

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Design, Innovation & Arts School



Diseño de empaque biodegradable con micelio y raquis de maíz para kits
de salud menstrual natural, con enfoque sostenible y cultural en
Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Flor de María Obregón Cruz para
optar al grado de Licenciada en Diseño de Producto e Innovación.

Guatemala,

2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Design, Innovation & Arts School



Diseño de empaque biodegradable con micelio y raquis de maíz para kits
de salud menstrual natural, con enfoque sostenible y cultural en
Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Flor de María Obregón Cruz para
optar al grado de Licenciada en Diseño de Producto e Innovación.

Guatemala,

2025

OBREGÓN CRUZ, FLOR DE MARÍA

Vo.Bo. Asesor



MA. María Priscila Juárez Barrios


Tribunal examinador



MA. María Priscila Juárez Barrios



Lic. DI Rudy(Eduardo Iboy Ramírez



Lic. Pamela Carolina Ramírez Rodas

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 12 de diciembre de 2025

PREFACIO

Quiero expresar mi agradecimiento a mi familia por su apoyo constante a lo largo de todo este proceso. Este proyecto no solo representa un trabajo académico, sino también un camino lleno de retos, aprendizajes y momentos de duda, en los cuales su presencia fue fundamental. Gracias por acompañarme en cada etapa, por su paciencia y por ser un apoyo incondicional durante el desarrollo de esta investigación.

A mis papás, por su motivación constante y por creer en mis ideas incluso cuando aún estaban en proceso de construcción. Gracias por impulsarme a seguir adelante en los momentos más retadores, por su confianza en mis decisiones y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este proyecto. Este trabajo también es resultado de ese acompañamiento cercano, de sus consejos y de su disposición para involucrarse en cada etapa.

A mis hermanas, por su apoyo constante a lo largo de este proceso y por estar presentes en cada etapa de este camino. Gracias por su compañía, por escucharme, por motivarme y por sostenerme en los momentos de mayor exigencia. De manera especial, agradezco a mi hermana mayor, cuyo apoyo fue determinante no solo durante el desarrollo de este proyecto, sino también en mi formación académica, brindándome oportunidades que hicieron posible llegar hasta esta etapa. A ambas, gracias por su cercanía, por su confianza y por ser una parte fundamental en este proceso.

Agradezco también a quienes, desde su cercanía, brindaron apoyo en momentos clave del proceso, aportando ideas y colaborando en la obtención de materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

Finalmente, agradezco a las personas que participaron en la validación del proyecto, quienes, a través de su tiempo, disposición y aportes, permitieron enriquecer esta propuesta desde un enfoque más real y contextual. Sus observaciones y experiencias fueron clave para identificar oportunidades de mejora y fortalecer el desarrollo del empaque.

Agradezco también a mi gato, Michell, por su compañía constante durante este proceso, especialmente en los momentos de mayor carga, aportando pausas necesarias dentro del trabajo.

CONTENIDO

Listado de figuras.....	vii
Listado de cuadros.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Descripción general.....	2
III. Definición del problema.....	3
IV. Justificación.....	4
V. Objetivos.....	5
A. Objetivo general.....	5
B. Objetivos específicos.....	5
VI. Marco teórico.....	6
6.1 Biomateriales: definición y clasificación.....	6
6.2 Aplicaciones del micelio en el diseño de producto.....	7
6.3 Salud menstrual natural y comadronas en Guatemala.....	8
6.4 Emprendimiento social en el diseño con enfoque comunitario.....	9
VII. Metodología.....	10
7.1 FASE 1: Exploración y experimentación de biomateriales.....	10
7.2 FASE 2: Diseño de prototipo de empaque.....	11
7.3 FASE 3: Validación funcional y cultural.....	12
7.4 FASE 4: Evaluación de viabilidad técnica y económica.....	12
7.5 Técnicas e instrumentos.....	12
7.6 Recursos necesarios.....	13
VIII. Resultados.....	14
IX. Evaluación de impactos y sostenibilidad.....	54
X. Conclusiones.....	57
XI. Recomendaciones.....	59
XII. Bibliografía.....	60
XIII. Anexos.....	63

LISTADO DE FIGURAS

1. Maizal de comunidad Xajaxac, Sololá.....	10
2. Maizal de comunidad Xajaxac, Sololá y recolección de raquis/olote.	11
3. Corte de raquis con alicate de corte diagonal.	14
4. Esterilización de raquis a baño maría.....	15
5. Frasco A y B de inoculación con micelio.....	16
6. Frasco A y B de inoculación con micelio.....	17
7. Frasco B de inoculación con micelio.....	18
8. Esterilización de raquis en agua con vinagre blanco.....	19
9. Prueba 2 (final) de cultivo con cuerpos fructíferos de hongo ostra.....	21
10. Prueba 2 (final) de cultivo con hifas blancas y cuerpos fructíferos de hongo ostra.....	22
11. Prueba extra 1 de forma cilíndrica de empaque interior.....	23
12. Prueba extra 2 de forma cúbica de empaque interior.....	23
13. Prueba 1 de lámina de micelio y raquis con cuerpo fructífero de hongo ostra.....	25
14. Acercamiento de lámina de micelio y raquis con cuerpo fructífero de hongo ostra.....	26
15. Acercamiento de prueba 1 de lámina de micelio y raquis.....	26
16. Molino de mano y procedimiento de raquis molido.....	27
17. Proceso de molido de raquis.....	28
18. Preparación de mezcla de prueba 2 de lámina de raquis con maicena.....	29
19. Resultado de prueba 2 de lámina de raquis con maicena.....	30
20. Preparación de yuquilla para mezcla.....	31
21. Preparación de mezcla de prueba 3.....	32
22. Ensayo de prueba 3 con horno.....	33
23. Vista frontal de resultado de prueba 3.....	34
24. Vista posterior y lateral de resultado de prueba 3.....	34
25. Vista frontal de prueba 4 en proceso de secado a sol indirecto.....	36
26. Vista frontal de resultado de prueba 4.....	37
27. Vista isométrica de resultado de prueba 4.....	38
28. Bocetos de diseño de empaque exterior.....	39
29. Mockup de empaque exterior.....	41
30. Troquel de caja principal.....	43

