre-proceso de diseño descrito por Ordóñez et al., (2012) el cual se representa en la figura 82. El pre-proceso consta de 3 etapas detalladas a continuación:

Análisis: Consta en analizar el material y sus propiedades. Este proceso se realiza en la tarea C.1.1

Ideación: Encontrar formas previamente desconocidas de usar el material. El proceso se realiza en la tarea C.1.2

Filtración: Decidir qué solución o soluciones se descartan y cuales se conservan. El proceso se realiza en la tarea C.1.3

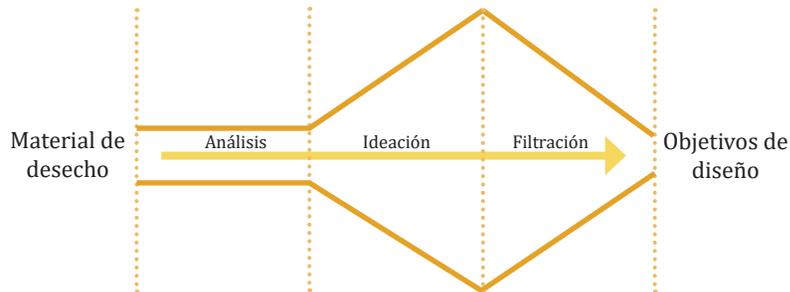


Figura 82. Pre-proceso de diseño. Fuente: Elaboración propia basada en (Ordoñez et al., 2012).

C.1.1 Definir las principales propiedades y oportunidades del material biobasado

A modo de definir las principales propiedades y oportunidades del material biobasado se emplea la “Estructura de información para el diseño de producto” descrita por Ashby y Johnson en el libro “Materials and Design. The art and science of material selection in product design”, graficada en la figura 83.

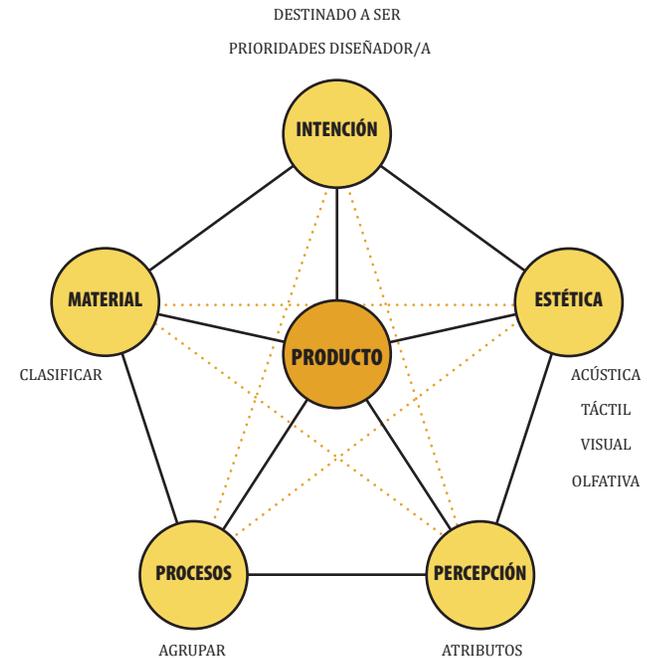


Figura 83. Estructura de información para el diseño de producto. Fuente: Elaboración propia basada en (Ashby, M. y Johnson, k. 2002).

C.1.2 Realizar un brainstorming de propuestas según las cualidades del material biobasado

El brainstorming también conocido como lluvia de ideas o tormenta de ideas es una técnica utilizada para generar ideas creativas, espontáneas y sin limitaciones. El fin es generar una gran cantidad de ideas, las cuales en la siguiente tarea serán evaluadas, por ende, en este proceso es fundamental pensar libremente sin realizar críticas.

Se analiza el estado del arte de los mushroom materials y los materiales de residuos textiles desarrollado en el capítulo 1, siendo utilizados como inspiración, además de las ideas surgidas durante todo el proceso de elaboración del material biobasado y su caracterización. También se utilizan como aporte las distintas plataformas online,

Las propuestas son seleccionadas en categorías en las cuales se aplican distintos tipos de productos. Por ejemplo, si la categoría es contenedores los productos que entran en dicha categoría son: packaging, recipientes, maceteros, fuente para frutas, etc.

Las categorías seleccionadas fueron: contenedores, decoración de interior, deportes, construcción, utilería, exhibiciones/ eventos, ornamento, jardinería, mobiliario, luminaria y otros.

C.1.3 Seleccionar propuestas

Para la selección de propuestas se utiliza la Matriz de Pugh creada por el británico Stuart Pugh, la cual es una herramienta cuantitativa cuyo fin es comparar diferentes opciones entre sí.

La matriz de Pugh se representa en la tabla 7 y se desarrolla a partir de las propuestas de aplicación las cuales se evalúan según los criterios de selección que corresponden a las propiedades del material definidas a partir de la caracterización del material biobasado. La evaluación de las propuestas consta de 3 valores principales: +1 corresponde a una evaluación favorable donde la propiedad influye de manera positiva en la propuesta de aplicación, 0 cuyo valor indica que la propiedad no influye en la propuesta de aplicación y finalmente -1 que indica un valor desfavorable debido a que la propiedad afecta de manera negativa a la propuesta de aplicación.

		CRITERIOS DE SELECCIÓN				
		Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Valor
PROPUESTAS DE DISEÑO	Categoría A					
	Categoría B					
	Categoría C					
	Categoría D					
	Categoría E					
	Categoría F					

Tabla 7. Matriz de Pugh. Fuente: Elaboración propia.

C.2 Prototipar o modelar una aplicación para el material biobasado

A partir de la matriz de Pugh y los criterios seleccionados, se obtuvieron las propuestas más viables y que mejor aprovechan las propiedades del material biobasado, considerando además los criterios para el desarrollo de un material sostenible mencionados en el capítulo 1.

Se escoge solamente una propuesta en la cual se trabaja a partir de croquis y propuestas formales, a modo de seleccionar una de ellas y modelarla a través de programas digitales.

C.2.1 Realizar croquis de propuesta

La propuesta final seleccionada es un ánfora biodegradable debido a que es la que obtiene mayor puntuación según los criterios de la matriz de Pugh.

Para realizar la propuesta de croquis en primer lugar se realiza un estado del arte en torno a las ánforas biodegradables existentes en el mercado (ver anexo 5).

En segundo lugar se utiliza la naturaleza como mayor referente, por ende, se buscan contenedores naturales y se realiza un moodboard (ver figura 84). Los referentes naturales utilizados son hongos, plantas y semillas principalmente.



Figura 84. Moodboard recipientes naturales. Fuente: Elaboración propia.

C.2.2 Seleccionar una propuesta formal

Se selecciona como propuesta final la representada en la figura 85 que consiste en la forma de una semilla, haciendo alusión a la vida, dado que la semilla plantada pasará por una serie de procesos que finalmente terminaran con las cenizas incorporadas en la naturaleza.

A partir de la forma seleccionada y la propuesta formal se busca destacar algunos atributos del análisis perceptual, estos son: natural, sostenible, tranquilo, transformable, acogedor y artesanal.

La propuesta en forma de semilla también permite que su manipulación sea fácil, así mismo la terminación en punta redondeada permite que el entierro de el ánfora biodegradable sea mucho más amigable y cómodo.

La propuesta seleccionada plantea que las cenizas puedan incorporarse de manera natural y sostenible a la naturaleza, donde finalmente se logreen transformar, fusionar y entrelazar, continuando con la vida pero desde otra perspectiva.

En este entrelazado y fusión se destaca la conformación misma del material biobasado desarrollado, dado que el micelio aglomerados materiales distintos a partir de sus hifas, que son una red de filamentos muy similares a las raíces, las cuales se entrelazan y permiten la fusión de los materiales seleccionados.



Figura 85. Propuesta formal. Fuente: Elaboración propia.

C.2.3 Modelar la propuesta escogida

La propuesta formal seleccionada es llevada a cabo en dos formatos, dado que se destina a que pueda ser usada por cenizas de personas y de mascotas.

Para definir la capacidad del ánfora biodegradable, se analizan las ya existentes en el mercado, por ende, la capacidad seleccionada es 3000 cc y 1500 cc.

Cabe destacar que debido a la alta variabilidad de porcentaje de contracción en el material biobasado el ánfora biodegradable reducirá su tamaño, por ende, el molde debe poseer dimensiones mayores a las establecidas, de modo tal, que en el proceso de la inhibición del producto, esto se aproxime a la capacidad establecida.

Cada uno de los productos poseera una forma única, debido a la variabilidad que posee el material biobasado como propia característica del mismo, entendiéndose a su vez que es un producto que se cultiva.

Si bien se trabajan con dos capacidades, las cuales se pueden observar en la figura 86, se proyecta destinar el ánfora biodegradable a más tamaños.

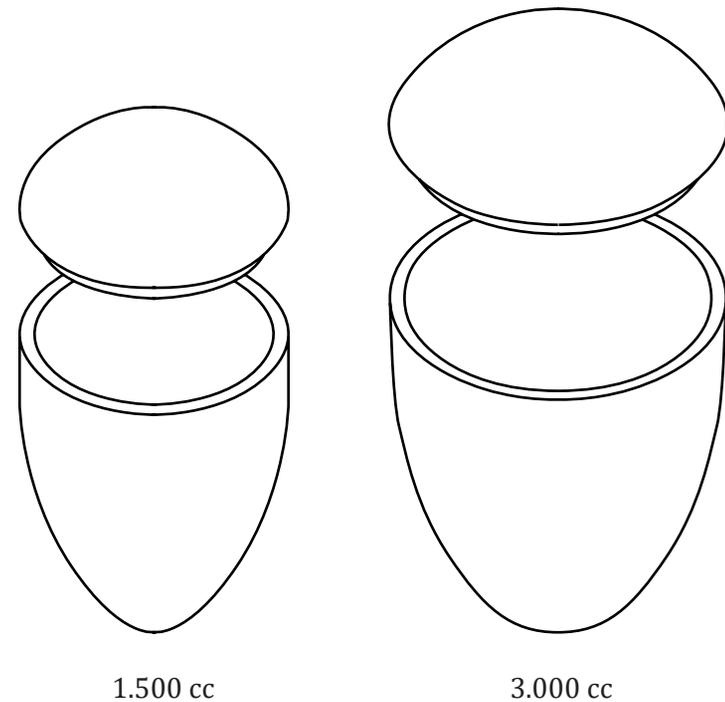


Figura 86. Modelado propuesta escogida. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

R E S U L T A D O S

En el siguiente capítulo se detallan y analizan los resultados obtenidos en cada una de las tareas realizadas.

En primer lugar se analizan los resultados del objetivo específico número 1 que consiste en establecer un proceso de elaboración para desarrollar un material biobasado a partir de la fibra de algodón y micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*, detallando los resultados obtenidos de la fase experimental y en el proceso de elaboración, el cual se aplica posteriormente a todas las pruebas realizadas.

En segundo lugar se evalúan las principales características físico-mecánicas, trabajables y perceptuales para caracterizar el material biobasado, detallando los resultados obtenidos de los ensayos y pruebas realizadas, a modo de ir definiendo características propias del material y posicionarlo dentro del mundo de los materiales, viendo similitudes y diferencias con los ya existentes.

Finalmente, en tercer lugar se valida el material biobasado desarrollando una propuesta de aplicación en el área del diseño, dando los resultados del proceso de creación llevado a cabo por la investigadora.

3.1 PRIMER OBJETIVO: DESARROLLO DEL MATERIAL BIOBASADO

A continuación se entregan los resultados obtenidos del primer objetivo. En la primera aproximación de conformación del material biobasado se comprueba que el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* puede crecer en la fibra vegetal de algodón, pero de manera débil; por ende, se concluye que si bien el micelio puede crecer en las fibras de algodón este necesita de más nutrientes para el óptimo crecimiento, hecho que conlleva a la utilización de residuos domiciliarios como sustrato adicional para la elaboración del material biobasado.

A raíz de la primera actividad se logra analizar las falencias y virtudes de los procesos llevados a cabo, estableciendo así consideraciones a seguir para poder llevar a cabo de la manera más óptima posible la segunda actividad.

En la segunda actividad se definen los parámetros de crecimientos y elaboración del material biobasado; establecimiento el procedimiento final de conformación del material biobasado siguiendo las consideraciones establecidas en la primera actividad.

Finalmente el material biobasado elaborado se compone de crea cruda y conos de papel higiénico (50-50%) aglomerados con micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*.

A. 1 Realizar primera aproximación de conformación del material biobasado

A.1.1 Preparar sustrato

La granulometría utilizada para el sustrato de 10 a 30 mm tuvo ciertos inconvenientes a la hora de licuar en aquellos más

grandes, ya que las hilachas se enredan en la cuchilla de la licuadora o bien no se separan correctamente (ver figura 87), por ende, se tuvieron que deshilar de manera manual. Esto conlleva a que la granulometría utilizada en las siguientes experimentaciones sea de 10 a 20 mm.

Por otra parte se opta por definir un proceso de hidratación del sustrato a modo de obtener entre el 70-80% de humedad, debido a que en las experimentaciones previas no ha podido ser controlada eficientemente.

Así también se concluye que la pasteurización utilizada en esta instancia no es la más conveniente, debido a que la temperatura utilizada fue entre los 80-100°C por 80 minutos, lo cual, pudo cambiar la composición química del sustrato generando la solubilización de azúcares simples, lo cual conlleva a una mayor invasión de hongos contaminantes que impiden el buen desarrollo de micelio. Por ende, se procedió a utilizar la pasteurización por inmersión en agua caliente descrita en Gaitán, et al. (2006).

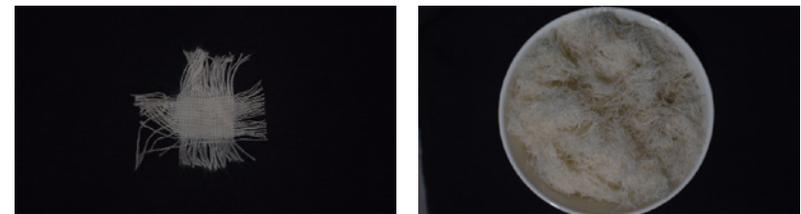


Figura 87. Crea cruda. Fuente: Elaboración propia.

A.1.2 Inocular sustrato

La inoculación del sustrato a partir de micelio (ver figura 88) crecido en medio de cultivo no fue la más óptima, esto se debe, a que placas petri obtenidas con micelio llevaban tiempo en refrigeración, esto conlleva, a que el micelio está más débil y menos vigoroso, por lo cual, es más complejo que colonice de buena manera, más en un sustrato en el cual se está experimentando y comprobando si realmente el micelio puede crecer en él.

Para las siguientes experimentaciones se procede a trabajar desde el inóculo, que consiste en inocular micelio crecido en medio de cultivo en grano, ya que este le entrega nutrientes necesarios para su crecimiento, obteniendo un micelio más fuerte y vigoroso, capaz de colonizar sustratos con mayor facilidad, así mismo, las contaminaciones pueden ser inferiores.



Figura 88. Inoculación sustrato. Fuente: Elaboración propia

A.1.3 Incubar

Dado que la aproximación de conformación del material biobasado se realizó en la temporada de invierno se presentaron dificultades para llegar a los rangos de temperatura óptimos, esto se debe principalmente a las bajas temperaturas registradas en el hogar de la investigadora, lo cual dificulto alcanzar temperaturas más elevadas. La temperatura obtenida varió entre los 22-25°C, lo que conllevó a un crecimiento más paulatino del micelio sobre el sustrato (ver figura 89).



Figura 89. Incubación. Fuente: Elaboración propia.

A.1.4 Moldear

Dado que el crecimiento de micelio no fue el más óptimo, la tarea de moldear no se pudo llevar a cabo debido al crecimiento de un micelio débil, el cual al tocar se desvanecía y no permitía su manipulación y menos su conservación, por lo cual, al querer pasarlo a molde se produjo su desintegración y no se pudieron efectuar las siguientes tareas.

A su vez se comprueba que el algodón no es un sustrato que otorgue los nutrientes necesarios para el crecimiento del micelio, como bien se puede apreciar en la figura 89 el micelio crecido es débil y cubre solo de manera superficial el sustrato, por ende, se concluye que para que el micelio pueda crecer sobre el algodón de buena manera este necesita de un sustrato adicional que aporte nutrientes.

A.1.5 Hornear

Debido a que la tarea de moldear no se realizó, conlleva a que no se pudiera realizar la tarea de horneado, esto debido a lo explicado anteriormente.

3.1.1 CONSIDERACIONES A SEGUIR

A partir de la primera aproximación de conformación del material biobasado se establecen consideraciones para ser llevadas a cabo en la segunda actividad, estas son:

1. Granulometría del sustrato

La granulometría utilizada (10-30mm) presentó inconvenientes a la hora de licuar, ya que los trozos de 30 mm se enredaban en las cuchillas de la licuadora o bien no se separaban totalmente las hilachas, por ende, se establece una granulometría de 10-20 mm en las siguientes experimentaciones.

2. Humectación del sustrato

Debido a la poca capacidad de retención de humedad que posee la creca cruda se establece un proceso de humectación del sustrato por medio de la compactación descrito en el libro "El cultivo de hongos comestibles" de Guzmán et al., (1993), este consiste en los siguientes pasos:

- Se aplica el sustrato en un recipiente
- Se añade agua uniformemente y se presiona a modo de ir empapando y compactando
- Se debe voltear el sustrato al segundo día
- Entre 3 y 5 días se obtiene entre un 70% a un 75% de humedad

3. Pasteurización del sustrato

Se establece realizar pasteurización por inmersión en agua caliente descrita en Gaitán et al. (2006) para evitar la eliminación de azúcares simples. El proceso consiste en sumergir el sustrato en agua caliente 75-80°C durante 1 hora.

4. Elaboración de inóculo (spawn)

Debido a que el micelio utilizado llevaba tiempo en refrigeración, no se encontraba vigoroso, esto se debe a que el micelio va perdiendo propiedades y fortaleza, por ende, debe ser traspasado a otro medio nutritivo a fin de otorgarle la vigorosidad y nutrientes suficientes para que le sea más fácil colonizar sustratos. A partir de esta observación, se decidió inocular granos de arroz integral a modo de obtener un micelio más resistente y capaz de colonizar más eficientemente el sustrato.

5. Agregar sustrato adicional

Luego de comprobar que el algodón (crea cruda) no es un sustrato suficiente para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, se decide añadir un sustrato adicional para la elaboración del material biobasado seleccionando 3 residuos de posconsumo domiciliario, evaluando cuál es el más conveniente para la conformación del material biobasado.

Los residuos de posconsumo domiciliario seleccionados son: borra de café, yerba mate y conos de papel higiénico. El proceso llevado a cabo consistió en la humectación de los sustratos, posterior pasteurización por inmersión en agua caliente,

inoculación a partir de spawn y finalmente incubación, en donde se evaluó el crecimiento del micelio.

La determinación de la elección del residuo se obtiene a partir del residuo que presenta mejor crecimiento de micelio, tanto en términos de tiempo como consistencia. En La figura 90 se representan los residuos seleccionados y el crecimiento de micelio obtenido luego de 3 semanas de incubación. Se observa que en los conos de papel higiénico creció un micelio fuerte y vigoroso, observando su consistencia blanca y resistente, en cambio, en la yerba mate y la borra de café el crecimiento de micelio fue menor.

Se decide incorporar los conos de papel higiénico en la creación y elaboración del material biobasado en una proporción del 50-50% en relación a la crea cruda.



Figura 90. Desechos de posconsumo domiciliario seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

A. 2 Definir parámetros de crecimiento y elaboración del material biobasado

A.2.1 Determinar proceso de elaboración del inóculo

El Proceso de elaboración del inóculo obtuvo muy buenos resultados, en el cual el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* pudo colonizar de óptima manera el grano de arroz integral; logrando un micelio blanco, consistente y vigoroso que cubrió completamente el grano de arroz integral, tal como se puede apreciar en la figura 92, donde se observa el frasco de vidrio completamente blanco debido al crecimiento de micelio.

En la figura 91 se puede apreciar en la primera imagen el grano de arroz integral con micelio y en la segunda imagen un detalle del crecimiento del micelio.

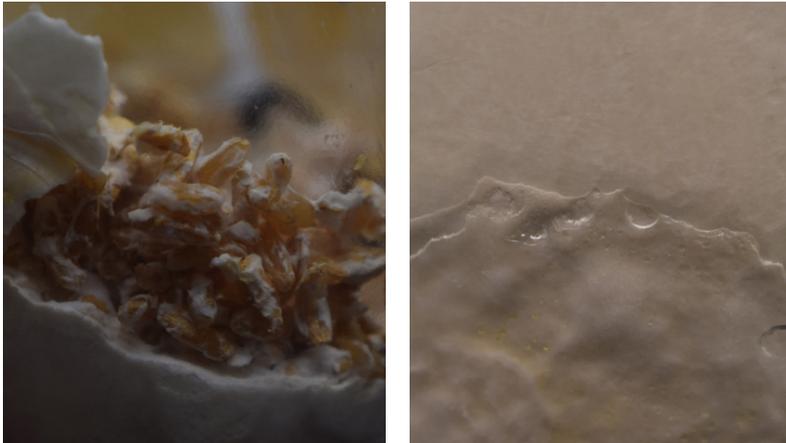


Figura 91. Grano de arroz colonizado. Fuente: Elaboración propia.