31. Forma 1 (cilíndrica) de empaque interior de micelio y raquis de maíz.....	44
32. Forma 1 (cilíndrica) y 2 (cúbica) de empaque interior de micelio y raquis de maíz en contexto de uso.....	45
33. Prototipo y empaque final.....	46
34. Parte de empaque final de micelio y lámina.....	47
35. Validación con prototipo de media fidelidad.....	50

LISTADO DE CUADROS

1. Plan de trabajo.....	13
2. Observaciones preliminares de validación funcional y cultural del empaque.....	49

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de crisis ambiental y cuestionamientos hacia los modelos tradicionales de consumo, el diseño de productos sostenibles adquiere un rol protagónico en la búsqueda de soluciones que sean responsables tanto con el entorno como con las comunidades. Particularmente, el diseño de empaques —tradicionalmente vinculado al uso excesivo de materiales contaminantes como plásticos de un solo uso— representa un área crítica de innovación y transformación.

En paralelo, el tema de la salud menstrual ha comenzado a ocupar un lugar más visible en las agendas sociales, académicas y políticas, siendo abordado desde perspectivas que integran la equidad de género, el acceso a productos dignos y el respeto por los cuerpos y saberes de las mujeres. En Guatemala, este enfoque requiere especial atención a las particularidades culturales y territoriales, reconociendo el papel fundamental de las comadronas, los saberes ancestrales y las prácticas de cuidado comunitario.

Esta investigación se enfoca en el diseño de un empaque biodegradable a partir de micelio (la raíz del hongo) y raquis de maíz (subproducto agrícola infravalorado), con el fin de contener kits de salud menstrual natural. La propuesta busca no solo reducir el impacto ambiental generado por los empaques convencionales, sino también revalorizar materiales locales y establecer un diálogo entre la innovación biomaterial y la identidad cultural guatemalteca.

A través de procesos de experimentación con biomateriales, codiseño con usuarias potenciales y validación en contextos reales, esta propuesta plantea una alternativa tangible que articula ecodiseño, soberanía menstrual y justicia ambiental desde un enfoque territorial y regenerativo.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL

Este trabajo de graduación tiene como finalidad diseñar un empaque biodegradable utilizando biomateriales compuestos por micelio y raquis de maíz, para kits de salud menstrual natural, entendida como una propuesta que promueve productos libres de químicos sintéticos, plásticos o aditivos industriales, orientados al bienestar integral desde un enfoque más consciente y ecológico, con enfoque sostenible y cultural en Guatemala. El proyecto propone la exploración de un material innovador a partir de residuos agrícolas, en combinación con tecnologías de cultivo de micelio, con el objetivo de generar un producto ecológico, funcional y culturalmente relevante.

Se busca diseñar un empaque que, además de cumplir con los requisitos estructurales y de protección del contenido, también represente una alternativa local, biodegradable y visualmente alineada con el concepto de salud natural femenina, integrando saberes tradicionales como los de las comadronas guatemaltecas. La metodología incluirá la experimentación con biomateriales, desarrollo de prototipos y validación con usuarios potenciales. Este trabajo pretende aportar valor desde el diseño de producto, hacia una solución sostenible y con visión de emprendimiento social.

III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los empaques para productos relacionados con el bienestar personal, como los kits de salud menstrual, se elaboran mayoritariamente con plásticos derivados del petróleo y cartón industrializado. Aunque el cartón es biodegradable, su producción implica un alto consumo de agua, energía y fibras forestales, lo cual genera impactos ambientales considerables. De acuerdo con Green Match UK (2023), la fabricación de una tonelada de cartón puede emitir hasta 538 kg de CO₂ equivalente, además de contribuir a la deforestación si no se trata de cartón reciclado.

Por otro lado, la contaminación por residuos plásticos sigue siendo una crisis global: se estima que cada año se producen más de 400 millones de toneladas de plástico, de las cuales solo el 9 % se recicla y alrededor de 11 millones de toneladas terminan en ríos y océanos. Además, se calcula que cada persona ingiere más de 50,000 micropartículas de plástico al año (ONU Medio Ambiente, 2025).

En el contexto guatemalteco, el raquis del maíz, subproducto central del cultivo más representativo del país, genera anualmente más de 560,000 toneladas de residuos. Esta biomasa, rica en celulosa, suele desecharse o quemarse, desaprovechando su potencial como materia prima para soluciones ecológicas (MAGA, 2023).

Al mismo tiempo, un alto porcentaje de mujeres guatemaltecas —más del 70 % según datos del Ministerio de Salud Pública— recurre a remedios naturales como tés, masajes y preparados tradicionales, guiadas por comadronas o lideresas comunitarias que preservan saberes ancestrales. Sin embargo, estos productos carecen de un empaque adecuado que respalde su carácter natural y cultural, lo que limita su accesibilidad, conservación y presentación en espacios formales o comerciales. Esta situación representa una oportunidad de diseño para desarrollar un empaque biodegradable, funcional y culturalmente respetuoso, que responda a la necesidad de mujeres que optan por alternativas naturales y que, al mismo tiempo, promuevan prácticas sostenibles en la gestión del ciclo menstrual.

IV. JUSTIFICACIÓN

Ante la problemática del uso de empaques contaminantes y la falta de alternativas que respondan al contexto ambiental y cultural de Guatemala, se propone el diseño de un empaque biodegradable elaborado con micelio y raquis de maíz, dirigido a kits de salud menstrual natural. Esta propuesta busca sustituir materiales convencionales por biomateriales accesibles, compostables y de origen local.

Además, el proyecto busca visibilizar el papel fundamental de las comadronas en la salud menstrual femenina en comunidades rurales, quienes durante generaciones han transmitido conocimientos sobre autocuidado y acompañamiento menstrual. Incluir sus saberes dentro del diseño del empaque fortalece el componente cultural y permite que la propuesta se alinee con prácticas locales y respetuosas de los ciclos naturales del cuerpo.

La propuesta también responde a la necesidad de repensar los sistemas de empaque desde una perspectiva regenerativa. Según informes del PNUMA (2021), los empaques representan más del 40% del volumen global de plásticos de un solo uso, siendo uno de los principales contaminantes en sistemas naturales. Al utilizar biomateriales como el micelio, cuya producción no genera residuos tóxicos, y el raquis de maíz —un subproducto agrícola comúnmente desechado—, se busca aportar soluciones sostenibles desde el diseño de producto.

El objetivo es brindar utilidad al residuo del raquis, impulsar el uso de biomateriales innovadores en el diseño de producto y aportar a la reducción del impacto ambiental desde una propuesta con enfoque social, cultural y emprendedor.

V. OBJETIVOS

A. General

Diseñar un empaque biodegradable utilizando biomateriales compuestos por micelio y raquis de maíz, para la creación de kits de salud menstrual natural con enfoque sostenible y cultural en Guatemala.

B. Específicos

- Analizar y experimentar con la combinación de micelio y raquis de maíz como biomaterial, por medio de indicadores como resistencia mínima, durabilidad estructural y capacidad de compostaje en condiciones locales.
- Desarrollar un prototipo funcional del empaque, que integre la forma, ergonomía y protección de los productos del kit, alineado a prácticas sostenibles de fabricación y con una adecuación cultural basado en las mujeres que muestran alto interés en el cuidado ambiental y en el uso de alternativas naturales.
- Realizar un análisis técnico de viabilidad productiva, por medio del estimado de costos de materia prima, procesos, tiempos de cultivo y con el potencial para iniciar un emprendimiento con enfoque social.
- Validar la aceptación cultural y funcional del empaque a través de pruebas con usuarios que sugieran fortalezas y aspectos de mejora y evaluar así, su viabilidad comercial y aceptación cultural.

VI. MARCO TEÓRICO

A. Biomateriales: definición y clasificación

Los biomateriales son materiales elaborados a partir de recursos naturales renovables, como residuos vegetales, hongos o algas, y que tienen la capacidad de biodegradarse sin dejar residuos tóxicos. Se clasifican según su origen en: (a) biomateriales naturales sin modificación, (b) modificados biológicamente y (c) compuestos biotecnológicos (Ocampo, 2021). Su aplicación en el diseño de producto permite fomentar soluciones con menor impacto ambiental y mayor circularidad en el uso de materiales.

1. Micelio

El micelio es la red vegetativa de los hongos, compuesta por hifas, que son filamentos microscópicos ramificados a través de los cuales los hongos absorben nutrientes. Estas hifas, al ser cultivadas en sustratos orgánicos como fibras vegetales, generan materiales con propiedades físicas comparables a plásticos o espumas. Este destaca por ser biodegradable, compostable, aislante, resistente a la compresión y moldeable, con tiempos de descomposición inferiores a los 60 días bajo condiciones de compostaje. Su crecimiento requiere poco consumo energético, y puede adaptarse a moldes tridimensionales, lo que permite su integración en sistemas de producción sustentables (Jones et al., 2020). Actualmente, empresas como Ecovative en EE. UU. han desarrollado empaques comerciales con esta tecnología.

2. Raquis de maíz

El raquis es el eje central de la mazorca de maíz, y representa una parte significativa de la biomasa residual agrícola. Este componente está compuesto principalmente por lignina, hemicelulosa y celulosa, lo cual lo hace adecuado como sustrato para el cultivo de micelio. En Guatemala, la producción anual de maíz alcanzó los 1.624 millones de toneladas durante el ciclo 2023/24, distribuidas en aproximadamente 885,000 hectáreas cultivadas, según el informe oficial del U.S. Department of Agriculture (USDA, 2024).

Se estima que cerca del 50 % del volumen de una mazorca corresponde a residuos no comestibles como la tusa, bráctea y raquis, lo que indica que el país genera más de 812,000 toneladas anuales de raquis como residuo agrícola. En la mayoría de los casos, este material es subutilizado o quemado, representando una pérdida de potencial en su aprovechamiento.

Su contenido lignocelulósico, su porosidad y su disponibilidad a gran escala lo convierten en un recurso local ideal para transformarlo en biomaterial biodegradable, especialmente como sustrato del micelio. Esta valorización del raquis no solo impulsa prácticas de economía circular, sino que también plantea nuevas oportunidades para el diseño de producto sostenible y con identidad local.

B. Aplicaciones del micelio en el diseño de producto

El uso de micelio ha demostrado potencial para la creación de materiales sostenibles con aplicaciones en diseño industrial, empaque y arquitectura. Diversos estudios han confirmado que el micelio permite generar materiales ligeros, resistentes a impactos, moldeables y completamente biodegradables, ideales para sustituir espumas plásticas y cartón en soluciones de empaque (López & Salas, 2022). Proyectos como Ecovative (EE. UU.) y FungiPack (Chile) han utilizado micelio para desarrollar sistemas de embalaje compostables, aplicables en cosmética, tecnología o productos alimenticios.

En el contexto guatemalteco, esta tecnología puede adaptarse mediante producción artesanal o de pequeña escala, utilizando sustratos accesibles como el raquis. Esto permitiría desarrollar empaques ecológicos personalizados, adecuados para emprendimientos que trabajan con productos naturales o con enfoque cultural, como los kits de salud menstrual ancestral.

C. Salud menstrual natural y comadronas en Guatemala

Las comadronas en Guatemala siguen siendo figuras clave en la atención de salud comunitaria, especialmente en áreas rurales. Muchas mujeres confían en sus saberes para tratar dolores menstruales mediante remedios naturales como infusiones de plantas medicinales, compresas y ungüentos. Sin embargo, estos productos carecen de un empaque que respete tanto su carácter natural como su valor cultural.