Figura 92. Inóculo (spawn). Fuente: Elaboración propia.

A.2.2 Determinar proceso de elaboración del sustrato

Para el proceso de elaboración del sustrato se siguen las consideraciones establecidas en la primera actividad, que consiste en utilizar una granulometría entre 10-20 mm, la humectación por compactación del sustrato durante 3 días y la pasteurización por inmersión en agua caliente. Las 3 consideraciones realizadas entregaron resultados óptimos para la conformación del material biobasado (ver figura 93).



Figura 93. Resultados de elaboración del sustrato. Fuente: Elaboración propia.

A.2.3 Determinar método de inoculación

El método de inoculación se realiza a partir de los granos de arroz integral colonizados mostrando un micelio más resistente y vigoroso, capaz de colonizar de mejor manera el sustrato seleccionado. La utilización del 5% de grano inoculado por peso de sustrato húmedo, se estima conveniente ya que otorga buenos resultados en el crecimiento del micelio como bien se muestra en la Figura 94.



Figura 94. Resultados Inoculación. Fuente: Elaboración propia.

A.2.4 Determinar método de moldeado e incubación

El sustrato seleccionado presenta irregularidades a la hora de ser moldeado, siendo muy difícil obtener piezas uniformes; por ende, es necesario ir compactando el sustrato a modo que quede lo más uniforme posible.

Una vez incubado el sustrato en los respectivos moldes, se comprobó que el tiempo correspondiente de incubación es de 2 semanas. En este período de tiempo el micelio logra aglomerar en su totalidad el sustrato y comienza a expandirse, tal como se puede observar en la figura 95, en que el micelio sobresale del molde e incluso lo comienza a recubrir.

Por otra parte, el tiempo de sellado es de 1 semana, donde el micelio logra cubrir aquellos espacios en los que antes no logró y bien dar mayor espesor en aquellos lugares que ya había colonizado como se observa en la figura 96.

Finalmente el tiempo de moldeado e incubación es de 3 semanas, donde el micelio es capaz de cubrir completamente el sustrato actuando como aglomerante natural (ver figura 97).

Se destaca la capacidad que posee de unir muestras de manera natural en la etapa de incubación y sellado como se puede apreciar en la figura 97. En la imagen superior se puede apreciar la unión natural realizada por el micelio de hongo, uniendo las 4 muestras entre ellas, en la imagen inferior se observa una de las muestras ya separada.



Figura 95. Muestra luego de dos semanas de moldeado. Fuente: Elaboración propia.

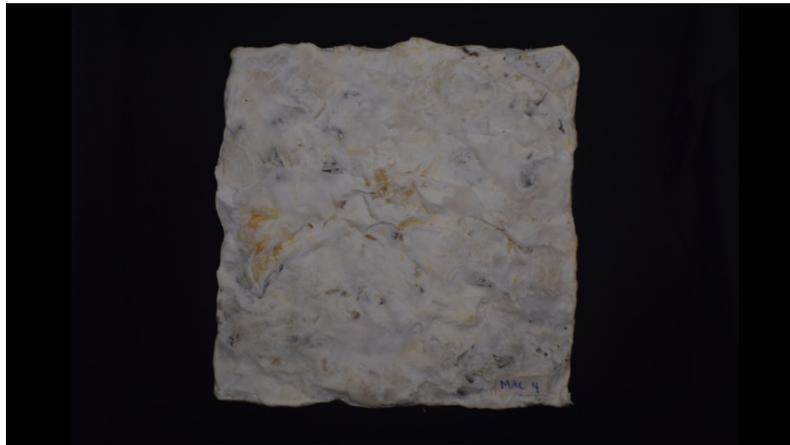


Figura 96. Muestra moldeado (superior) y sellado (inferior).
Fuente: Elaboración propia.



Figura 97. Muestra a las 3 semanas de incubación. Fuente:
Elaboración

A.2.5 Determinar proceso de inhibición

Los resultados del proceso de inhibición del material biobasado se dividen en 3 secciones principales: en primer lugar se analiza el proceso de inhibición natural a través de su masa y volumen, en segundo lugar se analiza el proceso de inhibición artificial a partir de su masa y volumen, finalmente se analizan las 8 muestras de manera visual a partir de un registro fotográfico.

Inhibición natural

Las muestras inhibidas de manera natural tuvieron un registro durante 8 días, dado que en ese periodo de tiempo las muestras presentaron estabilidad en su masa y volumen (ver tabla 8).

RESULTADOS INHIBICIÓN NATURAL: MASA (g)								
CÓDIGO MUESTRAS	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8
MAC1	17.4	9.9	6.6	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0
MAC2	21.9	12.7	8.4	7.5	7.3	7.2	7.2	7.2
MAC3	17.4	7.2	5.8	5.8	5.6	5.6	5.6	5.6
MAC4	17.5	5.9	5.9	6.1	5.9	5.9	6.1	5.7
RESULTADOS INHIBICIÓN NATURAL: VOLUMEN (cm ³)								
CÓDIGO MUESTRAS	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8
MAC1	31.2	24.3	20.7	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8
MAC2	40.0	31.0	27.5	24.3	24.3	22.3	22.3	22.3
MAC3	29.4	19.0	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
MAC4	30.6	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0

Tabla 8. Resultados inhibición natural masa y volumen. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos de la inhibición natural se concluye que durante las primeras 24 horas las muestras pierden el mayor porcentaje de humedad, como se puede analizar las muestras de interior pierden un porcentaje de humedad cercano al 40% y las muestras de exterior un porcentaje cercano al 60% siendo la muestra MAC4 quien mayor porcentaje de humedad pierde con un 66% esto se debe a la exposición solar a la cual fue sometida (3 horas), de hecho en términos de dimensiones MAC4 se mantiene constante desde las 24 horas de inhibición, pero su masa es la que mayor variación presenta debido a que es la muestra más expuesta a las variaciones climáticas, por ende, en los días que hubo una menor temperatura su masa aumento, se concluye que se vio afectada por la humedad de aquellos días, actuando similar a una esponja.

La muestra MAC2 fue quien menor diferencia porcentual obtuvo entre los días, presentando una pérdida de humedad menos abrupta y siendo la última muestra en alcanzar estabilidad en su masa/volumen; por ende, el proceso de inhibición es más lento. Las muestras en exterior son las primeras en alcanzar estabilidad tanto en masa como en volumen, esto se debe a que el ambiente en el cual están situadas posee una temperatura superior, lo que conlleva, a que el proceso de inhibición sea más rápido a diferencia de MAC1 Y MAC2 que están situadas en interior, se concluye que MAC1 alcanza estabilidad antes que MAC2 debido a que se encuentra en un contenedor, amplio, sin luz y cerrado; el cual mantiene las condiciones climáticas más estables a diferencia de MAC2 se encuentra en un contenedor amplio, cerrado y con exposición solar, el cual es de dimensiones superiormente mayores a MAC1, por ende, se ve más influenciada por las condiciones climáticas.

Inhibición artificial

Los resultados de las muestras obtenidos de la inhibición artificial en horno eléctrico domésticos a 100°C, 150°C, 200°C y 250°C, se entregan en la tabla x donde se representa la masa y en la tabla 9 el volumen de las muestras cada 30 minutos; hasta que las muestras se mantienen constante o bien hayan perdido el 70% de humedad.

RESULTADOS INHIBICIÓN ARTIFICIAL: MASA (g)							
CÓDIGO MUESTRAS	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min
MAC5	16.6	14.3	12.0	10.0	8.2	6.5	4.9
MAC6	10.2	6.8	5.3	5.3	-	-	-
MAC7	9.2	4.9	4.7	4.7	-	-	-
MAC8	9.5	5.7	5.7	-	-	-	-

RESULTADOS INHIBICIÓN ARTIFICIAL: VOLUMEN(cm³)							
CÓDIGO MUESTRAS	0 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min
MAC5	32.5	28.8	25.3	23.0	22.1	19.9	19.0
MAC6	18.8	18.4	15.5	15.5	-	-	-
MAC7	18.4	14.8	14.8	14.8	-	-	-
MAC8	21.2	20.3	20.3	-	-	-	-

Tabla 9. Resultados inhibición artificial (volumen). Fuente: Elaboración propia.

La muestra MAC5 luego de 180 minutos de inhibición logra perder el 70.5% de humedad, por ende, no se sigue inhibiendo. Se concluye que durante los primeros 90 minutos la muestra pierde una mayor cantidad de humedad en comparación a los 90 minutos restantes.

La muestra MAC6 y la muestra MAC7 se dejan de inhibir a los 90 minutos, aunque a los 60 minutos estas muestras ya se encuentran estables, debido a que el porcentaje de humedad que poseen las muestras es relativo no se puede saber con exactitud de cuanto es el porcentaje; tanto MAC6 como MAC7 no se alcanzan a perder el 70% de humedad, esto se debe a que el porcentaje de humedad que poseían era inferior y solo se logró deducir al inhibir hasta que el porcentaje se mantuviera.

En cambio la muestra MAC8 se inhibe por 90 minutos, aunque la muestra se encuentra inhibida a los 30 minutos; esto se debe a la alta temperatura a la cual fue sometida, mostrando una diferencia de 120 minutos menos en comparación de MAC5.

Al utilizar la inhibición artificial a baja temperatura se infiere que la variación de masa y volumen es mucho más controlada como es el caso de MAC1 y MAC2, esto se debe a que la prueba es sometida constantemente a la misma temperatura y en el mismo ambiente.

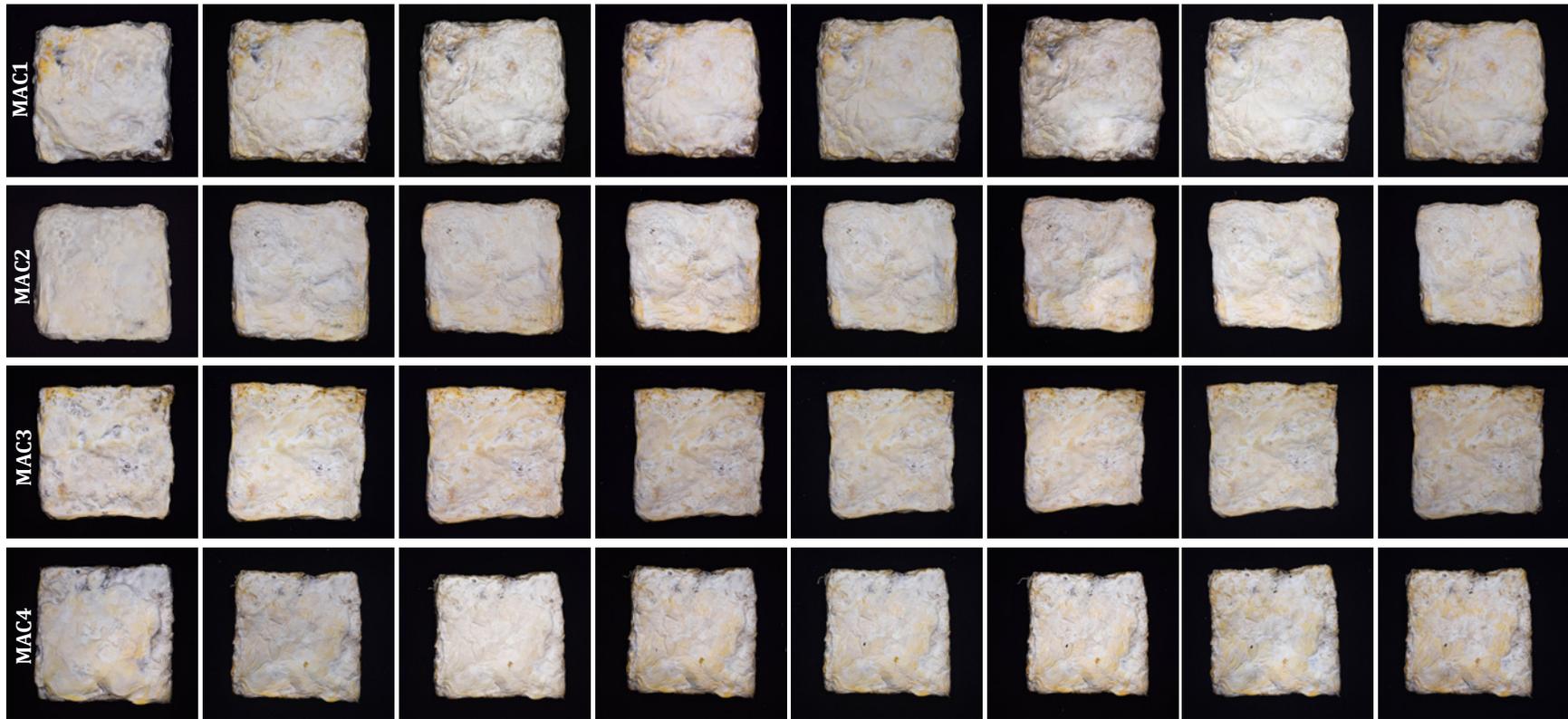


Figura 98. Resultados inhibición natural. Fuente: Elaboración propia.

Registro visual

El registro fotográfico de las muestras realizadas por inhibición natural se representa en la figura 98. Los procesos de inhibición natural y artificial se representan de manera separada dado que los tiempos de inhibición son diferentes, por una parte la inhibición natural se registra día a día y de modo contrario el registro de la inhibición artificial es cada 30 minutos.

A partir del registro fotográfico realizado se observa que en las 4 muestras hubo un cambio de color a tonos más amarillos, la textura del micelio cambio, volviéndose más arrugada y a la vez menos suave, por otra parte las 4 muestras poseían primordios los cuales se secaron durante las primeras 24 horas inhibiendo su crecimiento. Particularmente el olor fúngico presente en las muestras va disminuyendo día a día, ya en 8 días el olor fúngico es más suave, casi inoloro.

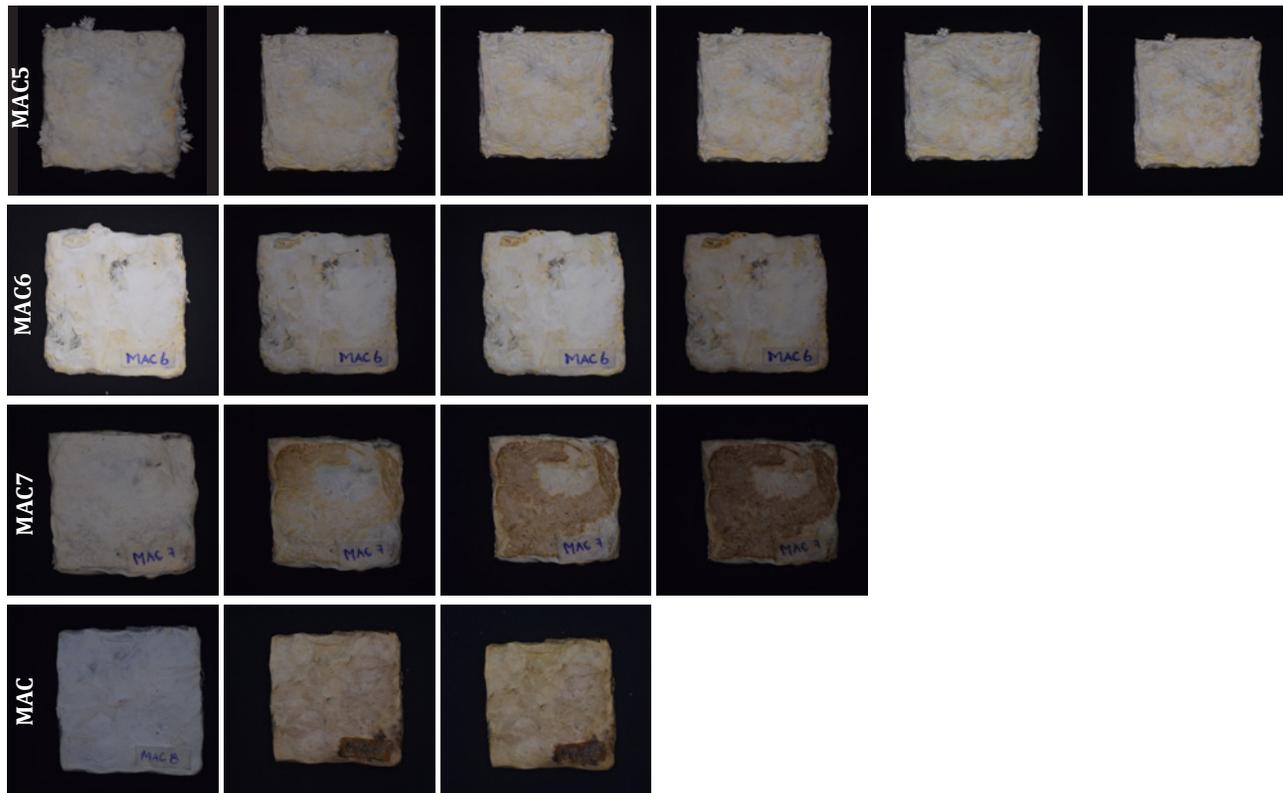


Figura 99. Resultados inhibición artificial. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 99 se observan los resultados de inhibición artificial a partir del horno eléctrico domiciliario utilizando las diferentes temperaturas. En las muestras se puede presenciar un cambio de color, siendo más drástico en MAC7 Y MAC8, debido a que fueron inhibidas en temperaturas más elevadas, en MAC8 se observa un cambio completo de color y particularmente en MAC7 se aprecian tonos más oscuros dando una apariencia de quemado en el micelio.

El crecimiento de primordios que se puede observar en algunas de las muestras antes de ser inhibidas, posterior a la primera inhibición se puede observar el deterioro y la disminución de su tamaño, debido a que pierden humedad en cada periodo de inhibición. Con la aplicación de calor artificial los primordios detienen su crecimiento.

Conclusiones

A partir del proceso de inhibición se concluye que el más efectivo en términos de tiempo es la inhibición artificial, además que al estar bajo las mismas condiciones el cambio de masa/volumen es menos abrupto cuando las temperaturas son más bajas (100°C - 150°C); por otra parte, no se descarta la posibilidad de inhibir las pruebas de manera natural o bien combinación mixta (natural+artificial).

Se observa que tanto en la inhibición natural como artificial las muestras tienden al cambio de color, pasando de un tono blanco a tonos más amarillos y cafés en el caso de MAC7 y MAC8. La textura del micelio también cambia debido a la pérdida de humedad en donde tiende a arrugarse y perder suavidad. Finalmente el crecimiento de primordios se ve inhibido con las temperaturas y el cambio de condiciones.

Se debe considerar que los tiempos descritos son válidos para muestras de 50 x 50 x 10 mm aproximadamente, debido a que si las muestras son de menor tamaño el proceso de inhibición puede durar menos tiempo, a diferencia de sí las muestras son de un tamaño mayor el tiempo para inhibir el micelio también será mayor; por ende, la inhibición de micelio es proporcional al tamaño de la muestra e influirá en los tonos y la textura del micelio. Es fundamental tener en consideración lo mencionado a la hora de querer inhibir una muestra ya que el tiempo dependerá completamente de su tamaño, por eso, es imprescindible pesar y medir la muestra para saber cuando ha perdido alrededor del 70% de humedad.

Las muestras de inhibición natural que mejores resultados

obtienen son MAC2 Y MAC3, ya que ambas poseen un mejor aspecto visual, principalmente MAC3. A partir de estos datos se considera como una opción viable la inhibición de micelio de manera natural, siendo más amigable con el medio ambiente porque se utilizan recursos renovables.

Por otra parte, las muestras de inhibición artificial que mejores resultados poseen son MAC5 Y MAC6, principalmente por la poca variación respecto al color. Un factor que juega en contra respecto a MAC5 es la gran cantidad de tiempo que tarda en ser inhibida, por lo cual, una pieza con mayores dimensiones requerirá de un tiempo más elevado, lo que se traduce a un mayor consumo energético y de recursos no renovables; siendo una práctica menos amigable con el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

En conclusión se decide trabajar con inhibición artificial y natural para la inhibición del micelio, en el caso de inhibición artificial se decide trabajar con la temperatura de 150°C a modo de reducir el uso de recursos no renovables. En el caso de la inhibición natural se selecciona el procedimiento realizado a MAC3 si el clima es el oportuno, de manera contraria se puede utilizar el procedimiento realizado a MAC2 y también utilizar técnica mixta para aquellas muestras de mayor de tamaño.

Como oportunidad, se considera la opción de generar distintos tonos a través de la temperatura y los diversos métodos de inhibición, siendo una cualidad única del material poder conseguir diversos tonos solo a partir de aplicación de diferentes temperaturas. Por ende, este proceso puede seguir siendo explorado en proyecciones futuras y según las necesidades que se deseen solucionar.

3.1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN

Los procesos y tiempos llevados a cabo para la elaboración y producción del material biobasado conformado por crea cruda, conos de papel higiénico y micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* se resumen en la figura 100.

La etapa de inoculación depende netamente de la cantidad de material a inocular, dando por resultado un tiempo mínimo de 30 minutos, dado que se debe adaptar el área de trabajo y tanto este espacio como las herramientas e implementos deben ser esterilizados.