En Guatemala, las comadronas tradicionales desempeñan un papel crucial en la atención de salud comunitaria, especialmente en áreas rurales donde el acceso a servicios médicos formales es limitado. Actúan como la primera línea de apoyo para mujeres durante el embarazo, el parto y también en el manejo de la salud menstrual, gracias a su conocimiento ancestral en el uso de prácticas naturales como infusiones de hierbas, compresas, masajes y alimentación específica para aliviar cólicos menstruales (Scuriatti & Solórzano, 2022). Se estima que alrededor del 29 % de los partos en el país son asistidos por comadronas, cifra que supera el 50 % en regiones rurales e indígenas, como Huehuetenango, Alta Verapaz o Quiché (UNICEF, 2024; Gabinete de Desarrollo, 2021). Este reconocimiento formalizó el valor de su trabajo, al incluirlas en la Política Nacional de Comadronas 2015–2025 y aprobar el Decreto 22-2022, que promueve su integración dentro del sistema nacional de salud (Agencia Ocote, 2025).

Su conocimiento ancestral abarca prácticas que van desde infusiones y compresas de hierbas hasta masajes especializados, utilizados para aliviar los cólicos menstruales y mejorar el bienestar en la menstruación (OPS/OMS, 2023). Estas prácticas se basan en una concepción integral del cuerpo y su conexión con la naturaleza, y son una forma efectiva de cuidado durante el ciclo menstrual, especialmente en comunidades rurales donde los productos industriales no siempre están disponibles o adaptados culturalmente.

La relación cercana que las comadronas mantienen con las mujeres de su comunidad las convierte en portavoces importantes de las necesidades reales en salud menstrual. Su rol es vital no solo en asesorías, sino también en la transmisión de prácticas culturales adaptadas a cada contexto geográfico y lingüístico.

D. Emprendimiento social en el diseño con enfoque comunitario

El emprendimiento social consiste en promover soluciones innovadoras que generen impacto ambiental y social al mismo tiempo, buscando un equilibrio entre sostenibilidad económica y bienestar colectivo. Este enfoque es particularmente relevante en contextos donde existen desafíos estructurales, como la desigualdad, el limitado acceso a servicios o el subempleo (BID Lab, 2023; MINECO, 2024).

En Guatemala, este modelo ha sido clave para impulsar proyectos que integran materiales locales y conocimientos ancestrales en soluciones contemporáneas. Un ejemplo es Ecofiltro, que desarrolló filtros de agua accesibles y adaptados a contextos rurales, promoviendo un impacto ambiental positivo y el empoderamiento económico de comunidades productoras (Figueredo & Chowdhury, 2019). Aunque no todos los emprendimientos sociales están dirigidos exclusivamente a comunidades rurales, muchos se benefician de incorporar elementos locales en su propuesta de valor.

Desde el diseño de producto, este enfoque permite crear soluciones con sentido social, cultural y ambiental. Iniciativas que validan su propuesta con actores clave —como comadronas o lideresas comunitarias— y que emplean recursos infrautilizados como residuos agrícolas, representan un potencial transformador. Aunque el mercado objetivo pueda ser amplio (incluyendo sectores urbanos o sostenibles), el involucrar a agentes comunitarios en la validación, así como el uso de biomateriales regenerativos, posiciona estos productos dentro de una lógica de emprendimiento con propósito, alineada a los desafíos contemporáneos del diseño.

VII. METODOLOGÍA

A. Enfoque metodológico

La investigación adoptó un enfoque cualitativo, experimental y proyectual, ya que se basó en la exploración de un producto físico que integró biomateriales innovadores con un enfoque cultural y sostenible. El componente cualitativo permitió comprender prácticas y saberes tradicionales vinculados al cuidado menstrual, especialmente a través del conocimiento de comadronas en contextos rurales. A su vez, el carácter experimental fue clave para analizar la viabilidad del micelio y el raquis de maíz como biomateriales funcionales. Finalmente, el enfoque proyectual guió el proceso de diseño, modelado y validación de un empaque biodegradable contextualizado en las condiciones y necesidades locales.

B. Fases del proceso metodológico

1. Fase 1: Exploración y experimentación de biomateriales

Esta fase inició con una revisión bibliográfica y técnica sobre el uso de micelio y residuos agrícolas como base de biomateriales. Se procedió con la recolección del raquis de maíz en la comunidad de Xajaxac, Sololá, donde se obtuvo tras el desgranado manual del maíz, como parte de un residuo agrícola de alta disponibilidad.



Figura 1. Maizal de comunidad Xajaxac, Sololá

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Maizal de comunidad Xajaxac, Sololá y recolección de raquis/olote

Fuente: Elaboración propia

Este fue posteriormente limpiado, triturado y esterilizado para servir como sustrato del micelio. El cultivo se realizó a partir de inóculo de micelio (material previamente colonizado) adquirido comercialmente, evaluando condiciones como humedad, temperatura y tiempo de colonización. Durante esta etapa, el raquis fue colonizado por el micelio en condiciones controladas, y se registraron observaciones clave sobre la resistencia, comportamiento estructural, compostabilidad y reacción a la humedad del biomaterial resultante.

2. Fase 2: Diseño de prototipo de empaque

Con base en los resultados de la fase anterior, se elaboraron bocetos y modelos 3D de la forma del empaque considerando los componentes del kit de salud menstrual. Se exploraron alternativas formales que integren criterios de ergonomía, protección del contenido, facilidad de uso y coherencia con el enfoque sostenible y cultural. Tras seleccionar la propuesta más viable, se procedió al modelado del prototipo utilizando moldes reciclados o elaborados artesanalmente. El micelio cultivado se integró al molde para generar un primer prototipo funcional.

3. Fase 3: Validación funcional y cultural

Esta etapa consistió en aplicar entrevistas semiestructuradas a usuarias potenciales, quienes tuvieron contacto directo con el prototipo. Se entrevistó a diez personas, con edades comprendidas entre los 21 y 42 años, lo cual permitió recopilar una diversidad de percepciones sobre la utilidad, facilidad de uso, apariencia y relación con prácticas culturales relacionadas con la salud menstrual. Esta variedad de experiencias enriqueció el proceso de validación funcional y cultural, al incorporar tanto hábitos tradicionales como nuevas formas de autocuidado. Además, se realizaron pruebas de manipulación básica para identificar puntos de mejora desde la experiencia de uso. Esta fase buscó garantizar la aceptación del producto no solo desde su funcionalidad, sino también desde su identidad cultural y pertinencia local.