Respecto a la etapa 6 muestra terminada el tiempo descrito es la duración del material biobasado, esto depende netamente del fin que se le dará al material biobasado y las condiciones de cuidado.

Finalmente en la etapa de compostar se estiman entre 4 - 6 meses dado que el material en 6 semanas pierde más del 30% de su masa. El tiempo dependerá netamente del tamaño de la muestra, por ende, puede ser menor la cantidad de tiempo de compostaje o bien mayor.

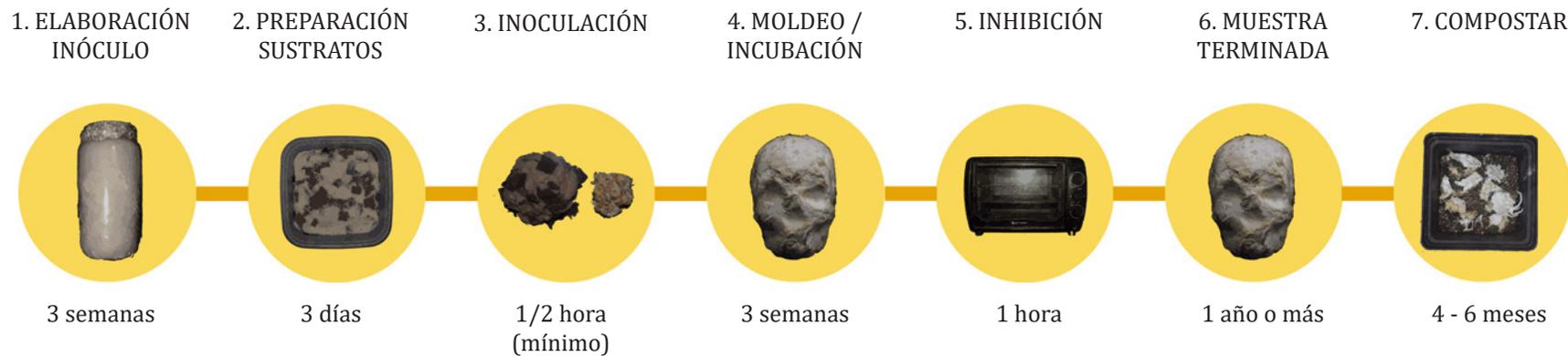


Figura 100. Resumen del proceso de elaboración del material biobasado. Fuente: Elaboración propia.

3.2 SEGUNDO OBJETIVO: CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL BIOBASADO

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir de las principales características: físico-mecánicas, resistencia a agentes externos, trabajabilidad, tinción, moldeabilidad y perceptuales, las cuales se representan en la ficha técnica de la tabla 10.

A partir de los resultados de las propiedades físicas se concluye que el material posee una baja densidad, lo que conlleva a darle propiedades de liviandad y que pueda flotar, por otra parte, el porcentaje de contracción que posee es elevado, por ende, es fundamental considerarlo a la hora de prototipar más si se desea trabajar bajo medidas. Respecto al ensayo de absorción de agua e hinchamiento del espesor se comprueba que el material es estable dimensionalmente frente a la humedad.

Debido a inconvenientes en el laboratorio de la Universidad del Bío Bío con la máquina, no pudieron ser entregados los resultados de los ensayos de tracción perpendicular a la fibra y de flexión, por lo cual, el material biobasado no pudo ser caracterizado desde sus propiedades mecánicas.

Siguiendo con el ensayo de resistencia a agentes externos se comprueba que el material biobasado presenta estabilidad respecto a la degradación en interior y exterior, solo en condiciones de sombra y bajo cubierta. Respecto del ensayo de degradación en tierra se concluye que para una mejor degradación el material debe ser enterrado unos 60 mm bajo superficie porque de esta manera el proceso de degradación es mucho mayor, también se concluye que si el material es trizado previamente el tiempo de degradación sería inferior.

En las pruebas de mecanizado se comprueba que el material biobasado es difícil de trabajar, ya que no es amigable con las herramientas, principalmente con las de lijado. La herramienta que mejor resultados obtuvo fue corte y grabado láser.

En la prueba de tinción natural se comprueba que el material biobasado posee la cualidad de ser teñido a partir de pigmentos vegetales, presentando mejores resultados en las muestras de post-inhibición, dado que presenta un color más homogéneo y menos irregularidades en la textura del micelio.

Una de las características principales del material es su capacidad de moldeabilidad, aunque se debe considerar que esta se realiza solo por compactación, por ende, los moldes deben ser los propicios para que el material biobasado adquiera la forma.

Respecto al diferencial semántico los atributos que adquirieron mayor puntuación fueron: natural, curiosidad, aprobación, ligero, artesanal, sostenible innovado. Estos atributos se consideran en la elección de propiedades.

Finalmente se representan los criterios para el desarrollo de un material sostenible descritos en el capítulo 1, a fin de conocer si el material biobasado los cumple.

A continuación se describen los resultados de cada una de las tareas desarrolladas en el capítulo 2.

FICHA CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL BIOBASADO

PROPIEDADES FÍSICAS	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Porcentaje de contracción	NCh 176/3	31.4%
Densidad	UNE-EN 323	0,3 g/cm ³
Absorción de agua (2 horas)	ASTM D1037	146.8%
Absorción de agua (24 horas)	ASTM D1037	181.6%
Hinchamiento del espesor (2 horas)	ASTM D1037	11.4%
Hinchamiento del espesor (24 horas)	ASTM D1037	11.4%

PROPIEDADES MECÁNICAS	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Cohesión interna (IB)	ASTM D1037	0,06 MPa
Flexión estática	ASTM D1037	926,086 MPa

RESISTENCIA A AGENTES EXTERNOS	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Degradabilidad interior (MAC 1 - MAC2)	Inspección visual	sin cambios
Degradabilidad interior (MAC 3 - MAC4)	Inspección visual	sin cambios
Degradabilidad exterior (MAC 1 - MAC2)	Inspección visual	sin cambios
Degradabilidad exterior (MAC 3 - MAC4)	Inspección visual	cambio de color
Degradación en tierra	Inspección visual	37%

MECANIZADO	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Corte	ASTM D 1666	Grado 4
Lijado	ASTM D 1666	Grado 5
Perforado	ASTM D 1666	Grado 3

TEÑIDO NATURAL	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Cáscara de cebolla morada	Doméstika	Tiñe
Repollo morado	Doméstika	Tiñe
Cúrcuma en polvo	Doméstika	Tiñe

MOLDEABILIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Molde simple	Moldeado por compactación	Moldeable
Molde con textura	Moldeado por compactación	Moldeable
Molde complejo	Moldeado por compactación	Moldeable

PROPIEDADES PERCEPTUALES	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS
Natural	Diferencial semántico	2.5
Curiosidad	Diferencial semántico	2.3
Aprobación	Diferencial semántico	2.2
Ligero	Diferencial semántico	2.2
Artesanal	Diferencial semántico	2.2
Sostenible	Diferencial semántico	2.2
Innovador	Diferencial semántico	1.6

CRITERIOS PARA EL DESARROLLO DE UN MATERIAL SOSTENIBLE	RESULTADOS
Utilizar residuos	Sí
Materia prima local	Sí
Reducir el consumo de materias primas y preferir recursos renovables	Sí
Optimizar el rendimiento de los recursos	Sí
Utilizar materiales inofensivos para la salud	Sí
Utilizar materiales biodegradables o considerar reciclaje/compostaje	Sí
Minimizar los desechos y descartes	Sí

Tabla 10. Ficha Técnica del material biobasado. Fuente: Elaboración propia.

B.1 Analizar propiedades físico - mecánicas y resistencia a agentes externos del material biobasado

B.1.1 Calcular porcentajes de contracción y densidad

Calcular porcentaje de contracción

Los resultados de las 10 muestras de 50 x 50 x 10 mm evaluadas se representan en la tabla 11. El porcentaje de contracción promedio es de 31.4%, siendo la mayor diferencia de 44.6% y la menor diferencia de 20.5% esto se debe a la cantidad de humedad que posee el material antes de ser inhibido. Es fundamental a la hora de diseñar un producto considerar la reducción volumétrica del material biobasado debido al alto porcentaje de contracción que posee, lo que conlleva un cambio en sus dimensiones y peso.

CÓDIGO MUESTRAS	MEDIDAS PRE-INHIBICIÓN Largo - Ancho - Alto (mm)	MEDIDAS POST-INHIBICIÓN Largo - Ancho - Alto (mm)	PORCENTAJE DE CONTRACCIÓN (%)
MAC1	50 x 50 x 10	45 x 46 x 9	25.5
MAC2	50 x 50 x 10	47 x 47 x 9	20.5
MAC3	50 x 50 x 10	46 x 47 x 9	22.2
MAC4	50 x 50 x 10	44 x 46 x 9	27.1
MAC5	50 x 50 x 10	47 x 46 x 9	22.1
MAC6	50 x 50 x 10	46 x 46 x 7	40.8
MAC7	50 x 50 x 10	44 x 43 x 8	39.5
MAC8	50 x 50 x 10	44 x 44 x 8	38.1
MAC9	50 x 50 x 10	45 x 44 x 7	44.6
MAC10	50 x 50 x 10	45 x 46 x 8	33.8
PROMEDIO	50 x 50 x 10	45 x 46 x 8	31.4

Tabla 11. Resultados porcentaje de contracción. Fuente: Elaboración propia.

Calcular densidad

Los resultados del porcentaje de densidad del material biobasado se representan en la tabla 12, a partir, de la evaluación de 10 muestras, el porcentaje promedio de densidad es de 0.3 g/cm³, siendo el mayor porcentaje de densidad de 0,38 g/cm³ y el menor porcentaje de densidad de 0.25 g/cm³. Se comprueba que la densidad del material biobasado es baja, por ende, es un material ligero, que tiene la propiedad de flotar.

Dado el promedio de densidad, el material biobasado se asemeja a la madera pino la cual posee valores de densidad entre 0.31-0.76 g/cm³.

CÓDIGO MUESTRAS	MASA (g)	VOLUMEN (mm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
MAC1	4.6	18.630	0.25
MAC2	5.1	19.881	0.26
MAC3	5.0	19.458	0.26
MAC4	4.5	18.216	0.25
MAC5	5.5	19.458	0.28
MAC6	5.4	14.812	0.36
MAC7	5.2	15.136	0.34
MAC8	5.6	15.488	0.36
MAC9	4.6	13.860	0.33
MAC10	6.3	16.560	0.38
PROMEDIO	5.2	17.150	0.3

Tabla 12. Resultados porcentaje de contracción. Fuente: Elaboración propia.

B.1.2 Realizar ensayos físicos de: absorción de agua e hinchamiento del espesor

Ensayo absorción de agua

El ensayo de absorción de agua verifica las cualidades que posee el material biobasado al estar en contacto con agua, los resultados recabados del ensayo de absorción de agua se representan en la Tabla 13, donde se puede observar los valores obtenidos en las 4 muestras a corto plazo (2 horas) y a largo plazo (22 horas); así también se evalúa su masa luego de 24 horas de secado al aire libre.

Se concluye que el material absorbe más agua durante las 2 primeras horas, ya que la masa se eleva más del doble en cada una de las pruebas elevando su masa a 146.8%, luego en las 22 horas la masa se eleva un 181.6%, lo cual indica que la muestras siguieron absorbiendo agua pero en una menor proporción en comparación a las 2 primeras horas.

CÓDIGO MUESTRAS	MASA INICIAL (g)	MASA 2 HORAS (g)	MASA 22 HORAS (g)	MASA 24 HORAS (secado)
MAC1	4.5	12.5	14.7	4.6
MAC2	6.3	14.5	16.3	6.8
MAC3	5.8	14.3	16.6	6.1
MAC4	5.6	13.5	14.9	6.0
PROMEDIO	5.55	13.7	15.63	5.88
Δ de %	100%	146.8%	181.6%	106%

Tabla 13. Resultados ensayo absorción de agua. Fuente: Elaboración propia.

Hinchamiento del espesor

Las muestras utilizadas de 50 x 50 x 10 mm cambiaron su espesor una vez inhibidas, esto se debe a la pérdida de humedad del material lo que conlleva en un cambio morfológico, los espesores resultantes se detallan en la Tabla 14, al igual que los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos demuestran que el material biobasado aumenta en 1 mm luego de las 2 horas de ensayo en cada una de las muestras, posteriormente en las 22 horas no presenta ningún cambio y el espesor se mantiene constante en cada una de las muestras, aumentando en un 11,4%. Luego de las 24 horas de secado al aire libre el material biobasado disminuye 1 mm su espesor, por ende vuelve al espesor de un inicio.

CÓDIGO MUESTRAS	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR 2 HORAS (mm)	ESPESOR 22 HORAS (mm)	ESPESOR 24 HORAS (secado)
MAC1	0.8	0.9	0.9	0.8
MAC2	0.9	1.0	1.0	0.9
MAC3	1.0	1.1	1.1	1.0
MAC4	0.8	0.9	0.9	0.8
PROMEDIO	0.88	0.98	0.98	0.88
Δ de %	100%	111.4%	111.4%	100%

Tabla 14. Resultados del hinchamiento del espesor. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 15 se observan las 4 muestras utilizadas para el ensayo de absorción de agua e hinchamiento del espesor en primer lugar se ven las muestras en su estado inicial, luego posterior a las 2 horas de inmersión en agua, seguido de las 22 horas en inmersión en agua y finalmente luego de 24 horas de secado al aire libre, en un espacio amplio, abierto y con exposición solar.

Se logra apreciar que luego de las 2 primeras horas de inmersión en el agua el color blanco característico del micelio desaparece y adquiere un color más amarillo, transluciéndose en algunas partes donde se puede apreciar el sustrato utilizado. A pesar de la pérdida visual de micelio, el material biobasado permanece unido y estable.

Luego de 24 horas de secado al aire el material biobasado vuelve a presentar las características iniciales con pequeños detalles en algunas de las muestras, ya que MAC 1 pierde intensidad en sus colores superiores de tono amarillo, en cambio, MAC 3 adquiere tonalidades más amarillas.

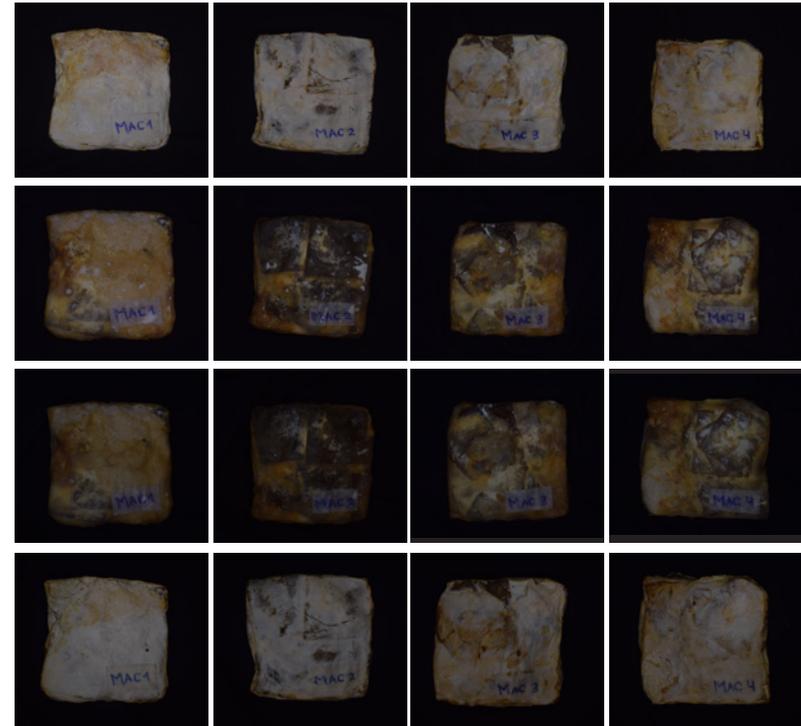


Figura 101. Resultados ensayo de absorción de agua e hinchamiento del espesor. Fuente: Elaboración propia

B.1.3 Realizar ensayos mecánicos de: resistencia a la tracción perpendicular a la superficie y flexión

Ensayo de resistencia a la tracción perpendicular a la superficie

Los resultados del ensayo mecánico de cohesión interna o IB (Internal Bond) para evaluar la capacidad de cohesión presente en el material biobasado proporcionado por el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* es de 0,06 MPa.

Dentro de los resultados entregados se evaluó la densidad del material biobasado la cual es de $0,42 \text{ g/cm}^3$, siendo esta mayor a la resultante de las 10 muestras evaluadas. Por lo cual se concluye que la densidad del material va desde $0,3 \text{ g/cm}^3$ hasta $0,42 \text{ g/cm}^3$.

Ensayo de flexión

El ensayo de flexión dio como resultado 926,086 MPa. Se utilizó el software CES EduPack para comparar el material biobasado con los ya existentes dentro del universo de los materiales.

Para ubicar el material biobasado dentro del mundo de los materiales se introdujeron los valores obtenidos del ensayo de flexión más la densidad del material biobasado. Como resultado se obtiene un diagrama de burbuja en donde se concluye que el material biobasado se ubica dentro de 4 familias: materiales naturales, materiales compuestos, espumas, fibras y partículas, lo que coincide con las cualidades del material biobasado. Cercano al material biobasado se encuentra madera balsa, espuma SIC de aluminio, tablero de corcho y madera ceiba representado en la figura 102.

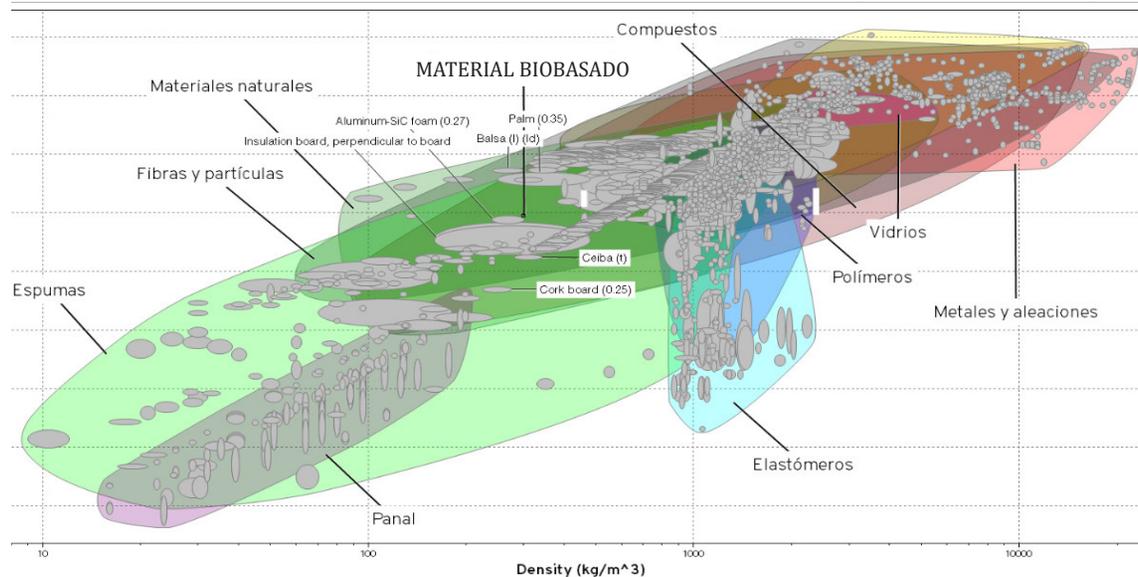


Figura 102. Ubicación material biobasado en el universo de los materiales. Fuente: CES Edu Pack.

B.1.4 Realizar ensayos de resistencia a agentes externos de: degradabilidad (interior - exterior) y degradación en tierra

Ensayo de degradabilidad

Los resultados obtenidos del ensayo de degradabilidad se dividen en 3 secciones principalmente: en primer lugar se analiza la masa y volumen de las muestras sometidas a degradabilidad en interior, posteriormente se analiza la masa y volumen de las muestras de degradabilidad en exterior y finalmente se analizan las muestras tanto de degradabilidad en interior como exterior a través de un registro fotográfico.

Degradabilidad en interior

En la tabla 15 se entregan los resultados obtenidos de la masa de cada una de las muestras durante 6 semanas y en la tabla 16 se entregan los resultados del volumen de las muestras.

RESULTADOS DEGRADABILIDAD INTERIOR: MASA (g)						
CÓDIGO MUESTRAS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
MAC1	4.6	4.6	4.7	4.7	4.7	4.7
MAC2	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.2
MAC3	5.0	5.0	5.2	5.2	5.2	5.1
MAC4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.5

Tabla 15. Resultados degradabilidad en interior (masa). Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DEGRADABILIDAD INTERIOR: VOLUMEN (cm ³)						
CÓDIGO MUESTRAS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
MAC1	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
MAC2	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
MAC3	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
MAC4	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2

Tabla 16. Resultados degradabilidad en interior (volumen). Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos entregados se puede observar que en la semana 3 hay una variación respecto a la masa de las muestras, esto se debe a lluvias ocurridas durante esa semana además de una baja de temperatura en los días posteriores, por ende, el material absorbió humedad conllevando a un cambio en su masa. Se observa que MAC1 Y MAC2 subieron un 0.1g en masa a diferencia de MAC3 Y MAC4 que aumentaron en 0.2g y posteriormente en la semana 6 disminuye su masa en 0.1g, hecho no ocurre en MAC1 Y MAC2 que mantienen su masa constante.