4. Fase 4: Evaluación de viabilidad técnica y económica

En esta fase se estimaron los costos relacionados con la producción del biomaterial y el empaque, incluyendo insumos, tiempos de cultivo y herramientas necesarias. También se evaluó la posibilidad de replicar el proceso en contextos comunitarios, con esquemas de producción a pequeña escala. Finalmente, se exploraron canales preliminares de distribución o comercialización que podrían alinearse al enfoque del proyecto, como ferias de emprendimiento, redes comunitarias o plataformas digitales con perspectiva social.

C. Técnicas e instrumentos

En la fase de validación se aplicaron entrevistas semiestructuradas a comadronas y usuarias, el cual se desarrollaron con una guía de preguntas que abordaban aspectos culturales y funcionales del producto. Se consideró un rango estimado de entre ocho y diez participantes, con perfiles diversos en cuanto a edad y experiencias de uso de productos para salud menstrual. Además, se realizó una prueba de aceptación del prototipo de empaque mediante manipulación directa, enfocándose en atributos como forma, resistencia y adecuación al contenido del kit.

Adicionalmente, se elaboró un perfil de usuaria potencial y un mapa de empatía como recurso exploratorio para orientar decisiones de diseño centradas en el usuario. Estas herramientas, sirvieron para visualizar emociones, necesidades y aspiraciones del público objetivo.

Véase Anexo 1 y 2 para su presentación completa.

D. Recursos necesarios

Entre los recursos requeridos se encontró inóculos de micelio, raquis de maíz, herramientas como molino, horno, guantes, alcohol para esterilización y recipientes para cultivo. Fue necesario un espacio ventilado y limpio para el proceso de colonización del micelio.

E. Plan de trabajo

Actividad	Etapa 1 26 jul. – 2 ago.	Etapa 1 3 ago. - 20 ago.	Etapa 2 20 ago. - 1 de sep.	Etapa 2 1 sep. - 20 sep.	Etapa 3 20 sep. – 30 sep.	Etapa 3 30 sep. – 7 de nov.
Recolección del raquis de maíz y compra del inóculo de micelio						
Preparación del sustrato y cultivo del biomaterial (micelio + raquis)						
Pruebas iniciales de resistencia, humedad y compostabilidad						
Bocetado y desarrollo de propuesta formal del empaque						
Elaboración de molde y desarrollo de empaque (forma y funcionalidad)						
Pruebas con usuarias (validación cultural y funcional)						
Análisis de costos, escalabilidad y viabilidad técnica						
Documentación final						

Cuadro 1. Plan de trabajo

Fuente: Elaboración propia

VIII. RESULTADOS

A. Fase 1: Exploración y experimentación de biomateriales

1. Recolección y preparación del sustrato

El raquis de maíz, también conocido como olote, fue recolectado después del proceso de desgrane, en un estado naturalmente seco. Según estudios agronómicos, el raquis puede alcanzar un estado óptimo de secado natural entre 15 y 30 días tras la cosecha, dependiendo de la humedad relativa y temperatura ambiental (FAO, 2013). En este caso, los olotes presentaban ya una textura seca al tacto y tonalidad clara, indicativa de baja humedad.

Para su fragmentación, se utilizó una herramienta manual tipo alicate de corte diagonal (tenaza corta alambre), lo cual permitió obtener piezas de entre 0.5 cm a 2 cm, facilitando la experimentación con tamaños variables. Este procedimiento fue fundamental para definir la porosidad, aireación y colonización del sustrato.



Figura 3. Corte de raquis con alicate de corte diagonal

Fuente: Elaboración propia

2. Prueba 1: Cultivo de micelio y raquis esterilizado en baño maría (fragmentos de 2 cm)

Esta prueba inició el 5 de septiembre y consistió en colocar el raquis troceado en frascos de vidrio con tapa perforada, con capacidades que oscilaban entre 290 g y 500 g, y someterlos a un proceso de esterilización tipo baño maría durante aproximadamente 90 minutos. La finalidad fue reducir la carga microbiana sin mojar el material, por lo que los agujeros de las tapas permitieron el paso del vapor sin contacto directo con el agua.



Figura 4. Esterilización de raquis a baño maría

Fuente: Elaboración propia

Tras el enfriamiento progresivo de los frascos en la misma olla, se procedió a la inoculación con micelio fresco (inóculo colonizado previamente), distribuyendo tres variantes:

- Frasco A: 1/3 de micelio + 2/3 raquis
- Frasco B: 2/3 micelio + 1/3 raquis
- Frasco C (plástico): proporción alta de micelio, menos raquis y mayor espacio de aire

Los frascos fueron cubiertos con tela transpirable y tapas aflojadas, fueron colocados en un entorno con poca luz y temperatura ambiente estable ($\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Durante los primeros días

no se observó crecimiento visible, pero hacia la semana y media se formaron hifas blancas de micelio, aunque también apareció moho superficial en las tres muestras. En el frasco C, el ambiente se volvió más seco por la tela transpirable, lo que causó la detención del crecimiento y desecación del cultivo.



Figura 5. Frasco A y B de inoculación con micelio

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Frasco A y B de inoculación con micelio

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Frasco B de inoculación con micelio

Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el mes de septiembre, se desecharon las muestras por contaminación, salvo un caso: en el fondo del frasco de vidrio B, el micelio colonizó el raquis de forma exitosa y generó una estructura sólida, flexible, con olor a tierra y sin presencia activa de moho, demostrando que el raquis puede funcionar como sustrato bajo condiciones más controladas.

3. Prueba 2 (final): Cultivo de micelio y raquis esterilizado en agua con vinagre (fragmentos de 0.5–1 cm)

En esta prueba final se empleó el raquis de maíz cortado en fragmentos de aproximadamente 0.5 a 1 centímetro, con el propósito de facilitar la colonización del micelio y reducir los espacios de aire entre partículas. La esterilización se realizó mediante ebullición en agua con vinagre blanco (5 %) durante un período aproximado de 40 a 60 minutos, técnica que permitió disminuir la carga bacteriana y fúngica del material, al tiempo que aprovechó las propiedades antimicrobianas del ácido acético.