Se concluye que MAC3 Y MAC4 son las muestras que mayor variación poseen respecto a su masa debido a que están más expuestas al cambio de temperaturas, a pesar de estar en interior.

El volumen de las 4 muestras se mantiene de manera constante durante las 6 semanas, dado que la diferencia en masa es mínima, por ende, no sufren variaciones en sus dimensiones.

Degradabilidad en exterior

Los resultados respecto a la masa de muestras se representan en la tabla 17 y los resultados del volumen de las muestras se detalla en la tabla 18.

RESULTADOS DEGRADABILIDAD EXTERIOR: MASA (g)						
CÓDIGO MUESTRAS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
MAC1	5.5	5.5	5.8	5.7	5.7	5.6
MAC2	5.4	5.4	5.7	5.6	5.6	5.5
MAC3	5.2	5.2	10.9	5.4	5.3	5.3
MAC4	5.6	5.6	13.4	5.6	5.6	5.5

Tabla 17. Resultados degradabilidad en exterior (masa). Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DEGRADABILIDAD EXTERIOR: VOLUMEN (cm3)						
CÓDIGO MUESTRAS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
MAC1	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
MAC2	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
MAC3	15.1	15.1	16.6	15.1	15.1	15.1
MAC4	15.5	15.5	17.7	15.5	15.5	15.5

Tabla 18. Resultados degradabilidad en exterior (volumen). Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados entregados se observa un aumento en la masa de las muestras en la semana 3, tal y como se mencionó, durante esa semana hubieron precipitaciones y bajas de temperatura, lo que conlleva a un cambio en la masa de las muestras. Si bien las 4 muestras se encuentran en un espacio abierto al exterior, MAC1 Y MAC2 se encuentran bajo techo a diferencia de MAC3 Y MAC4 que están expuestas sin protección, por lo cual, se vieron mayormente afectadas por las precipitaciones principalmente MAC4 que aumentó en un 139.3% respecto a su masa inicial.

Posteriormente en la semana 4 se aprecia una baja respecto a la masa de las muestras, principalmente en MAC3 Y MAC4 que disminuyen su masa en un 50.5% y un 58.2% respectivamente. Si bien desde la semana 4 se aprecia una baja respecto a la masa de las muestras, ninguna de ellas llega a los valores iniciales, esto se debe a las irregularidades climáticas presentes durante esas semanas, siendo MAC3 Y MAC4 quienes más se aproximan, debido a que reciben temperaturas más elevadas que MAC1 Y MAC2.

Por otra parte, respecto al volumen de las muestras se puede observar que se mantienen constante a excepción de MAC3 Y MAC4 en la semana 3, en donde el volumen de las muestras aumenta un 9.9% y un 14.1% respectivamente, posteriormente en la semana 4 vuelven al volumen inicial.

Sin duda MAC3 Y MAC4 son las muestras que mayores variaciones presentan debido a la constante exposición climática, la cual influye tanto en su masa como en su volumen.

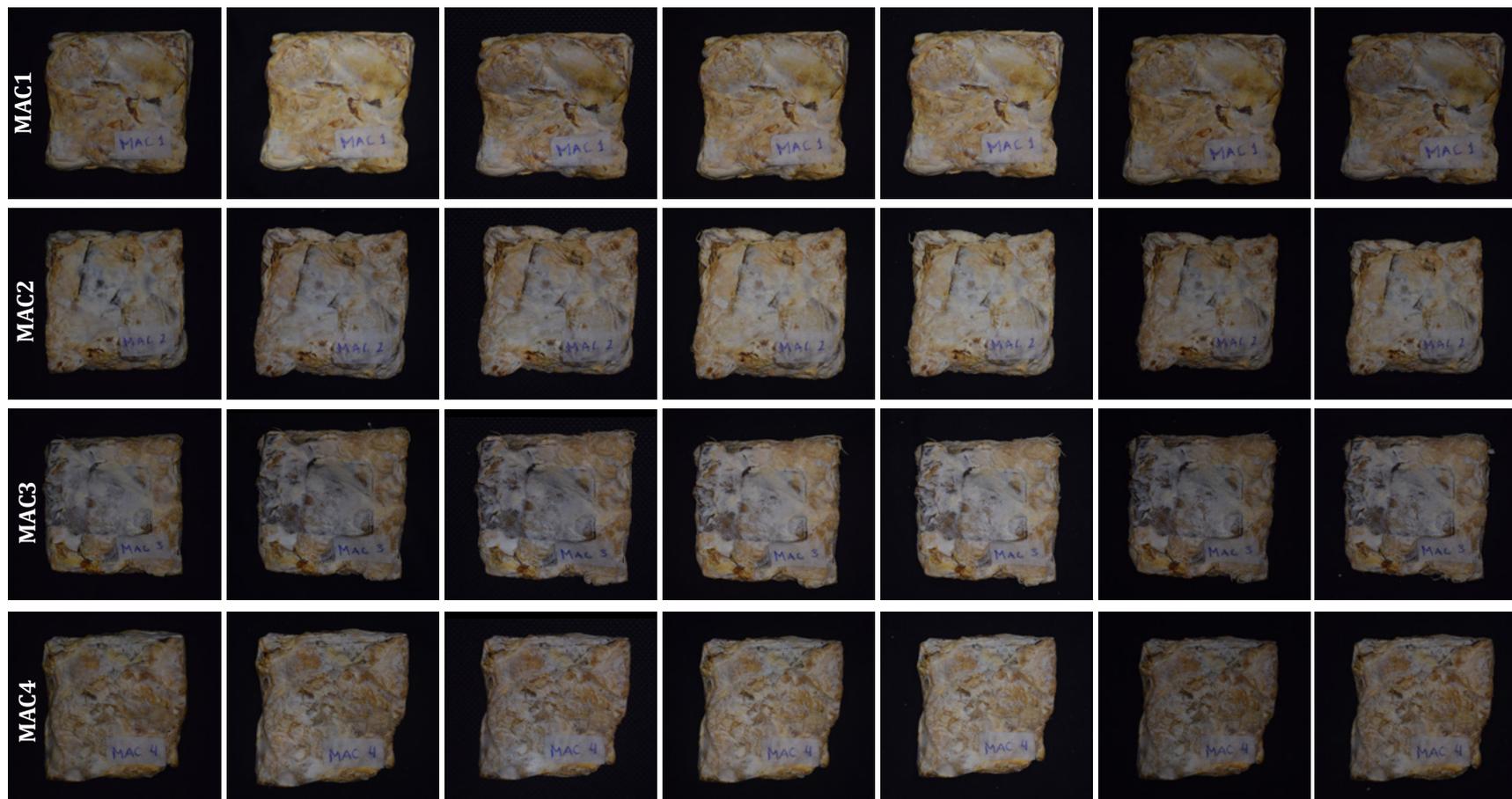


Figura 103. Resultados degradabilidad en interior. Fuente: Elaboración propia.

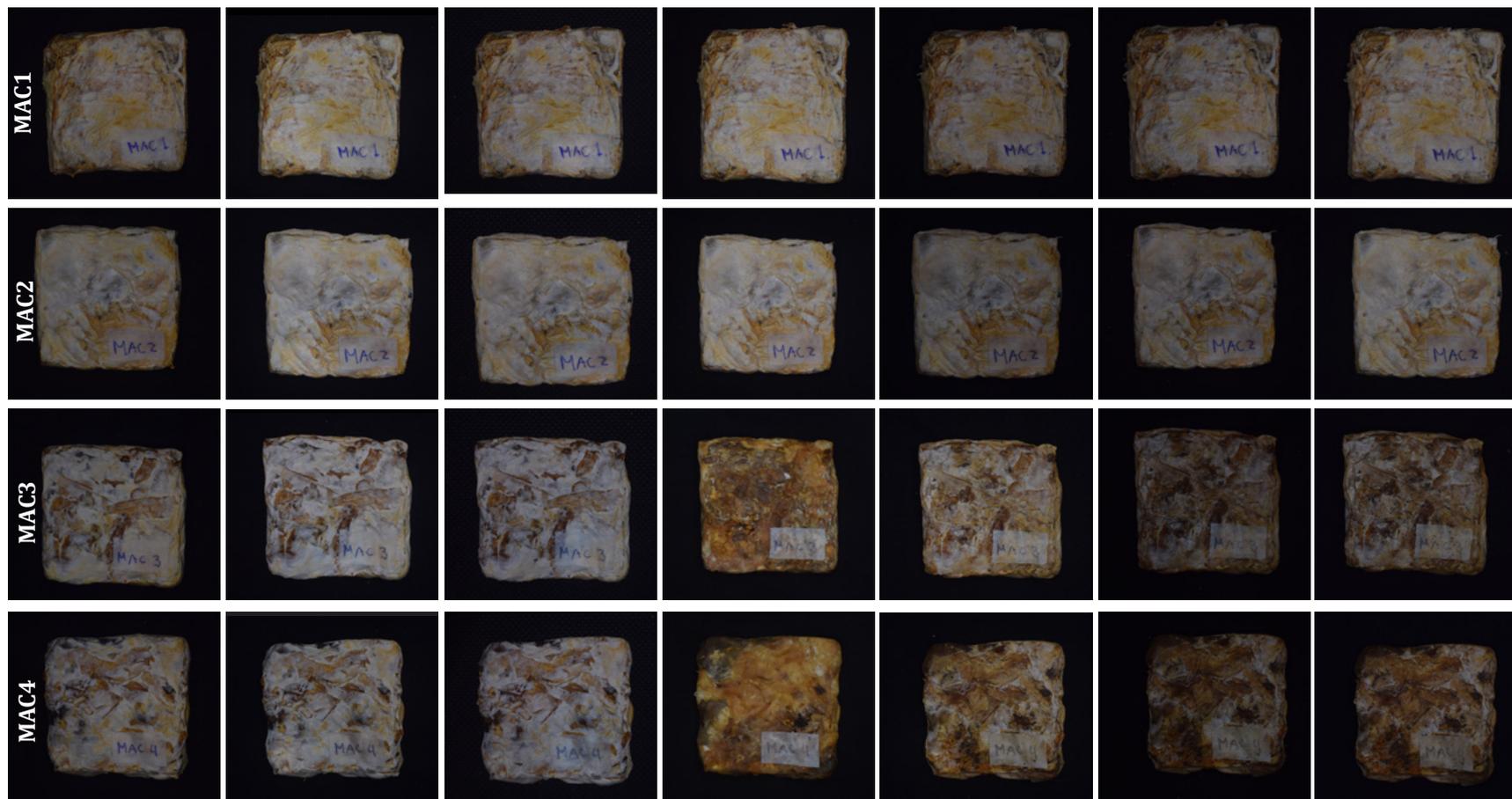


Figura 104. Resultados degradabilidad en exterior. Fuente: Elaboración propia.

Registro visual

El registro fotográfico realizado cada semana a las muestras de interior (ver figura 103) y exterior (ver figura 104) permite analizar de manera visual los cambios presentes en las muestras; así también entrega información respecto al ambiente/espacio ideal en el cual se puede ubicar el material biobasado.

Respecto a las muestras de interior, se observa que no sufrieron variaciones visuales durante las 6 semanas conservándose de igual manera.

En las muestras de exterior se observa un cambio drástico en MAC3 Y MAC4, debido al agua absorbida durante las precipitaciones, lo que conlleva a una variación en sus colores, en donde, el color blanco característico de micelio desaparece en gran porcentaje y cambia a un tono café oscuro, el cual le otorga un aspecto de suciedad, a pesar de la variación de sus colores generados por las precipitaciones, las muestras no poseen variaciones en su forma, más bien estas se conserva de igual manera.

Si bien MAC3 Y MAC4 sufrieron variaciones en sus tonalidades, las muestras se conservaron de igual forma, sin presentar rupturas o desintegraciones.

Conclusiones

A partir del ensayo de degradabilidad en interior y exterior se concluye que el material biobasado puede habitar espacios internos, es decir, espacios cerrados, amplios, con o sin presencia de luz solar y espacios externos, abiertos, con o sin luz solar, idealmente bajo cubierta para no verse afectado por las precipitaciones.

El material biobasado presenta variaciones según las condiciones climáticas a las cuales está expuesto, tanto en espacios internos como externos, a mayor exposición a las condiciones ambientales mayor será las variaciones que presente tanto en su masa, volumen y aspecto visual; sin embargo, en todos los espacios/ambientes presentará variaciones debido a que es un material biobasado que absorbe humedad.

En las muestras de interior más MAC1 y MAC2 del ensayo de degradabilidad exterior, se observa la conservación del color, forma y textura de micelio.

Ensayo de degradación en tierra

Los resultados obtenidos a partir de la degradación en tierra se dividen en 3 secciones principalmente: en primer lugar se analiza la diferencia de masa y volumen antes de ser sometidas al ensayo de degradación en tierra y posterior a las 6 semanas del ensayo de degradación en tierra; en segundo lugar se realiza un análisis a partir de un registro fotográfico y finalmente se analiza en detalle cada una de las muestras.

Análisis de la masa y volumen

Los resultados son entregados en la tabla 19, en donde se entregan los datos de las muestras antes de ser depositadas en tierra y posterior a las 6 semanas, tiempo que duró el ensayo de degradación en tierra.

RESULTADOS DEGRADACIÓN EN TIERRA				
CÓDIGO MUESTRAS	MASA (g) PRE-ENSAYO	MASA (g) POST-ENSAYO	VOLUMEN (cm3) PRE-ENSAYO	VOLUMEN (cm3) POST-ENSAYO
MAC1	9.2	4.5	18.4	14.2
MAC2	9.4	4.6	18.4	15.8
MAC3	13.3	7.9	21.6	16.9
MAC4	11.4	5.4	19.2	11.9

Tabla 19. Resultados degradación en tierra masa y volumen. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos entregados en la tabla 21 se concluye que MAC 4 es quien mayor variación de volumen presenta, en cambio, en masa es quien menor variación presenta; esto se debe a que es la muestra que posee mayor humedad al tacto, lo que conlleva a que la masa de la muestra adquiera un porcentaje más elevado

Respecto a la diferencia de volumen de las muestras MAC1 y MAC2, se observa que MAC1 posee una mayor diferencia en volumen a pesar de ser la muestra que está sobre tierra, se deduce, que esta diferencia se debe principalmente a la ruptura de MAC1 (ver figura 104), lo que conlleva a una reducción más rápida de sus dimensiones. A partir de este análisis, se deduce que las muestras al ser segmentadas en trozos más pequeños se pueden degradar en menor cantidad de tiempo.

Se comprueba que a mayor profundidad en tierra, mayor es el proceso de degradación; esto se debe principalmente a la humedad constante a la cual es sometida, ya que al retirar las muestras del recipiente la muestra superior se encontraba totalmente seca a diferencia de las muestras que se encontraban en profundidad, lo que conlleva a que el proceso de degradación sea más efectivo, así también se observó que a mayor profundidad mayor es la presencia de bichos, los cuales pueden facilitar y disminuir el proceso de degradación.

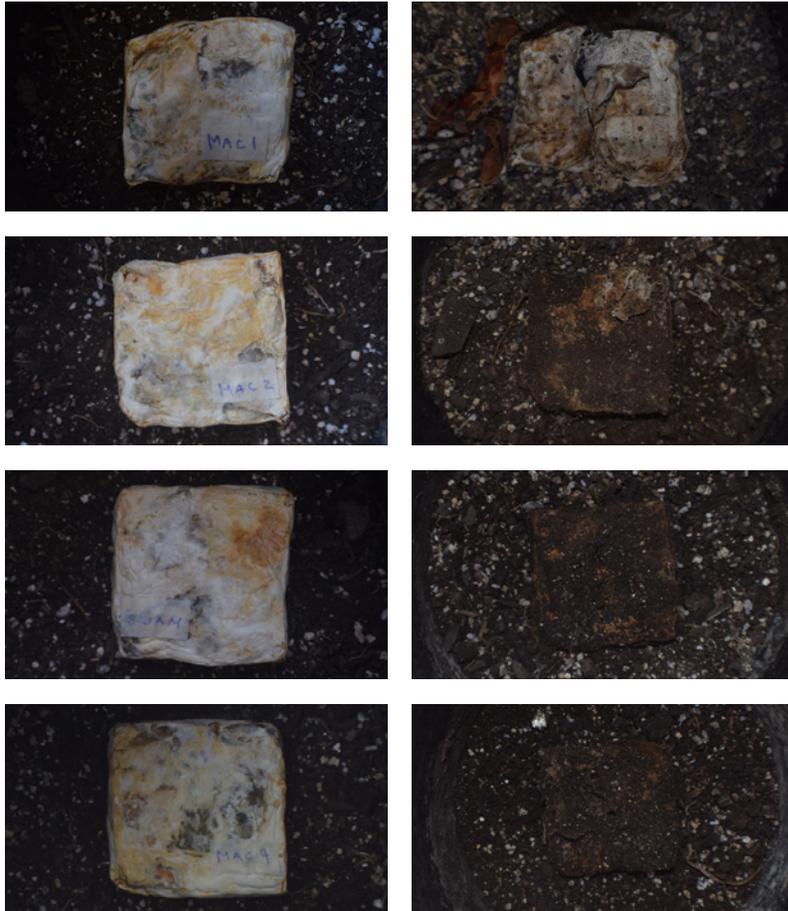


Figura 105. Resultados degradación en tierra. Fuente: Elaboración propia.

Registro visual

En la figura 105 se observa en la columna izquierda las muestras el primer día en ser depositadas en la tierra y en la columna derecha las muestras luego de las 6 semanas de ensayo de degradación en tierra. La muestra MAC1 presenta una ruptura, esto se debe a un accidente ocurrido con el recipiente, viéndose afectada al ser la más expuesta; por lo cual, la ruptura presente en la muestra es independiente del ensayo de degradación en tierra. A consecuencia, la muestra MAC1 es la que mayor cambio posee en términos de forma.

MAC1 es la única que conserva relativamente el color, esto se debe a que es la única muestra que quedó sobre tierra, en cambio MAC2, MAC3 Y MAC4 poseen presencia de tierra, por ende, un tono café oscuro. Se observa que a mayor profundidad de estar enterrado mayor es la presencia de tierra volviéndose más oscura en términos de tonalidad, lo que conlleva, a una dificultad visual de la muestra.

En las 4 muestras se aprecia el desprendimiento o quiebre de micelio, debido al contacto directo que poseen con la tierra. Se comprueba que la desintegración del micelio es relativamente rápida ya que a las 6 semanas hay una disminución considerable.

Se concluye que el material biobasado se puede degradar a partir del contacto con la tierra, principalmente si esta se conserva de manera húmeda, aumentando la desintegración de este. Se comprueba que la desintegración es más rápida y efectiva si la muestra se encuentra enterrada al menos a 60 mm bajo tierra y se considera que la desintegración del material biobasado es más rápida si es quebrantado antes de ser depositado en tierra.

Análisis en detalle

A continuación se analiza cada una de las muestras por separadas luego de las 6 semanas de ensayo, a modo de profundizar en cada una. Las muestras se detallan a continuación.

MAC1:

Esta muestra al estar sobre tierra y recibir exposición solar posee rigidez, compactación y se encuentra completamente seca, como se observa en la figura 106, en la parte superior se visualizan quiebres y un deterioro del micelio, en la parte inferior se logra ver el sustrato debido a la descomposición del micelio lo que conlleva al desprendimiento del sustrato.

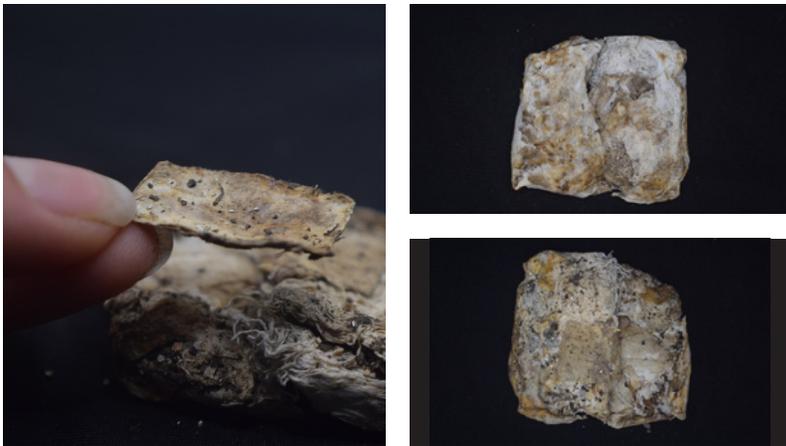


Figura 106. Resultados degradación en tierra MAC1. Fuente: Elaboración Propia.

MAC2:

En la figura 107 se representa la muestra MAC2, donde se observa que la cara superior está recubierta por tierra y ruptura de micelio en la esquina superior derecha, donde se logra apreciar el sustrato, en este caso, la crea cruda.

La parte inferior de la muestra MAC2 posee un porcentaje inferior de micelio, donde se logra visualizar el sustrato debido a que hay una menor presencia de tierra en comparación a la cara inferior.

La muestra posee humedad, lo cual la hace más blanda y delicada

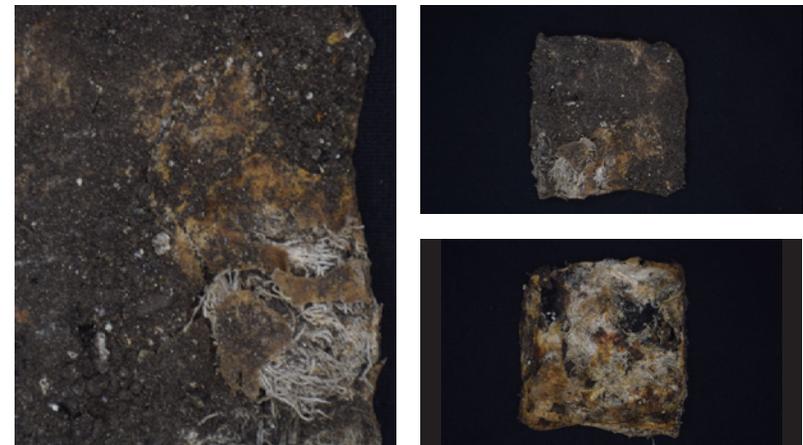


Figura 107. Resultados degradación en tierra MAC2. Fuente: Elaboración Propia.

MAC3:

La muestra MAC3 se siente blanda y delicada, con un porcentaje de humedad al tacto mayor que MAC2.

Se observa en la figura 108 una abundante presencia de tierra en la cara superior; se observan sectores con tonalidades cafés que corresponde al micelio, debido a que en contacto con el agua este cambia su color; se observa la ruptura del micelio en ciertas zonas.

En la parte inferior se observa mayor presencia de tierra dificultando la visibilidad del micelio o bien el sustrato, por otra parte, la esquina superior izquierda posee un mayor porcentaje de desintegración.

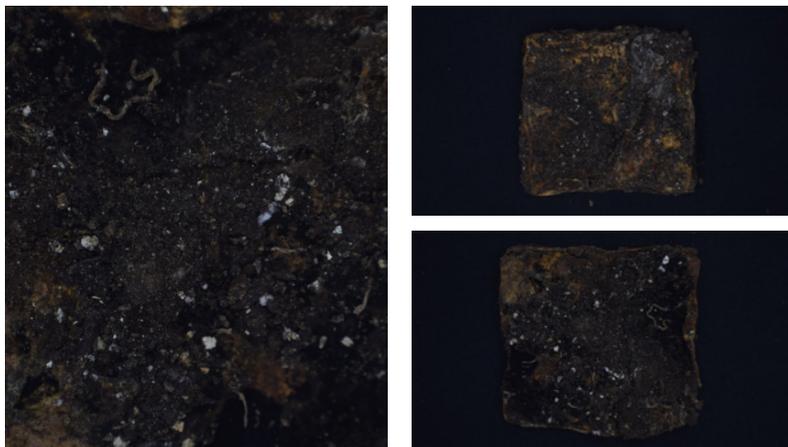


Figura 108. Resultados degradación en tierra MAC3. Fuente: Elaboración Propia.

MAC4:

Se siente un mayor porcentaje de humedad en la muestra MAC4 respecto a MAC3, por ende, es la muestra que mayor porcentaje de humedad posee al tacto, a su vez, se siente más blanda y también más frágil. A partir de la figura 108 se logra apreciar que la cara superior posee un alto nivel de tierra, se observan ciertos sectores con presencia de micelio húmedo principalmente en la parte inferior y en la parte superior se logra observar parte de sustrato crea cruda.

En la cara inferior se observa un menor porcentaje de micelio y el comienzo de la descomposición del sustrato. La muestra MAC4 fue la única en la cual se observó la presencia de bichos de tamaño muy ínfimo de color blanco, el cual se puede apreciar en la figura 109, siendo marcado con un círculo amarillo.

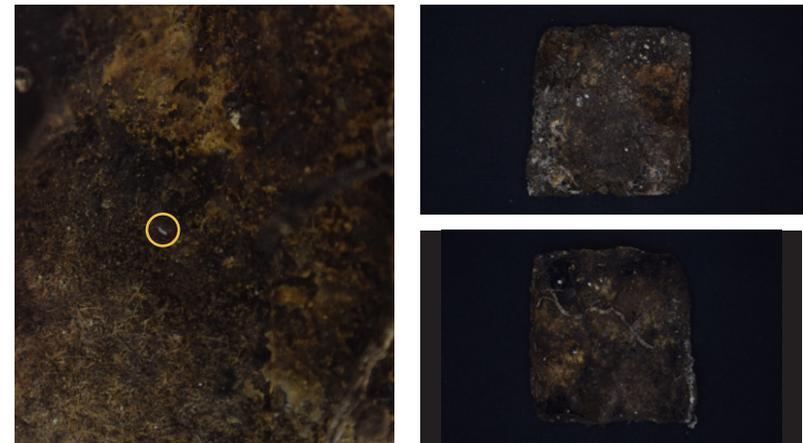


Figura 109. Resultados degradación en tierra MAC4. Fuente: Elaboración Propia.

B.2 Evaluar trabajabilidad, tinción y moldeabilidad del material biobasado

B.2.1 Realizar pruebas de mecanizado: corte, lijado y perforación

Corte

Corte láser

Los resultados de corte y grabado láser se observan en la figura 110. Se probaron distintas velocidades y potencias en la máquina láser, en primer lugar se usaron los parámetros descritos para madera balsa de 3 mm los cuales como se puede apreciar en la imagen (A) no fueron suficientes para realizar el corte láser, luego se probaron distintos parámetros para saber cuál era el más oportuno como se puede apreciar en la imagen B. Por otra parte, el grabado láser se realizó sin mayores inconvenientes a pesar de las irregularidades del material biobasado. Los efectos generados por la corte láser son evaluados en la Tabla 20.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Corte láser (A)	Grado 5
Corte láser (B)	Grado 2
Grabado láser (C)	Grado 2
Grabado láser (D)	Grado 2
Corte y grabado láser (E).	Grado 2

Tabla 20. Evaluación de defectos generados por corte y grabado láser. Fuente: Elaboración propia.



Figura 110. Resultados corte y grabado láser. Fuente: Elaboración propia.

Arco de sierra

Los resultados se observan en la figura 111, se comprueba que el material biobasado no es idóneo par ser cortado con arco de sierra debido a las imperfecciones generadas, esto se debe principalmente a que no es capaz de cortar de manera correcta las hilachas de algodón, por ende, quedan todas sueltas.

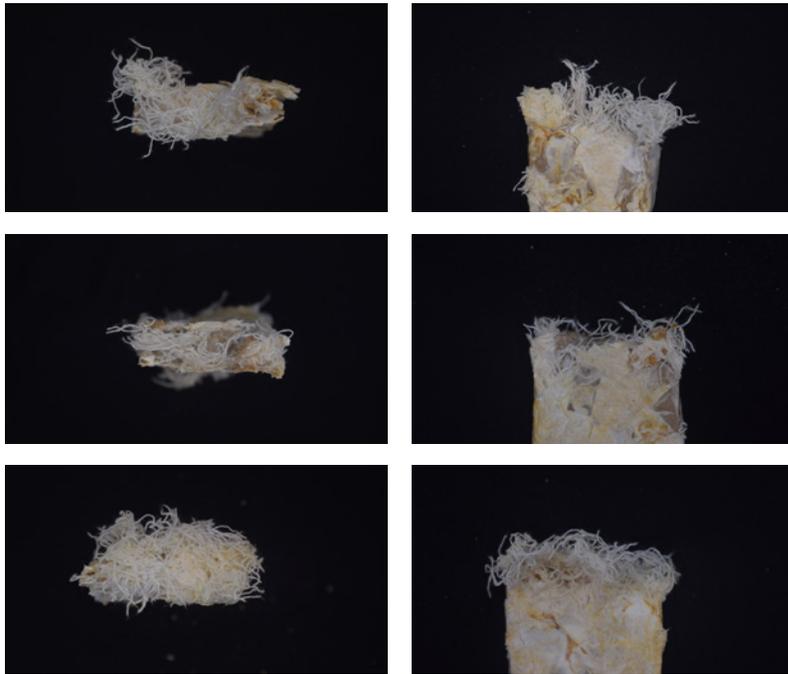


Figura 111. Resultados corte con arco de sierra. Fuente: Elaboración propia.

Los defectos generados por el corte con arco de sierra se muestran en la figura 112, donde se puede apreciar el desprendimiento de material, tanto de micelio como de crea cruda y conos de papel higiénico, ruptura en la superficie del material biobasado y terminaciones; los defectos de cada son evaluados en la tabla 21.

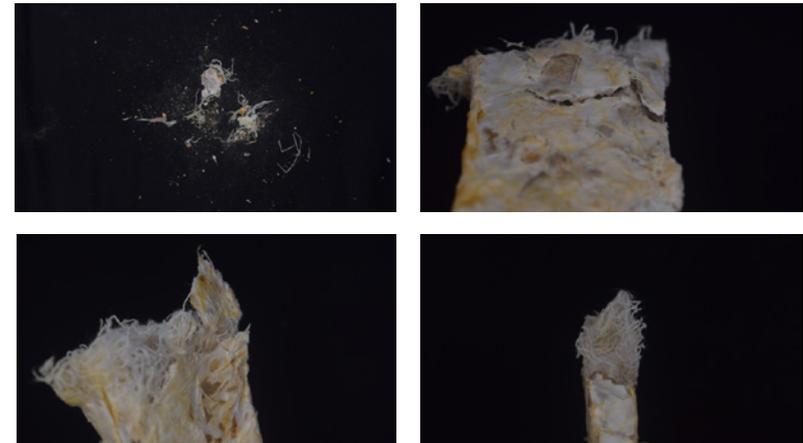


Figura 112. Defectos generados a partir del corte con arco de sierra. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Corte con arco de sierra (A)	Grado 5
Corte con arco de sierra (B)	Grado 5
Corte con arco de sierra (C)	Grado 5

Tabla 21. Evaluación de defectos generados por corte con arco de sierra. Fuente: Elaboración propia.

Tijeras de sastrería

Los resultados de corte con tijera de sastrería se pueden observar en la figura 113, se presentaron ciertos inconvenientes al momento de cortar, principalmente por el espesor de la muestra. Se logra apreciar la parte interna del material biobasado conformada por la crea cruda y los conos de papel higiénico, comprobando que el micelio aglomera solo de manera externa y no interna.

Los defectos generados en el material biobasado a partir de las tijeras de sastrerías se exponen en la figura 114, donde se aprecia desprendimiento del material biobasado, quiebres en el micelio e hilachas de crea cruda que no fueron cortadas, siendo evaluado cada corte en la tabla 22.



Figura 113. Resultados corte con tijeras de sastrería. Fuente: Elaboración propia.

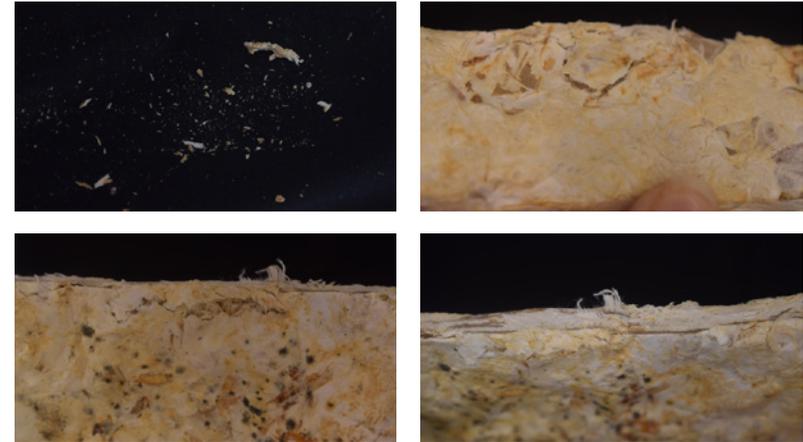


Figura 114. Defectos generados a partir del corte con tijeras de sastrería. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Corte con tijeras de sastrería (A)	Grado 4
Corte con tijeras de sastrería (B)	Grado 4
Corte con tijeras de sastrería (C)	Grado 4
Corte con tijeras de sastrería (D)	Grado 4

Tabla 22. Evaluación de defectos generados por corte con tijeras de sastrería. Fuente: Elaboración propia

Lijado

Escofina

Los resultados obtenidos en el lijado con escofina se muestran en la figura 115, donde fue lijado uno de los laterales de la muestra y su cara frontal. Se concluye que el micelio se logra desprender fácilmente, y en consecuencia se lija el algodón y los conos de papel higiénico, en donde, el algodón no se logra lijar a diferencia de los conos de papel higiénico.

Los defectos generados (ver figura 116) a la hora de lijar son desprendimiento de material principalmente en el lijado de la cara superior donde hubo desprendimiento de micelio, crea cruda y conos de papel higiénico, también se presentan ciertos quebres en el material biobasado debido a la acción de lijar. En la tabla 23 se evalúan los defectos generados.

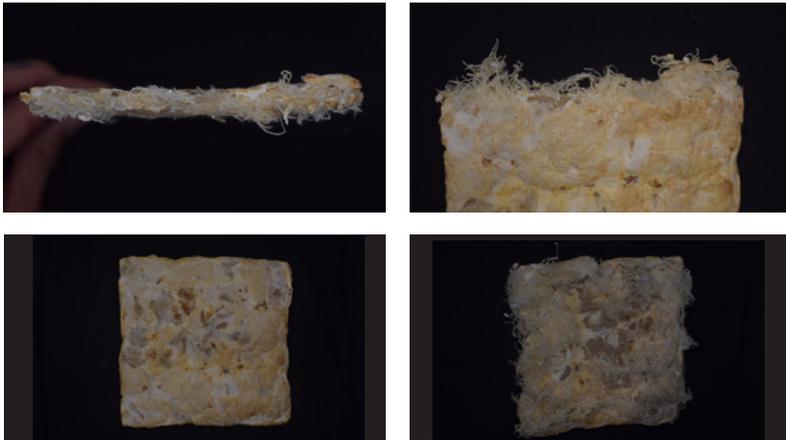


Figura 115. Resultados lijado con escofina. Fuente: Elaboración propia.



Figura 116. Defectos generados a partir del lijado con escofina. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Lijado con escofina (lateral)	Grado 5
Lijado con escofina (frontal)	Grado 5

Tabla 23. Evaluación de defectos generados por lijado con escofina. Fuente: Elaboración propia.

Papel de lija

Los resultados obtenidos a partir del lijado con papel de lija grano 80 se muestran en la figura 117 siendo similares a los obtenidos con escofina, pero con un mayor desprendimiento de material en la cara frontal.

En la figura 118 se muestran los defectos generados en el lateral del material biobasado y su cara frontal, en donde se observa una considerable diferencia en el desprendimiento de material y en ambos casos se observan quiebres y crea cruda desprendida que queda unida al material. La evaluación de los defectos se observa en la tabla 24.

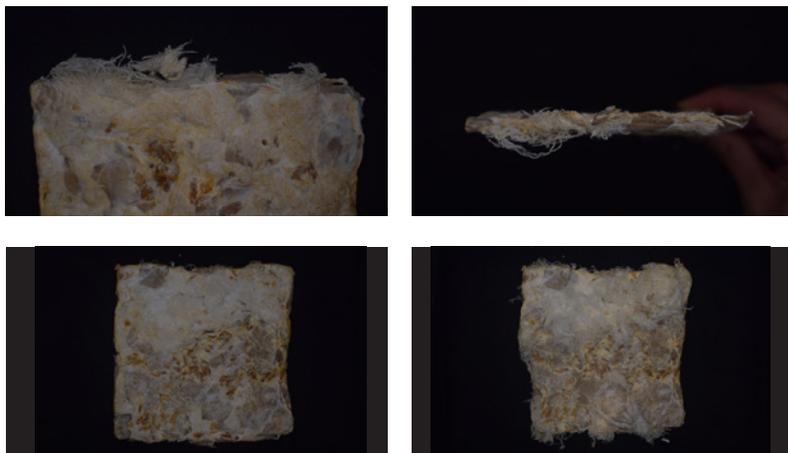


Figura 117. Resultados lijado con papel de lija. Fuente: Elaboración propia.

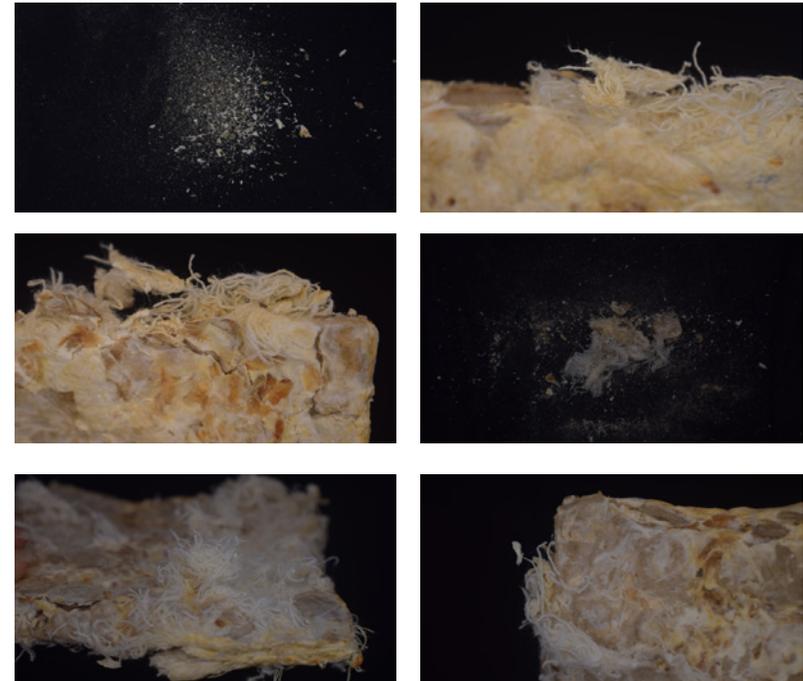


Figura 118. Defectos generados a partir del lijado con papel de lija. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Lijado con papel de lija 80 (lateral)	Grado 5
Lijado con papel de lija 80 (frontal)	Grado 5

Tabla 24. Evaluación de defectos generados por lijado con papel de lija. Fuente: Elaboración propia.

Perforación

Taladro

En la figura 119 se muestran los resultados obtenidos de la prueba de perforación con taladro, tanto de la cara superior como de la cara inferior. Las perforaciones realizadas de izquierda a derecha son: broca metal 3 mm, broca metal 2 mm y broca madera 4 mm.

En la cara superior se observa el levantamiento de la fibra considerablemente, a excepción de la perforación realizada con la broca para metal de 2 mm ubicada al medio de la muestra; siendo la perforación con mayor levantamiento de fibra es la ubicada en la esquina derecha correspondiente a la perforación con broca para madera de 4 mm. En la cara inferior se observa que solo la broca de 2 mm logra perforar generando un levantamiento de la fibra.

Los defectos generados por la perforación con taladro se pueden apreciar en mayor detalle en la figura 120, observando el levantamiento de las fibras, en la esquina superior derecha se observa un mayor levantamiento y también el quiebre de micelio.

La evaluación de los defectos generados por la perforación con taladro se representa en la tabla 25, en donde se evalúa cada una de las perforaciones al ser realizadas con distintas brocas. A pesar de que la fibra levantada generada por las distintas brocas es diferente, el grado de defecto es en todas el mismo, debido a que en las 3 el grano de fibra levantada es superior al 40%.

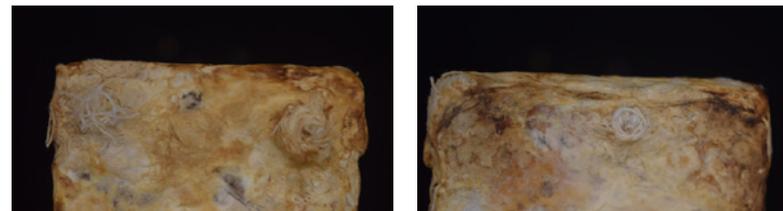


Figura 119. Resultados perforación con taladro. Fuente: Elaboración propia.



Figura 120. Defectos generados a partir de la perforación con taladro. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Perforación broca para metal 2 mm	Grado 5
Perforación broca para metal 3 mm	Grado 5
Perforación broca para madera 4 mm	Grado 5

Tabla 25. Evaluación de defectos generados por la perforación con taladro. Fuente: Elaboración propia.

Punzón

Los resultados de la prueba de perforación con punzón se representan en la Figura 121, mostrando tanto la cara superior de la muestra como la cara posterior. En la cara superior se pueden apreciar las perforaciones las cuales en su mayoría poseen un buen acabado a diferencia de la cara posterior en la cual no se observan las perforaciones realizadas a pesar de haber sido realizadas de manera fácil.

Se pueden apreciar los defectos generados por el punzón en la figura 122, donde se observa trizaduras siendo uno de los defectos mayormente generado principalmente en una de las esquinas siendo un punto de quiebre, se aprecia también el levantamiento de la fibra en la cara inferior.

La evaluación de los defectos se observa en la tabla 26, en donde se evalúan las perforaciones realizadas en promedio y no de manera detallada.