Figura 8. Esterilización de raquis en agua con vinagre blanco

Fuente: Elaboración propia

Tras el hervor, el sustrato se escurrió y se dejó reposar durante 24 horas en un ambiente limpio, sobre papel absorbente, para eliminar la humedad superficial. Posteriormente, se empleó un ventilador de baja potencia dirigido hacia el material durante dos horas, hasta lograr un secado parcial. Este método se eligió como alternativa al secado solar, que no era viable debido a la temporada lluviosa y a la alta humedad ambiental, factores que aumentaban el riesgo de contaminación por esporas.

Una vez seco, el raquis se inoculó con micelio fresco de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en un recipiente plástico tipo tupper. Se alternaron capas de raquis y micelio en proporción aproximada de dos partes de micelio por cada parte de raquis, lo que permitió mantener una humedad interna equilibrada y asegurar el contacto entre ambos materiales. El contenedor se selló con papel tipo mayordomo, utilizado como barrera física y respirable, y se cubrió adicionalmente con papel aluminio, colocando el lado opaco hacia el interior y el lado brillante hacia el exterior para favorecer la retención térmica.

Durante el proceso de incubación, el contenedor permaneció en un estante alto, protegido de la luz directa. Por motivos de bioseguridad, el cultivo no fue manipulado ni destapado durante varios días, lo que permitió conservar un microclima húmedo constante dentro del recipiente. Con el paso del tiempo, se observó una ligera oxidación del aluminio, causada por la condensación y el vapor acumulado; no obstante, esto no afectó negativamente el desarrollo del micelio.

Tras tres semanas de incubación, el sustrato mostró signos de colonización uniforme, con presencia de hifas blancas densas que envolvían los fragmentos de raquis, evidenciando una integración estable entre el sustrato vegetal y el organismo fúngico. En esta etapa también se detectó la aparición de pequeños cuerpos fructíferos de hongo ostra, lo que confirma que las condiciones de humedad, temperatura y oxigenación fueron óptimas para la actividad biológica del micelio.

Esta prueba final demostró que el raquis de maíz es un sustrato viable para el crecimiento del micelio, y que su combinación en proporciones controladas puede generar un material sólido y orgánicamente cohesionado. El sistema de aislamiento implementado — con capas respirables y

aluminio — resultó eficaz para mantener la humedad sin provocar descomposición. Los resultados de esta fase permitieron establecer parámetros iniciales para la futura producción de piezas moldeadas de empaque interior, las cuales sirvieron como base estructural del kit biodegradable.



Figura 9. Prueba 2 (final) de cultivo con cuerpos fructíferos de hongo ostra

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Prueba 2 (final) de cultivo con hifas blancas y cuerpos fructíferos de hongo ostra
Fuente: Elaboración propia

Observaciones

Se realizó un segundo cultivo de la prueba final con el objetivo de explorar una variación en la forma del empaque interior. Para ello, se trabajó con dos moldes distintos: uno de forma cilíndrica y otro cúbico.

Este segundo cultivo se desarrolló bajo condiciones de mayor humedad y en un ambiente más frío, manteniendo el material protegido con papel y aluminio para controlar la exposición al aire.

Bajo estas condiciones, el crecimiento del micelio fue más rápido y uniforme, permitiendo que el empaque estuviera listo en 10 días, en contraste con la primera prueba, que requirió más de 3

semanas para alcanzar una rigidez similar.

Esta variación en el entorno influyó directamente en el tiempo de colonización y consolidación del material, demostrando que las condiciones ambientales son un factor clave en la eficiencia del proceso productivo.



Figura 11. Prueba extra 1 de forma cilíndrica de empaque interior

Fuente: Elaboración propia

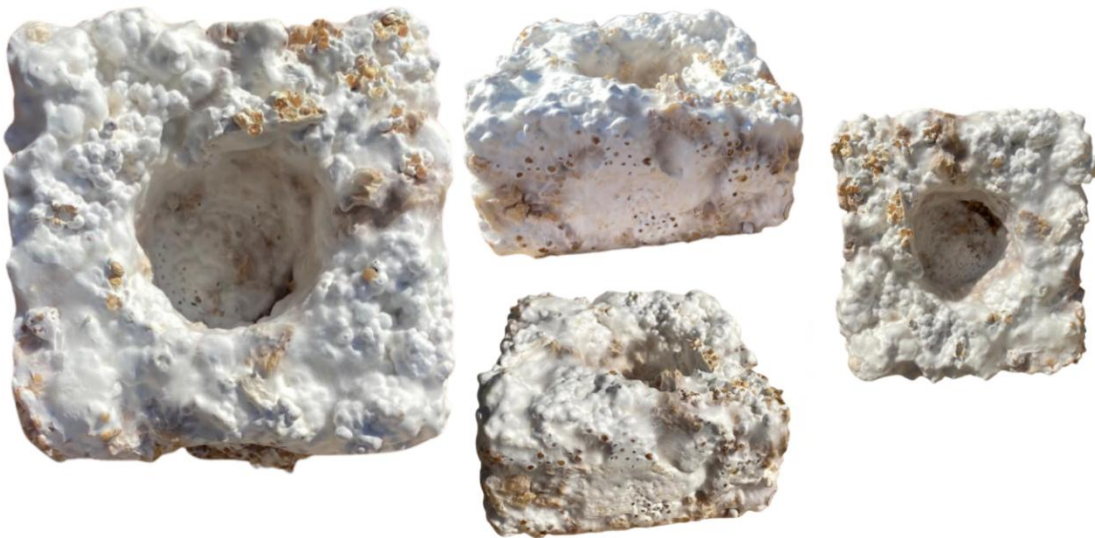


Figura 12. Prueba extra 2 de forma cúbica de empaque interior

Fuente: Elaboración propia

4. Pruebas de elaboración de láminas (símil cartón) con base en raquis de maíz

Como parte de la investigación experimental para desarrollar un empaque exterior biodegradable, se realizaron diversas pruebas con láminas planas que buscaban emular las propiedades estructurales y de flexibilidad del cartón convencional. Estas pruebas se centraron en combinar el raquis de maíz pulverizado o triturado con distintos aglutinantes naturales —como micelio, maicena y yuquilla— para determinar su viabilidad como componentes de un biomaterial de origen local. A continuación, se detallan cada uno de los experimentos realizados:

5. Prueba 1: Micelio y raquis (lámina cultivada con micelio)

En esta primera prueba de exploración para generar una lámina biodegradable se retomó la técnica de cultivo de micelio desarrollada previamente para el empaque interior sólido, pero se adaptó a una nueva morfología: una lámina plana de aproximadamente 30×50 cm, con el objetivo de evaluar su viabilidad como material sustituto del cartón.

La base estructural fue trozos de raquis, previamente esterilizado, distribuido de forma uniforme en una bandeja metálica, la cual funcionó como molde plano. El sustrato fue colonizado con inóculo de micelio, utilizando una proporción aproximada de 2/3 de micelio por 1/3 de raquis. El cultivo fue incubado durante tres semanas en condiciones de baja luz, temperatura ambiente neutra y con ventilación moderada. Para mantener la humedad y evitar contaminación externa, se cubrió la bandeja con una doble capa: primero papel mayordomo o papel absorbente, y luego papel aluminio, con el lado opaco hacia adentro para retener mejor el calor.

Durante el proceso de colonización se observaron signos positivos de actividad micelial, como el crecimiento de hifas blancas densas y la aparición de un cuerpo fructífero de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), el cual fue cuidadosamente retirado para no interrumpir el crecimiento del micelio. Esta evidencia demostró que el raquis puede ser un sustrato viable para la proliferación micelial, lo cual representa un hallazgo clave para las conclusiones del proyecto.

No obstante, la estructura final no fue funcional como lámina: al momento de desmoldar, se evidenció que el material era excesivamente grueso, con una cohesión deficiente entre las partículas del raquis. El resultado era una pieza poco compacta, frágil al tacto y sin flexibilidad, lo que imposibilitaba su uso como sustituto de cartón biodegradable. Esta prueba reveló la necesidad de controlar con mayor precisión el espesor del sustrato, así como explorar técnicas de compactación mecánica o prensado durante el cultivo para lograr una lámina delgada, uniforme y funcional.



Figura 13. Prueba 1 de lámina de micelio y raquis con cuerpo fructífero de hongo ostra
Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Acercamiento de lámina de micelio y raquis con cuerpo fructífero de hongo ostra
Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Acercamiento de prueba 1 de lámina de micelio y raquis
Fuente: Elaboración propia

6. Prueba 2: Raquis triturado y maicena como aglutinante natural

Ante los resultados limitados con el micelio en forma de lámina, se diseñó una prueba alternativa utilizando solo componentes vegetales para generar una superficie similar al cartón, sin recurrir a procesos de cultivo. El enfoque se basó en combinar raquis de maíz triturado con maicena (almidón de maíz) como aglutinante natural biodegradable.

El raquis fue triturado mecánicamente en tamaños más pequeños (entre 0.5 y 1 cm) con el fin de lograr una textura más homogénea y mayor superficie de contacto entre partículas. Paralelamente, se preparó la maicena disuelta en agua y cocida a fuego medio durante aproximadamente 15 minutos, hasta obtener una mezcla viscosa tipo gel, que al enfriar adquirió una consistencia pegajosa.



Figura 16. Molino de mano y procedimiento de raquis molido

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Proceso de molido de raquis

Fuente: Elaboración propia

La mezcla se integró manualmente, logrando una pasta espesa de apariencia uniforme. Esta se vertió sobre una bandeja recubierta con papel encerado (papel wax), distribuyéndose en una capa de entre 3 y 5 mm de espesor. Se intentó acelerar el secado mediante un horno convencional a baja temperatura, pero los resultados fueron poco satisfactorios: la mezcla era demasiado densa, lo que impidió una evaporación uniforme. Además, en las zonas más gruesas, el secado fue incompleto, mientras que, en otras, la maicena comenzó a endurecerse sin unir correctamente las partículas del raquis.