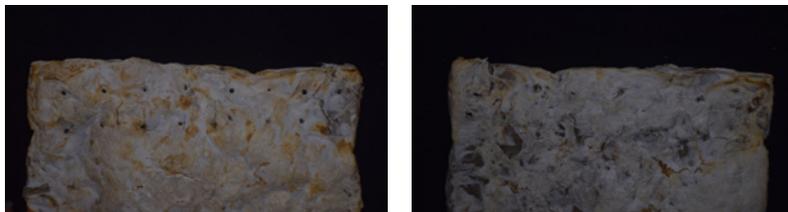


Figura 121. Resultados perforación con punzón. Fuente: Elaboración propia.

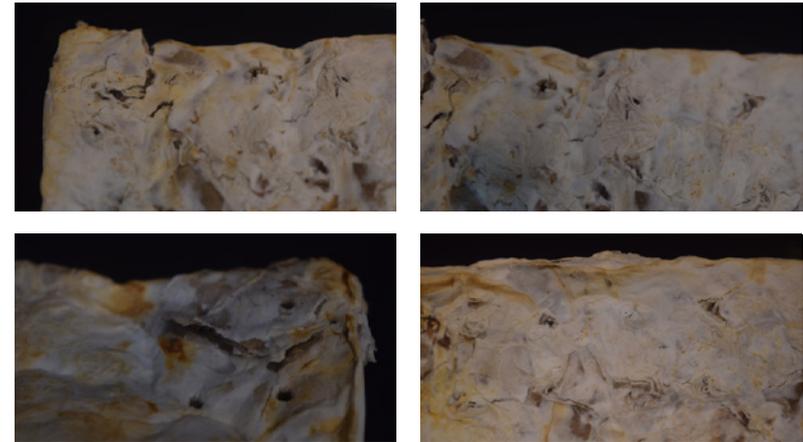


Figura 122. Defectos generados a partir de la perforación con punzón. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Perforación con punzón	Grado 3

Tabla 26. Evaluación de defectos generados por la perforación con punzón. Fuente: Elaboración propia.

Aguja metálica para lana

En la figura 123 se muestran los resultados obtenidos a partir de la prueba de perforación con aguja metálica para lana tanto en la cara superior como inferior. En la cara superior se puede observar de buena manera las perforaciones realizadas y con buen acabado, de modo contrario la cara inferior se aprecian ciertas perforaciones y otras no tan detalladamente, se observa también el levantamiento de la fibra en la cara inferior siendo leve.

Los defectos generados por la perforación con aguja metálica para lana se observan en la figura 124, siendo principalmente trizaduras en el material biobasado en los bordes de las perforaciones realizadas, el levantamiento de la fibra, que no todas las perforaciones se logran observar y ciertas irregularidades.

En la tabla 27 se observa la evaluación realizada para la perforación con aguja metálica para lana de manera general y no detalla por cada perforación.

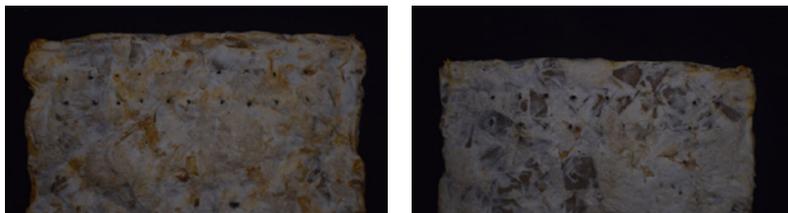


Figura 123. Resultados perforación con aguja metálica para lana. Fuente: Elaboración propia.

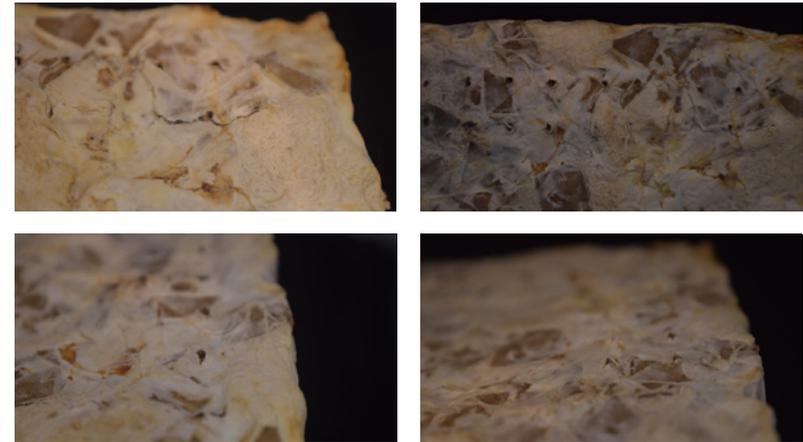


Figura 124. Defectos generados a partir de la perforación con aguja metálica para lana. Fuente: Elaboración propia.

PRUEBA DE MECANIZADO	GRADO
Perforación con aguja de metal para lana	Grado 2

Tabla 27. Evaluación de defectos generados por la perforación con aguja metálica para lana. Fuente: Elaboración propia.

B.2.2 Teñir el material biobasado a partir de tintes naturales



Figura 125. Resultados tinción pre-inhibición (superior) y post-inhibición (inferior). Fuente: Elaboración propia.

Los resultados tinción del material biobasado a partir de los pigmentos vegetales seleccionados: cáscara de cebolla morada, repollo morado y cúrcuma en polvo se representan en la figura 125. En la columna izquierda se observan las muestras teñidas pre - inhibición y en la columna derecha se observan las muestras teñidas post-inhibición.

A partir de las observaciones se concluye que el material biobasado presenta mejor tinción en las muestras de post - inhibición, dado que el color de tinción es más uniforme que en las muestras de pre-inhibición. Además en las muestras de pre-inhibición se observan mayores irregularidades en el micelio.

Respecto a las muestras teñidas con cúrcuma en polvo aplicando la técnica de shibori, se observa que en ambas muestras se obtienen buenos resultados en términos de color y se distinguen las zonas de reservas, tal como se representa en la figura 126. Se concluye que se obtendrían mejores resultados si la reserva de color se realiza con algún material que se adapte mejor a las irregularidades propias del material como por ejemplo elásticos o bien alguna cera.

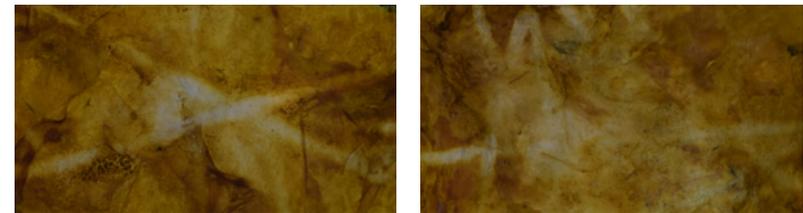


Figura 126. Resultados técnica Shibori. Fuente: Elaboración propia

B.2.3 Moldear el material biobasado a partir de moldes simples, con textura y complejos.

Moldes simples

Los resultados obtenidos de los moldes simples son positivos, esto se debe a que el material biobasado se logró adaptar a los diversos moldes en los cual fue sometido.

En la figura 127 se representan los resultados obtenidos a partir de los moldes de figuras geométricas. Se observa que el material biobasado se adapta a las distintas formas, presentando mayor dificultad en el decágono debido a los ángulos que posee. Por otra parte se aprecia las irregularidades de las formas, por lo cual se plantea la posibilidad de prensar previo a la inhibición.



Figura 127. Resultados moldes simples figuras geométricas. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los moldes con distintos espesores representados en la figura 128 se destaca que al momento de inhibir las muestras estas reducen sus dimensiones, por ende los espesores de cada una de las muestras disminuyen 2 mm, por lo cual las muestras quedan con espesores de 3 mm, 8 mm, 13 mm y 18 mm finalmente.

La muestra final de 3 mm posee cierto grado de flexibilidad y amortiguación, pero es bastante frágil a la ruptura, posteriormente las muestras de 8 mm, 13 mm y 18 mm son bastante rígidas aumentando la rigidez a medida que aumenta el espesor, así también mientras mayor es el espesor más dificultad hay para romper las muestras y son más resistentes.

Se destaca una cualidad muy importante y es que mientras menor es el espesor el olor a micelio es leve, a medida que aumenta el espesor aumenta el olor de micelio. Por lo cual, se concluye que mientras mayor sea el tamaño de una muestra mayor será el olor a micelio, de modo contrario mientras menor sea el tamaño de la muestra menor será el olor llegando a ser inoloro en algunos casos.



Figura 128. Resultados moldes simples distintos espesores. Fuente: Elaboración propia.

El molde circular utilizado presentó contaminaciones en el proceso de sellado de la muestra, lo que conllevó a retirarlos de la zona de incubación y depositarlo en otro contenedor. Esta decisión es tomada a modo de observación, debido a que en ocasiones el micelio logra "encerrar" al organismo contaminante evitando su propagación.

En la figura 129 se observa la muestra en el contenedor en donde se aprecia la zona contaminante, se cree que el organismo contaminante es el hongo perteneciente al género *Trichoderma*; debido a que el análisis es solamente visual no se logra concluir con exactitud el organismo contaminante.

A pesar de la invasión por parte de otro organismo, el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* fue capaz de seguir desarrollándose y evitar de cierta manera la propagación del organismo contaminante. Inclusive se puede observar la formación de cuerpos fructíferos en la muestra, esto se debe a que el hongo *Pleurotus ostreatus* siguió en desarrollo.

Finalmente la muestra fue depositada en un contenedor para su compostaje.



Figura 129. Resultados moldes simples muestra contaminada. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente los resultados a partir de los recipientes plásticos disponibles en el domicilio de la investigadora presentaron resultados muy óptimos.

En la figura 130 se observan las muestras obtenidas, se logra apreciar el buen desarrollo del micelio en ambas muestras, quedando completamente cubiertas por el micelio y lograron mantener la forma del contenedor dando como resultado unas muestras macizas.



Figura 130. Resultados moldes simples recipientes plásticos. Fuente: Elaboración propia.

Molde con textura

Los resultados del molde con textura se representan en la figura 131, al igual que lo sucedido en los moldes simples se observa la contaminación de una de las muestras. Esta muestra al ser de menor tamaño no fue retirada del recipiente de incubación y se destaca que ninguna de las otras muestras resulto contaminada.

Se logra apreciar que el material biobasado logra copiar las distintas formas del molde, pero no con una precisión exacta, esto se debe principalmente a lo que pequeño que son los moldes en comparación al material biobasado, lo que complica que adquiera la forma tal cual.



Figura 131. Resultados molde con textura. Fuente: Elaboración propia.

Moldes complejos

En la figura 132 se observan los resultados obtenidos a partir de los 3 moldes complejos utilizados. Se concluye que la impresión 3D para los moldes complejos no es la mejor elección, dado que no es amigable en el retiro de la pieza, así también los moldes seleccionados no fueron de lo más propicio.

Al momento de retirar la muestra del molde de calavera y jigglypuff estas tendieron a separarse como se aprecia en la imagen superior izquierda. De igual manera se dejaron en proceso de sellado siendo unidas a partir de otras muestras como se logra apreciar en la imagen superior derecha. Finalmente las muestras lograron ser unidas a partir del mismo micelio.

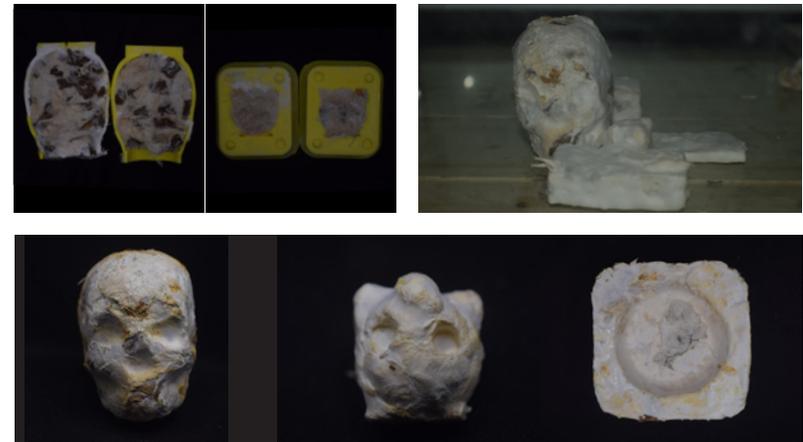


Figura 132. Resultados moldes complejos. Fuente: Elaboración propia.

B.3 Evaluar propiedades de percepción del material biobasado

B.3.1 Realizar diferencial semántico

Los resultados obtenidos a partir de la percepción del material biobasado se representan en la Figura 133, se puede observar tendencias similares en los 3 grupos de estudios, siendo el Grupo 1 y 2 los más extremista en la calificación de los atributos.

Una de las principales y mayores diferencias entre el Grupo 1 y los demás grupos es su evaluación respecto a nivel sensorial, esta gran diferencia se debe a que el Grupo 1 pudo ver y analizar el material biobasado de manera presencial, destacando una cualidad muy particular del material biobasado que es su olor fúngico; siendo la calificación más resaltante ya que lo califican como un material oloroso cercano a la puntuación máxima de 3 puntos, a diferencia del Grupo 2 y Grupo 3 que lo calificó cercano al atributo inoloro dándole una puntuación cercana al 1. Otros atributos resaltantes en el Grupo 1 a diferencia de los otros son: rígido, colorido y fibroso.

En el nivel sensorial se destacan los atributos: mate, ligero, rugoso, oloroso, rígido, fibroso, textura irregular y en menor medida los adjetivos: blando, caliente y resistente. En el nivel interpretativo los atributos más destacables son: natural, artesanal, sostenible, innovador, tranquilo, transformable, acogedor y en menor medida: distante, vulgar, sucio, costoso y complejo. Finalmente en el nivel afectivo las calificaciones son más extremistas donde los atributos más destacables son: aprobación, curiosidad, encanto, atracción y en menor medida: decepción, desagrado y frustración.

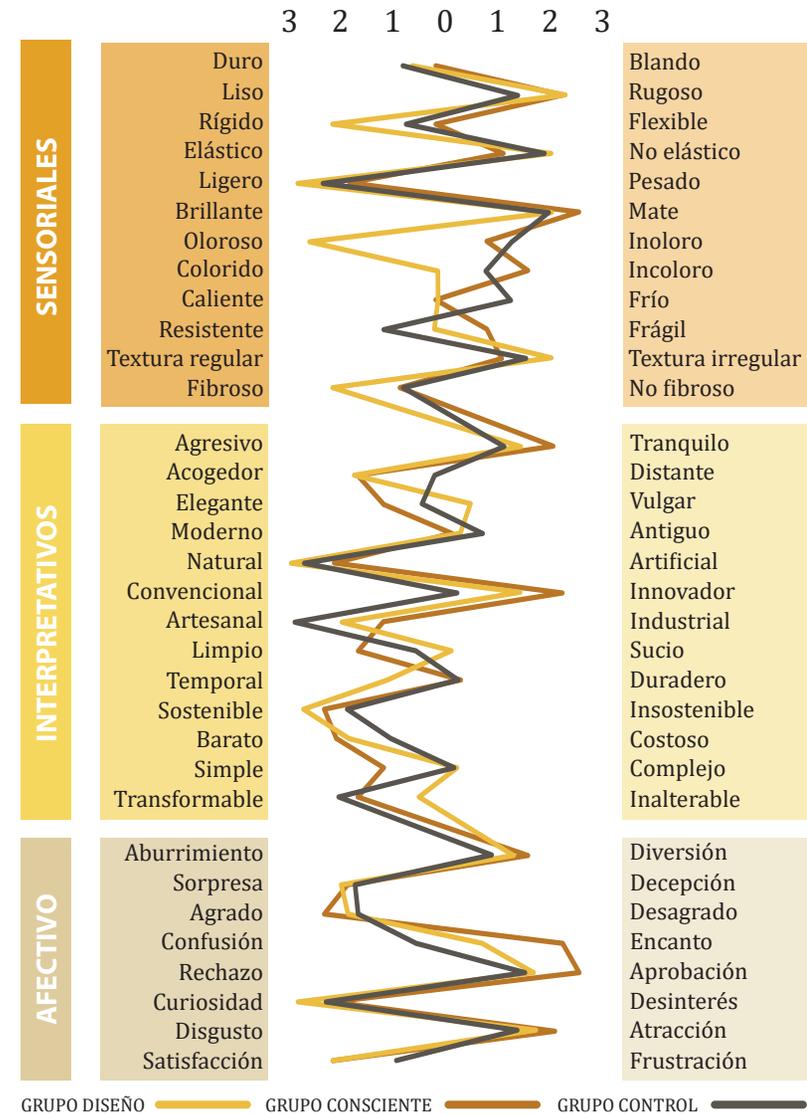


Figura 133. Resultados diferencial semántico. Fuente: Elaboración propia

Una diferencia destacable es que el Grupo 1 tenía mucha curiosidad de saber la composición del material biobasado, la cual no se reveló hasta terminar la evaluación perceptual para no intervenir en sus respuestas. A diferencia el Grupo 2 y 3 que no presentó ningún interés por saber la conformación del material biobasado o algún tipo de información adicional, demostrando las diferencias entre hacer una evaluación de manera presencial y online.

Las respuestas realizadas a las 6 preguntas son diversas al ser preguntas abiertas, las respuestas más reiteradas se detallan a continuación:

En la primera pregunta ¿Cómo describirías este material? Las respuestas más repetidas fueron: liviano/ligero, moldeable, frágil, interesante/attractivo/innovador y natural.

La segunda pregunta ¿Cuáles son las cualidades sensoriales más y menos agradables del material?, tuvo como respuestas para las cualidades sensoriales más agradables: liviano/ligero, suave, moldeable, rigidez, color natural, olor, textura y natural/orgánico y las menos agradables son: color debido a las manchas y olor. Las cualidades sensoriales menos agradables fueron también las más agradables.

La tercera pregunta ¿Cuáles son las cualidades sensoriales únicas del material?, obtuvo como resultado su olor, orgánico/natural y ligereza/liviano.

La cuarta pregunta ¿Asocias el material con algún otro material a partir de la estética de este?, tuvo un alto porcentaje de respuestas asociado al poliestireno/plumavit, posteriormente

materiales de construcción, esponja/espuma, papel maché y un porcentaje no lo asociaba a ningún material.

La quinta pregunta ¿Provoca alguna emoción en particular?, tuvo dos respuestas muy reiteradas que fueron tranquilidad y curiosidad, en menor porcentaje agrado y ganas de romperlo.

Finalmente la última y sexta pregunta ¿Qué tipo de significados y asociaciones evoca el material en ti?, tuvo como principal respuesta la naturaleza apuntando a su conexión y poder, seguido de sustentable y cálido.

Se concluye que una de las propiedades principales del material y más destacable es su liviandad/ligereza, seguido de las cualidades: natural, moldeable, curiosidad, tranquilidad, sustentable, innovador, su olor tanto de manera positiva como negativa y su similitud con el plumavit y las ganas de querer romperlo rescatando su rigidez, pero a la vez la fragilidad que posee.

Otra apreciación destacable aunque en menor proporción es la suavidad que posee el material biobasado y el interés/curiosidad de las personas que respondieron la encuesta vía online por querer sentir su textura

A partir de la herramienta perceptual diferencial semántico y las respuestas entregadas por los 3 grupos de estudio se logra tener una visión más amplia del material biobasado, en torno a su relación y percepción con diversos individuos; siendo fundamental para el siguiente objetivo de validación del material biobasado a partir de una propuesta de aplicación.

3.2 TERCER OBJETIVO: VALIDACIÓN DEL MATERIAL BIOBASADO

A continuación se representa los resultados para las actividades de crear propuestas de aplicación y prototipar o modelar la seleccionada.

C.1 Crear propuestas de aplicación

C.1.1 Definir las principales propiedades y oportunidades del material biobasado

Los resultados de la estructura de información para el diseño de producto se representan en la figura 134.

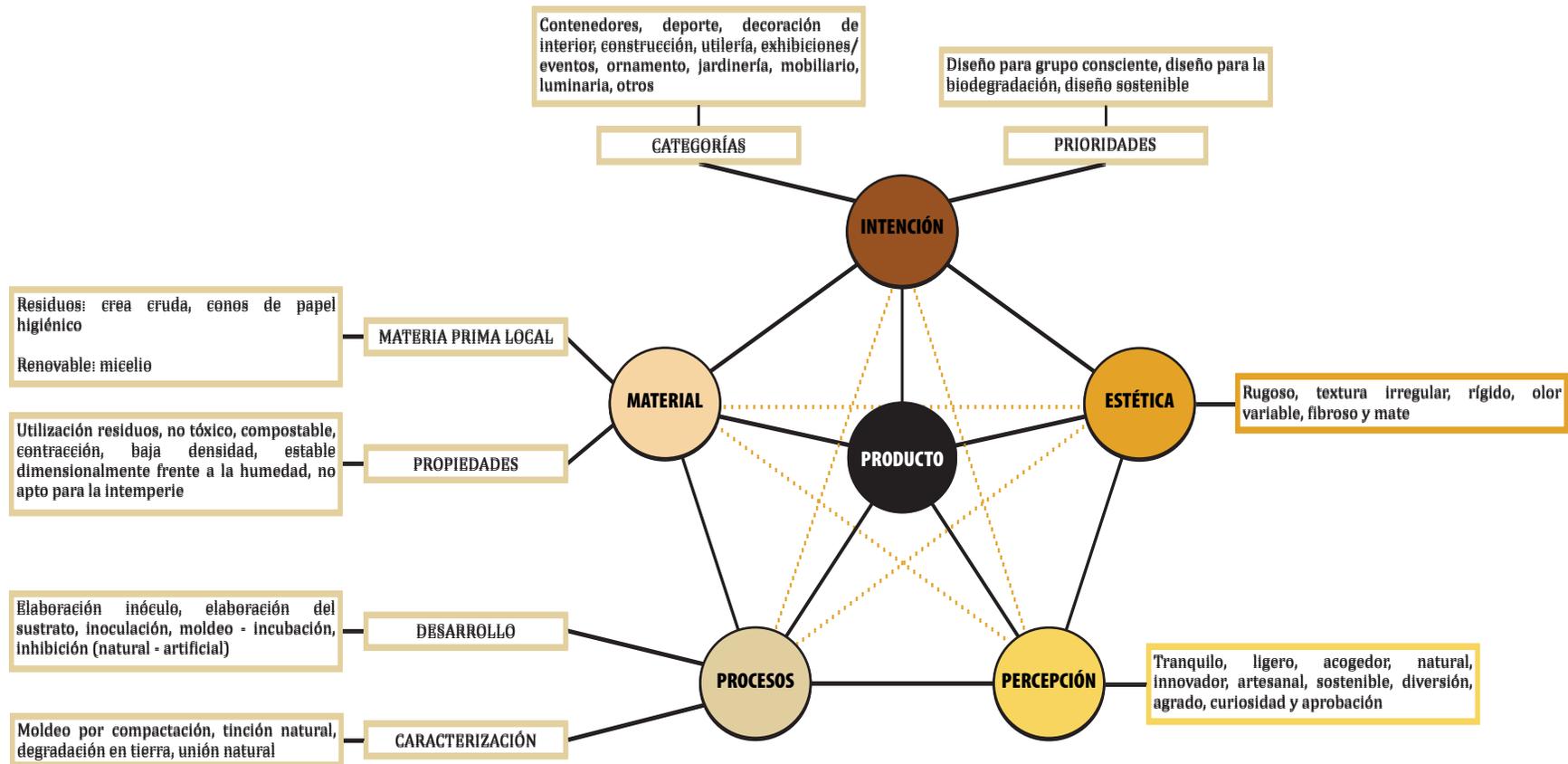


Figura 134. Resultados estructura de información para el diseño de producto. Fuente: Elaboración propia.

C.1.2 Realizar un brainstorming de propuestas según las cualidades del material biobasado

Las propuestas generadas se representan en a figura 135 a partir de 11 categorías.

<p>CONTENEDORES</p> <ul style="list-style-type: none"> Packaging bebestibles Frutero Cuenco para dejar las llaves Bandeja de huevo Ánfora biodegradable Empaquetado biodegradable 	<p>DEPORTES</p> <ul style="list-style-type: none"> Kayak Tabla de surf Bodyboard Flotador Boya Canoa 	<p>DECORACIÓN DE INTERIOR</p> <ul style="list-style-type: none"> Cuadros/lienzos Individuales Posavasos Letras decorativas Marco de cuadros
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Membranas aislantes Paneles estructurales Ladrillos Tabiques Placas acústicas 	<p>UTILERÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> Máscaras Sombreros Antifaz Tiaras Maniquí 	<p>EXHIBICIONES/EVENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Letras decorativas Esculturas Souvenir (matrimonio - baby showers) Cotillón infantil de cumpleaños
<p>ORNAMENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> Joyería Reloj de pared Colgantes (formas diferentes) Figuras decorativas 	<p>JARDINERÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> Maceteros Almaciguera biodegradable Estructura para enredaderas 	<p>MOBILIARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesa de centro Taburete Repisa colgante
<p>LUMINARIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Pantalla de lámpara Pantalla de lámpara colgante 	<p>OTROS</p> <ul style="list-style-type: none"> Tapa de encuadernación Móviles para bebés 	

Figura 135. Resultados brainstorming.
Fuente: Elaboración propia.

C.1.3 Seleccionar propuestas

A partir de la matriz de Pugh se obtienen como propuesta final una ánfora biodegradable, siendo la que mayor puntaje obtuvo con 21 puntos (ver anexo 6).

C.2 Prototipar o modelar una aplicación para el material biobasado

C.2.1 Realizar croquis de propuesta

Se realizaron croquis según los contenedores naturales del moodboard, destacando las formas redondas y terminación ovalada.

Se analiza la forma en que estos contenedores serían manipulados, de modo tal, que sean amigables y de fácil manipulación para su posterior entierro.

A partir de la forma se busca destacar algunos atributos de mayor calificación en el análisis perceptual, los cuales son: tranquilo, acogedor y natural.

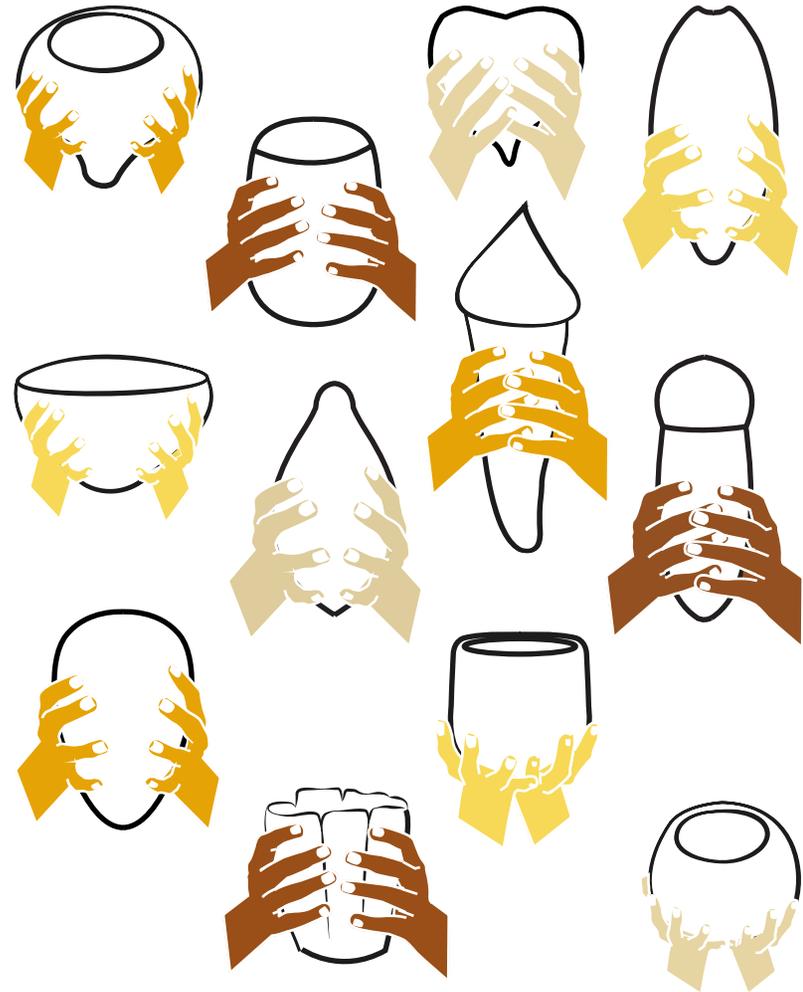


Figura 136. Propuestas. Fuente: Elaboración propia.

C.2.2 Seleccionar una propuesta formal

Luego de analizar las propuestas, se selecciona una con forma de semilla, esto se atribuye dado que el material es enterrado al igual que una semilla, dando origen a una nueva forma de vida.

La propuesta formal seleccionada es modificada en sus terminaciones, para que no se generen retenciones en el moldeo, las cuales se representan en la figura 137.

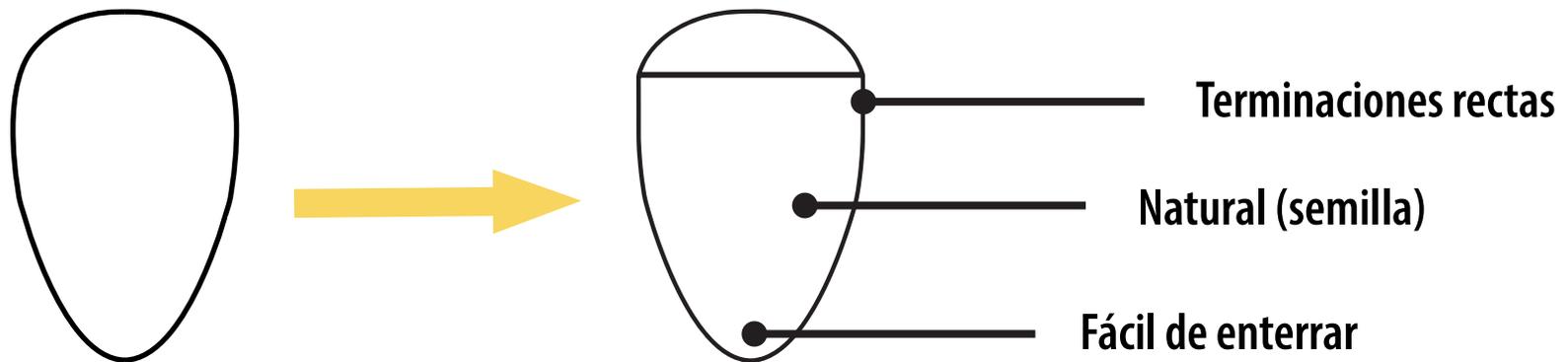


Figura 137. Propuesta formal. Fuente: Elaboración propia.

C.2.3 Modelar la propuesta escogida

La propuesta final fue modelada a partir del software autocad y blender, la cual se representa en la figura 138.



El ánfora biodegradable es elaborada a partir del moldeo por compactación (ver anexo 7).



Figura 138. Modelado propuesta seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente las instrucciones de uso del packaging biodegradable son las representadas en la figura 139 a continuación:



Figura 139. Instrucciones de uso. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

El objetivo de este proyecto era desarrollar y caracterizar un material biobasado a partir de los residuos de la fibra textil vegetal de algodón y el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*. Si bien el objetivo no se cumplió, si se logró conformar un material biobasado a partir de los dos elementos mencionados más la incorporación de un tercer elemento correspondiente a los residuos posconsumo.

El propósito del proyecto surge de la motivación de reducir los impactos generados por la segunda industria más contaminantes, es decir, la industria textil donde se ve una oportunidad de trabajo. La elección de micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* se basa en la capacidad que posee como aglomerante natural, donde se plantea el desafío de poder utilizarlo en conjunto a un sustrato inusual dentro del mundo de los mushroom materials, es decir, la fibra vegetal de algodón.

Con la creación del material biobasado en este proyecto se extienden las posibilidades y cualidades que posee el micelio para poder crecer en variados sustratos, siendo un elemento de infinito potencial, con el cual se puede solucionar gran parte de los residuos generados.

El material biobasado desarrollado cumple con los criterios para el desarrollo de un material sostenible descritos en el capítulo 1 que consisten en: utilizar residuos, materia prima local, reducir el consumo de materias primas, preferir recursos renovables, optimizar el rendimiento de los recursos, utilizar materiales inofensivos para la salud, utilizar materiales biodegradables,

considerar reciclaje o compostaje y minimizar los desechos y descartes.

Finalmente se obtiene un material biobasado amigable con el medioambiente, el cual posee cualidades tales como baja densidad, alto porcentaje de contracción, estabilidad dimensional frente a la humedad, degradación en tierra. Respecto a la trabajabilidad del material biobasado, dentro de las herramientas exploradas con las cuales obtuvo mejores resultados fue corte y grabado láser, además del punzón y aguja metálica para lana. Se destaca su cualidad de ser moldeable a partir de moldeo por compactación adquiriendo diversas formas y de tinción natural a partir de pigmentos vegetales. Finalmente es percibido como material natural, ligero, sostenible, artesanal e innovador.

Se proyecta postular el proyecto desarrollado al Fondo Nacional de Desarrollo Cultural y las Artes (FONDART) otorgado por el gobierno de Chile, en la disciplina de Diseño en la modalidad creación y producción o sólo producción a modo de seguir trabajando con el material biobasado y seguir caracterizando a partir de ensayos que en este proyecto no se pudieron realizar tales como: ensayo de combustión, aislación térmica y acústica, resistencia a agentes externos tales como termita, transmitancia térmica, conductividad eléctrica. También se plantea la opción de aplicar un recubrimiento natural para darles propiedades de impermeabilidad.

GLOSARIO

Biodegradable: Producto o sustancia que puede descomponerse, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales.

Biofabricacion: Consiste en crear y/o fabricar a partir de procesos amigables, sustentables y comprometidos con el medio ambiente.

Biotecnología: Aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

Cepa: Conjunto de células homogéneas, o clones, que deriva de la reproducción de una célula inicial única, seleccionada y aislada.

Compostaje: Degradación por la acción de organismos, produciendo dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa en un periodo de tiempo controlado. El tiempo que un material tarda en ser compostado depende, de los organismos descomponedores que participan en el proceso, la temperatura y la humedad, obteniendo como resultado final compost.

Colonización: Proceso en el que individuos de una misma especie se relaciona para establecer una colonia.

Cosmopolita: Que prácticamente habita cualquier lugar y/o sitio.

Cuerpo fructífero: Estructura formada por hifas del hongo en la cual se forman esporas (sexuales o asexuales).

Esporas: En micología se define como la célula reproductiva capaz de germinar y producir otro hongo y la unidad básica estructural del cuerpo vegetativo de los hongos.

Esterilización: Eliminación o destrucción de todos o la gran mayoría de organismos vivos presentes en el sustrato.

Fast fashion: Definido como moda rápida, apuntando al consumo acelerado y desechable.

Fibra: Filamento que entra en la composición de tejidos orgánicos animales o vegetales o que presentan en su textura algunos minerales.

Fibras textiles: Hace referencia al conjunto de filamentos usados para formar hilos, para posteriormente ser tejidos ya sea mediante hilado o bajo otros procesos físicos o químicos.

Hifas: Filamento tubuloso con septos o sin septos. Es la unidad estructural fundamental de la mayoría de los hongos. El conjunto de muchas hifas se llama micelio.

Hongo: Organismo eucariótico, heterótrofo, generalmente sin locomoción. Es formado por hifas que producen esporas o por células de levadura.

Incubación: Etapa en la cual el micelio crece en el sustrato, por lo cual, se debe otorgar las condiciones climáticas favorables.

Inhibición: Suspensión temporal de una actividad o función. Aplicación de calor para detener el crecimiento del hongo.

Inoculación: Consiste en introducir un organismo vivo en un medio en el cual crecerá y se reproducirá.

Inóculo (spaw): Se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos de gramíneas, preparado con el propósito de propagar el hongo.

Inputs: Factor que se utiliza en un proceso productivo haciendo referencia a todas las entradas, como el uso de materias primas y/o recursos naturales.

Material biobasado: Materiales compuestos por materias primas renovables.

Micelio: Conjunto de hifas que forman el aparato vegetativo de un hongo, se encuentra bajo el suelo y su misión es absorber del suelo los nutrientes necesarios para su crecimiento.

Mushroom materials: Materiales de hongos. Pueden ser 100% micelio o bien poseer sustrato como medio nutritivo.

Mushroom materials: Materiales de hongos. Pueden ser 100% micelio o bien poseer sustrato como medio nutritivo.

Outputs: Factor que se utiliza en un proceso productivo haciendo referencia a todas las salidas, como desechos.

Pasteurización: Eliminación selectiva por calor de una parte de la población de microorganismos en el sustrato, los cuales son competidores de espacio y nutrientes.

Reino Fungi: Seres vivos de tipo eucariota cuya principal característica es la descomposición de la materia muerta.

Sustrato: Materia sobre la cual crece el hongo. Es el medio nutritivo en el que vive.

LISTA DE REFERENCIA

Ananias, R., Díaz, C. y Leandro, L. 2009. Estudio preliminar de la contracción y el colapso en *Eucalyptus nitens*. Madera. Ciencia y tecnología 11(3): 251-260.

Ardón, C. 2007. La producción de los hongos comestibles. 213p.

Aros, M. y Aros, N. (2009). El diferencial semántico para la disciplina del diseño una herramienta para la evaluación de productos. Badajoz: XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.

Ashby, M. (2015). Materials and sustainable development. Butterworth-Heinemann. 311p.

Ashby, M. y Johnson, K. (2002). Material and design. The art and science of material selection in product design. Butterworth-Heinemann. 392p.

ASTM D- 1037. (1999). Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials1.

Bernardita Marambio. [en línea]<<https://www.bernarditamarambio.cl/Demod>>[consulta: 20 diciembre 2020]

Berlién, J. (2008). Evaluación de la calidad superficial con respecto a la variación del contenido de humedad en el cepillado en madera central y lateral para álamo. Memoria de ingeniero en maderas. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 53p.

Bolt Threads. [en línea] <<https://boltthreads.com/>> [consulta: 03 noviembre 2020]

Camere, S. y Karana, E. (2018). Experiential caracterizacion of materials: Toward a toolkit.

Campos, C. y Rocco, F. (2004). Caracterización del MDF producido a partir de Eucalipto y adhesivo poliuretano natural. Madera. Ciencia y tecnología 6(1): 73-84.

Carrera, E. 2015. Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles. Barcelona. 238p.

Cepero, M., Restrepo S., Franco, A., Cárdenas, M. y Vargas, N. (2012). Biología de hongos. Bogotá, Ediciones Uniandes. 522p.

Coordinadora Estatal de Comercio Justo. 2014. El comercio justo en España 2014. Sector textil e injusticia comercial. Recuperado de <https://comerciojusto.org/wp-content/uploads/2015/09/informe-2014.pdf>

Duchin, F. y Hertwich, E. 2003. Industrial ecology.

Ecocitex. [en línea]< <https://www.instagram.com/ecocitex/?hl=es-la>>[consulta: 15 enero 2020]

Ecovative Design. [en línea] <<https://ecovativedesign.com/>> [consulta: 14 agosto 2019]

Edvard, J. 2013. MYX. [en línea] <<http://jonasedvard.dk/work/>>

myx/> [consulta: 14 agosto 2019]

Ellen MacArthur Foundation. Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada.

Ellen MacArthur Foundation. 2017. A new textiles economy: Redesigning fashion's future. 150p.

Fairs, M. 2013. Mycelium chair by Eric Klarenbeek is 3D-printed with living fungus. [en línea] < <https://www.dezeen.com/2013/10/20/mycelium-chair-by-eric-klarenbeek-is-3d-printed-with-living-fungus/> > [consulta: 14 agosto 2019]

FAO. 2014. Análisis de la cadena de valor en la producción de algodón en México. Recuperado de: <https://www.redinnovagro.in/pdfs/algodon.pdf>.

Fashion Revolution. 2015. It's time for a fashion revolution. 17p.

France A., Cañumir J. y Cortez M. 2000. Producción de Hongos Ostras. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Francis, D. (27 de junio de 2014). Mending the capitalist model. Financial Post. Recuperado de: <https://financialpost.com/opinion/in-bangladesh-tau-investment-management-hopes-to-spur-a-race-to-the-top>

Frosh, R.A. y Gallopoulos, N.E. 1989. Strategies for manufacturing. Scientific American, 261(3), 144-152.

Furci, G. 2017. Fungi Austral. Chile. 200p.

Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R. y Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Xalapa, México. 56p.

Garrido, J. (2018). La industria textil es una de las más contaminantes en el mundo. [en línea] <<https://infodiario.es/lifestyle/ropa-textil-mas-contaminantes-del-mundo/>> [consulta: 04 abril 2020].

Garner, A. y Keoleian, G. A. 1995. Industrial Ecology: An introduction.

Gestal, I.P. (27 de diciembre de 2019). Objetivo 2020: La década en que la moda asumió que debía ser sostenible. Modaes latinoamericana. Recuperado de: <https://www.modaes.com/back-stage/objetivo-2020-la-decada-en-que-la-moda-asumio-que-debia-ser-sostenible-es.html>

Greenpeace. 2019. Maldito plástico: Reciclar no es suficiente.

Greenpeace. 2020. Chile entra en "sobregiro ecológico". [en línea] <https://www.greenpeace.org/chile/chile-entra-en-sobregiro-ecologico/> [consulta: 18 Julio 2020].

Gúzman, G., Mata, G., Salmones, D., Soto, C., y Gúzman, L. (1993). El cultivo de los hongos comestibles. México. 258p

Hitti, N. 2020. Bob Hendrikx designs "living coffin" from mushroom mycelium. [en línea] < <https://www.dezeen.com/2020/09/16/bob-hendrikx-living-cocoon-mycelium-coffin/> > [consulta: 20 octubre 2020]

Karana, E., B., Barati, B., Rognoli, V. y Zeeuw van der Laan, A.

(2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. 35 p.

Kuta, S. 2020. Is fungus the answer to climate change? Student who grew a mushroom canoe says yes. [en línea] < <https://www.nbcnews.com/news/us-news/fungus-answer-climate-change-student-who-grew-mushroom-canoe-says-n1185401> > [consulta: 10 junio 2020]

Laboratorio de Biofabricacion FADEU. [en línea] <<https://www.instagram.com/biofab.uc/?hl=es-la>> [consulta: 12 abril 2020]

Laboratorio de Biofabricacion FADEU. 2019. Manual de biofabricación con hongos. [en línea]< <https://docplayer.es/164962650-Manual-de-biofabricacion-con-hongos.html> >[consulta: 08 octubre 2019]

Laboratorio de Biofabricacion FADEU. 2020. Micotextil: textiles de hongos y equipo científico de libre acceso.

Leff, E. 1995. ¿De quién es la naturaleza? Sobre la reapropiación social de los recursos naturales. Gaceta Ecológica (37): 28-35.

Lockuán, F. 2013. La industria textil y su control de calidad. 142 p.

Material District. 2017. Grown structures: a zero-waste structure made from mycelium.[en línea] <<https://materialdistrict.com/article/grown-structures-mycelium/#moved>>[consulta: 20 agosto 2019]

Material District. 2020. Mycelium mask to promote biomaterials.

[en línea] < <https://materialdistrict.com/article/mycelium-masks-to-promote-biomaterials/>>[consulta: 05 diciembre 2020]

Mosevic. [en línea]< <https://mosevic.com/> >[consulta: 20 diciembre 2020]

Mycomaker. [en línea]< <https://mycomaker.club/> >[consulta: 15 diciembre 2020]

Mycoworks. [en línea] <<https://www.mycoworks.com/>> [consulta: 14 agosto 2019]

NEFFA. [en línea] <<https://neffa.nl/>> [consulta: 14 agosto 2019]

Officina Corpuscoli. [en línea] < <https://www.corpuscoli.com/> > [consulta: 16 abril 2020]

ONU. 1987. Nuestro futuro común: Informe Brundtland [en línea] <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>[consulta: 03 marzo 2020]

ONU. 2019 . La alianza de la ONU para la moda sostenible abordará el impacto de la moda rápida. [en línea]<<https://www.solvedifferent.eco/es/press-release/la-alianza-de-la-onu-para-la-moda-sostenible-abordara-el-impacto-de-la-moda-rapida.>> [consulta: 10 Mayo 2020.

Ordoñez, I., Rexfelt, O. y Rahe, U. (2012). From industrial waste

to product design. Incorporating disciplinary dynamics into design education. 65-77.---

Osgood, C., Suci, G. y Tannenbaum, P. (1957). La medida del significado. Madrid, Editorial Gredos.

Pardavé, W. 2007. Estrategias ambientales de las 3R a las 10R. Bogotá, Ecoe Ediciones. 112p

Parodi, D. (2016). Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez. Memoria de Diseñadora Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 160p.

Pesok, J. 2018. Algodón. [en línea] <<https://sites.google.com/site/introtecnotextil/ii-fibras-textiles>>[consulta: 03 marzo 2020]

Radial Bio. [en línea] < <https://radialbio.com/> >[consulta: 8 abril 2020]

Really. [en línea] <<https://reallycph.dk/>>[consulta: 08 octubre 2019]

Rodríguez, S. (2016). Mycelium: material biobasado, compuesto del micelio del hongo *Trametes versicolor* y cáscaras de nuez *Juglans Regia*. Memoria de Diseñador Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 125p.

Rojas, C. (2019). Filterm: Revestimiento de interior a partir de

colillas de cigarro. Memoria de Diseñadora Industrial. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 155p.

Salazar, V. 2016. Manual de micología básica. Santiago de Chile. 79p.

Sánchez, J. y Royse, D. 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México. 293 p.

Torres, A. 2020. Teñido textil con pigmentos vegetales. [en línea] < <https://www.domestika.org/es/courses/763-tenido-textil-con-pigmentos-naturales/course> >[consulta: 05 enero 2021]

Vezzoli, C. 2014. The “Material” Side of Design for Sustainability. In: Karana, E., Pedgley, O. y Rognoli, V. (eds.) *Materials Experience. Fundamentals of Materials and Design*. Elsevier.

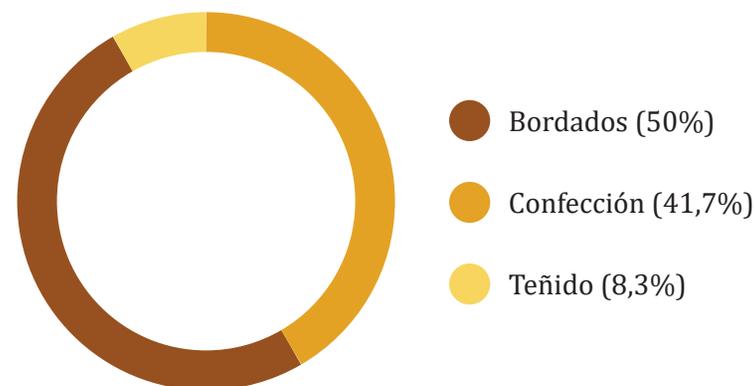
ANEXOS

ANEXO 1

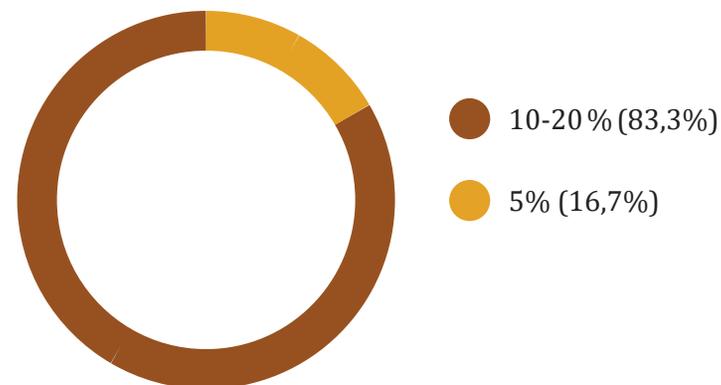
EMPRESA	CONTACTO	DISTRIBUIDOR
MERIGGI	+56 2 3273 4300	No responde
INTEXA	+ 56 2 2623 1300	No responde
DE ANTAÑO	lanasdeantano@gmail.com	No responde
MARTÍN BORDADOR	+56 2 2944 0233	No responde
ZUCCATELAS	+56 9 6237 1258	India
CRAYLING	+56 2 2562 6000	Sin información
REVESDERECHO	+56 2 2840 6977	Sin información
LOS TOROS LTDA	+56 2 2813 4881	Pakistán/ India
TEXA PRO	+56 2 2735 1489	India
HOMELESS	+56 9 5048 8205	Sin información

ANEXO 2

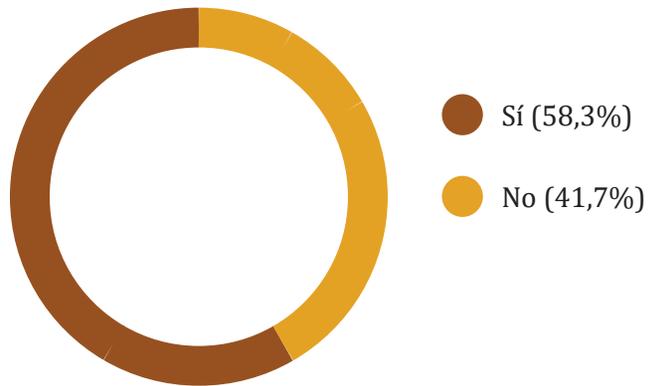
1. ¿Con qué fines utilizas la crea cruda?



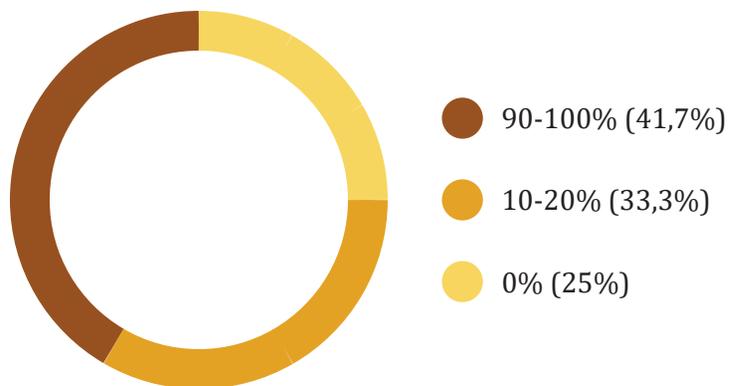
2. ¿Cuánta es la cantidad de retazos / residuos generados cada 1 metro de tela?



3. ¿Los retazos/residuos generados los utilizas?



4. ¿Cuántos de los retazos generados van a la basura?



ANEXO 3

Durante los meses de mayo - junio del año 2019 se llevó a cabo una identificación y registro fotográficos de diversos hongos encontrados en la Región Metropolitana.

1. *Stereum hirsutum*



Especie cosmopolita que sale en cualquier época del año, siempre sobre la madera de los árboles ya sean coníferas o caducifolios, posee alimentación saprofita y produce pudrición blanca, lo que quiere decir que se alimenta preferentemente de la lignina que posee la madera. Su cuerpo fructífero posee un sombrero el cual es ondulado con superficie hirsuta de finos pelos blanquecinos la cual es apreciable al tacto y de la cual deriva su nombre, puede medir de 2 a 8 cm de ancho y hasta 2 cm de alto, su color es amarillento con matices ocráceos, el himenio es liso y de tonos amarillos y anaranjados presenta una carne dura la cual la hace incomedible.

2. *Laeporus sulphureus*



Hongo parásito que aparece en cualquier época del año, fructifica sobre árboles vivos o heridos, su cuerpo fructífero posee un tamaño considerable pueden llegar a medir 20 cm de ancho y 1 a 5 cm de alto o espesor, su color va desde un anaranjado intenso a un amarillo, el carpóforo va perpendicular al sustrato y va superpuesto uno de otro con forma irregular o en ocasiones de lengua o consola, esta especie no posee pie y su carne es de color blanquecino, siendo blanda cuando el espécimen es joven.

3. *Coprinellus*



Se estima que esta especie es correspondiente al *Coprinellus*, aunque existen varios similares *Coprinellus domescus*, el *Coprinellus radians*, *Coprinellus silvacus*, entre otros, donde se complejiza su identificación correcta, la cual es posible a través de las esporas o un análisis microscópico para la correcta identificación de la especie.

4. *Pleurotus ostreatus*



Esta especie tiene la característica que en un comienzo es parásito y luego pasa a ser saprófito, creciendo sobre la madera, en tocones viejos o cortados, alimentándose de celulosa y lignina. El cuerpo fructífero de esta especie es variable, el tamaño va de entre los 5 y 20 cm de ancho con sombrero aplanado y con forma de ostra o concha marina, presenta bordes irregulares y márgenes enrollados, el color del sombrero es variados, pudiendo ser blanco o tonos ocres, hasta el pardo o café como se aprecia en la imagen. Sus láminas son largas, desiguales y decurrentes, el pie que posee es corto y grueso; Carne blanca, firme, espesa, de olor intenso y sabor agradable, aunque poco definido, es decir, es un hongo comestible.

5. *Ganoderma australe*



Es un fruto perenne que parasita diferentes especies de árboles, degradando la madera de árboles vivos o muertos, crece paralelo al suelo a diferentes alturas y preferentemente en sectores con penumbra. Su fruto mide de 10 a 34 cm de ancho y entre 4 a 10 cm de alto o espesor, su forma es semicircular, adherida al sustrato en su parte posterior y de color entre pardo amarillento y marrón oscuro, negruzco. La cara superior tiene ondas gruesas irregulares, lisas, lacadas y a veces brillantes. La cara inferior está compuesta por poros de color blanco fuerte que se asoman hacia la cara superior generando un borde blanco, la textura es firme, dura y grueso lo que lo convierte en una seta no comestible y al igual que otras especies carece de pie.

ANEXO 4

En el mes de octubre del año 2019 se hace el primer acercamiento de la conformación del material biobasado, en donde, se inoculó la fibra de algodón cruda con micelio de hongo *Pleurotus Ostreatus*. La humectación del sustrato (crea cruda) fue del 80% y la inoculación se llevó a cabo en el Laboratorio de Biofabricación FADEU.

En la primera semana se observó un buen crecimiento de micelio en la fibra de algodón, como se puede observar en la imagen izquierda. Posteriormente no se pudo tomar registro hasta un mes después (imagen derecha) debido al estallido social, en donde, se observa que el micelio no siguió creciendo y se aprecia un algodón sin humedad, lo que conlleva a concluir que aquello fue la causa del no crecimiento de micelio.

Debido a que no se pudo evaluar el crecimiento día a día no se logró determinar en que momento el sustrato perdió la humedad y ocurre el detenimiento de crecimiento de micelio. Basándose en esta experimentación preliminar se decide trabajar con otro porcentaje de humedad en el sustrato distinto al descrito en la literatura.



Registro 16 de Octubre 2019



Registro 15 de Noviembre 2019

ANEXO 5

**BIOS
(España)**



**Limbo
(España)**



**EcoUrna
(Argentina)**



**Urna-Eco3
(México)**



**Grown.bio
(Países Bajos)**



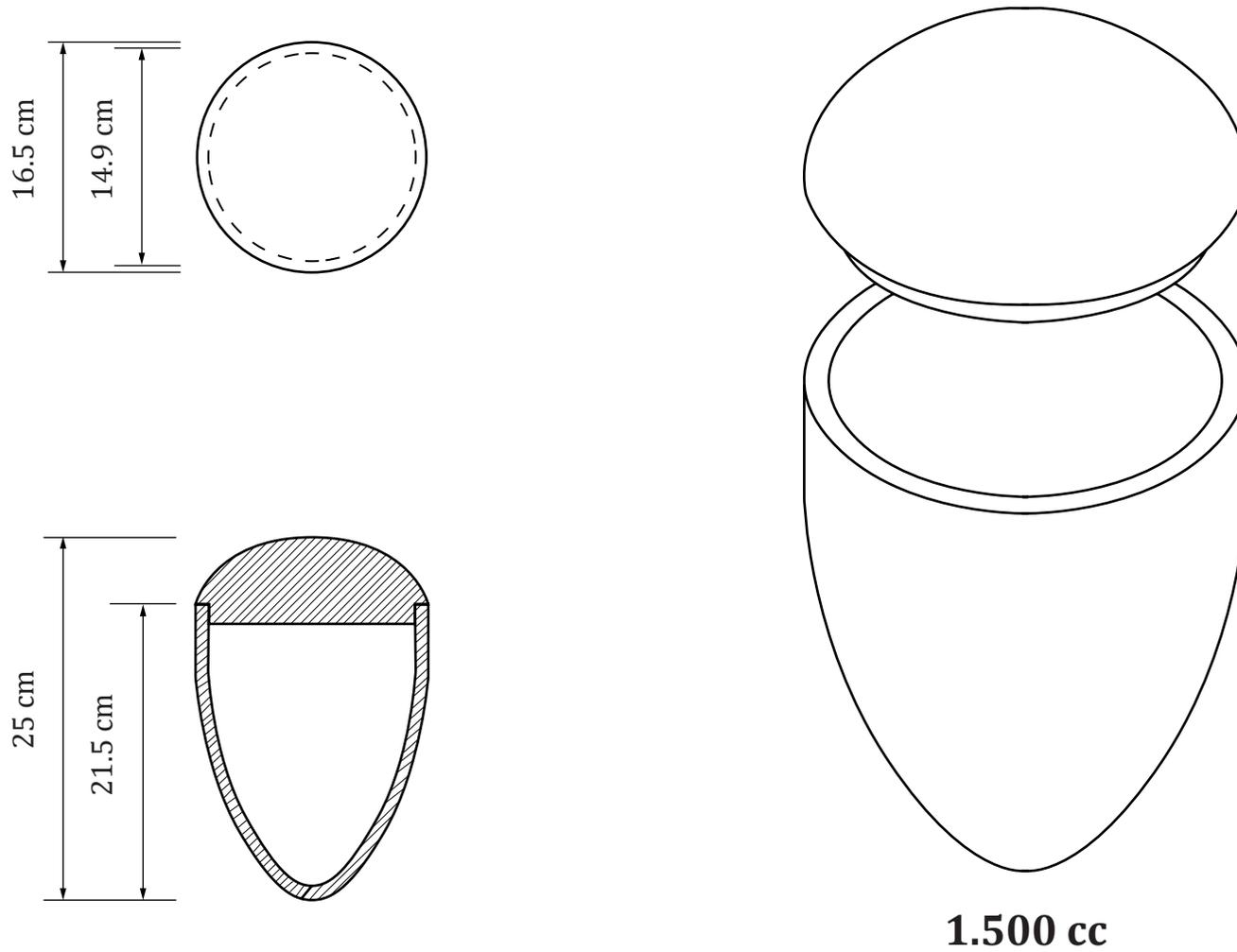
**Capsule
Mundi
(Italia)**



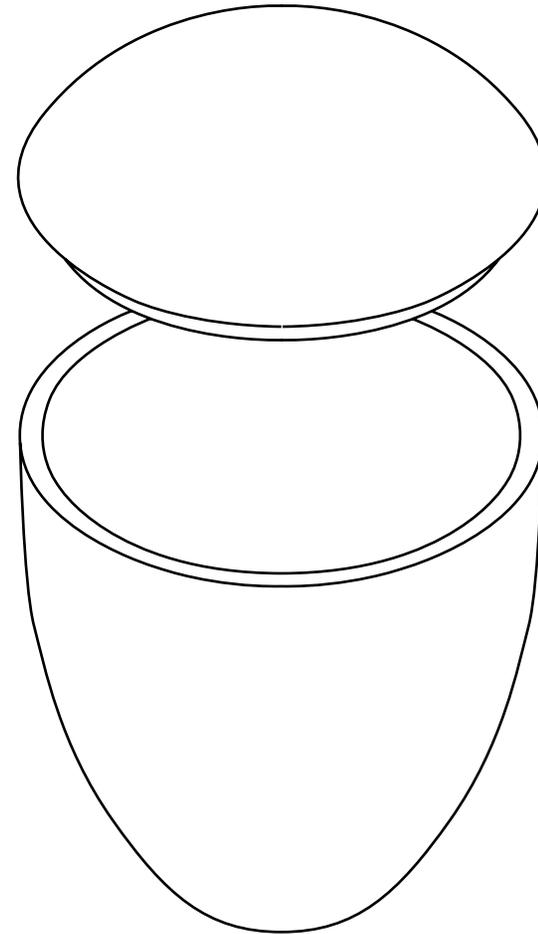
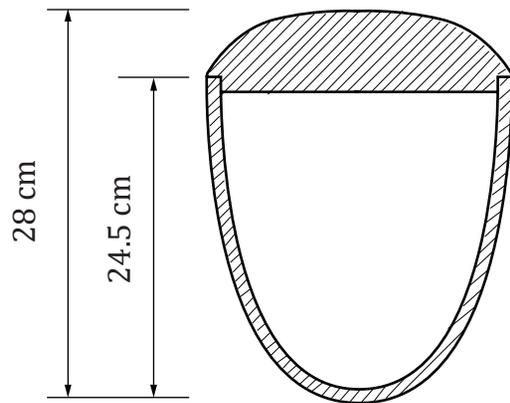
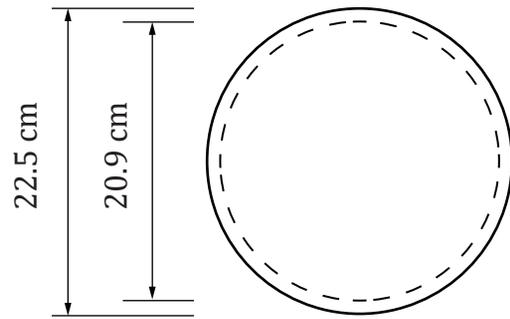
ANEXO 6

	PROPIEDADES				PROCESAMIENTO				A. SENSORIALES						A. INTERPRETATIVOS				A. AFECTIVOS				VALOR					
	Estable dimensionalmente frente a la humedad	Degradación en tierra	No tóxico	Color natural blanco	Corte láser	Grabado láser	Moldeo por compactación	Teñido natural	Rígido	No elástico	Ligero	Mate	Oloroso	Textura irregular	Fibroso	Tranquilo	Acogedor	Natural	Innovador	Artesanal	Sostenible	Transformable		Agrado	Satisfacción	Curiosidad	Atracción	
CONSTRUCCIÓN INTERIOR DE P O R T E S CONTENEDORES	Packaging bebestibles	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	16		
	Frutero	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17	
	Cuenco para dejar las llaves	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	19	
	Bandeja de huevo	1	1	1	0	0	0	-1	0	1	1	1	1	-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	13	
	Ánfora biodegradable	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	22	
	Empaquetado biodegradable	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	17	
	Kayak	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17	
	Tabla de surf	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17
	Bodyboard	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17
	Flotador	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17
	Boya	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	14
	Canoa	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	18	
	Cuadro/lienzos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
	Individuales	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	18
	Posavasos	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	18
	Letras decorativas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	19
	Marco de cuadros	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	20
	Membranas aislantes	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17
	Paneles estructurales	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	16
	Ladrillos	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17
Tabiques	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	16	
Placas acústicas	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	17	

ANEXO 7



* Las dimensiones y capacidad del ánfora biodegradable son sujetas a cambios, debido a la propiedad del material biobasado de contracción post-inhibición.



3.000 cc

* Las dimensiones y capacidad del ánfora biodegradable son sujetas a cambios, debido a la propiedad del material biobasado de contracción post-inhibición.

MOLDE