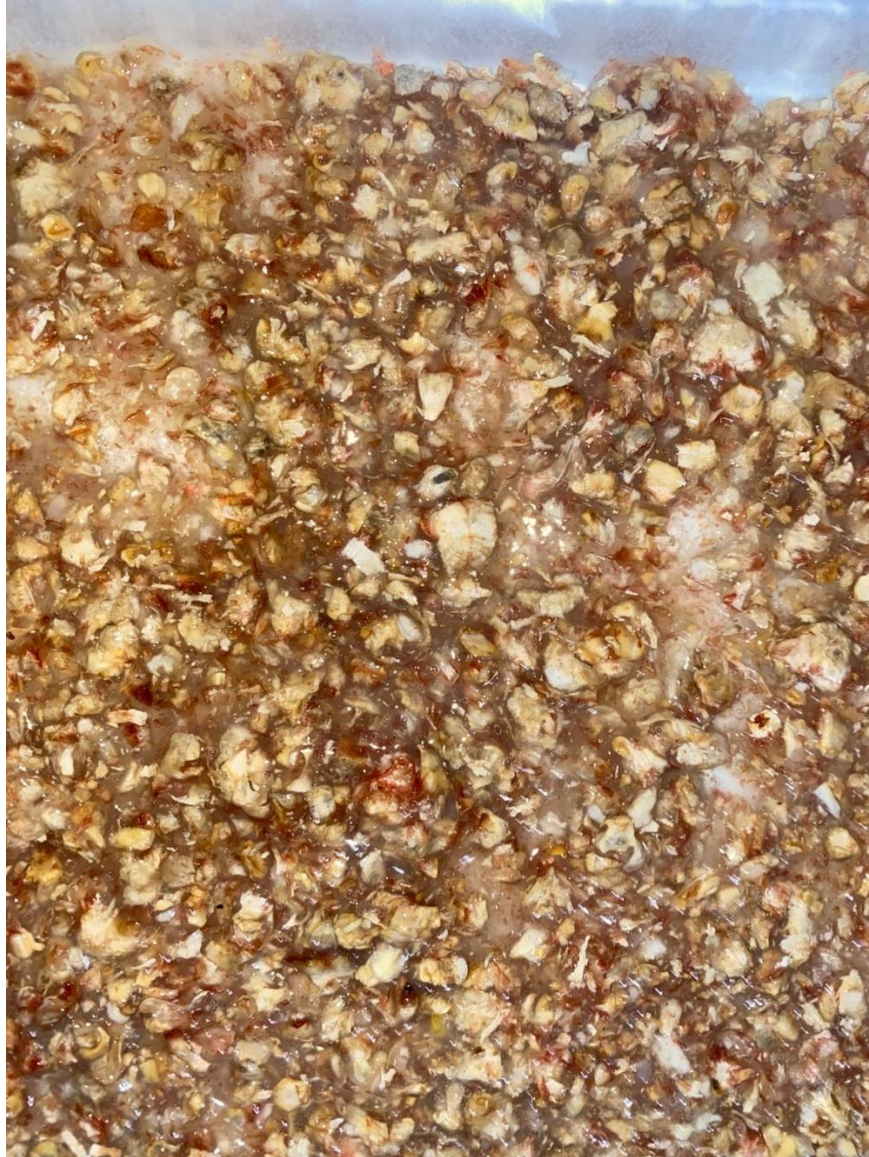


Figura 18. Preparación de mezcla de prueba 2 de lámina de raquis con maicena

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se intentó el secado solar directo como alternativa. Sin embargo, la exposición prolongada al sol endureció la superficie de la lámina, generando zonas tostadas y frágiles, mientras que el interior aún mantenía cierta humedad. La pieza final fue rígida, gruesa, quebradiza y no cumplía con los criterios mínimos de flexibilidad, uniformidad ni manipulación esperados para un material de empaque.

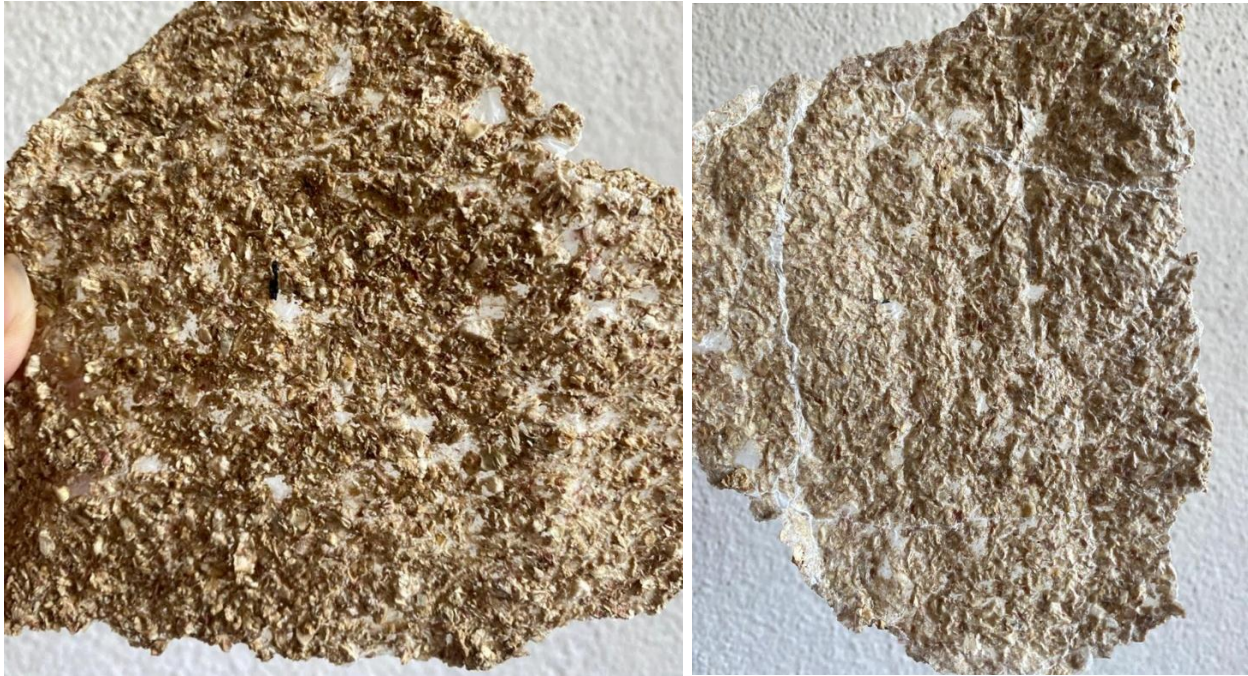


Figura 19. Resultado de prueba 2 de lámina de raquis con maicena

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba permitió identificar dos desafíos clave: por un lado, la proporción y densidad de la mezcla debe ajustarse para permitir una distribución más delgada y manejable; por otro, es necesario explorar nuevas técnicas de secado más controladas, como el secado al aire en sombra o el uso de ventiladores, para evitar deformaciones, malos olores o endurecimiento excesivo del material.

7. Prueba 3 y 3.1: Raquis triturado y yuquilla como aglutinante natural (ensayos con horno y secado a sol directo)

Durante el proceso de experimentación con biomateriales, se exploró el uso de yuquilla como aglutinante natural en combinación con raquis de maíz triturado. La yuquilla, tradicionalmente empleada en la elaboración de piñatas artesanales en Guatemala, es una pasta de almidón de yuca hervida que presenta cualidades adhesivas biodegradables. El objetivo era evaluar su efectividad como sustituto del pegamento sintético para generar una lámina flexible tipo cartón, a partir del raquis.

Primero, se molió el raquis seco utilizando un molino de mano, logrando una textura más fina y homogénea —similar al aserrín— que favorece la adhesión en láminas delgadas. Paralelamente, se preparó la yuquilla en cocina tradicional, calentando la mezcla de agua y yuquilla hasta obtener una consistencia espesa y gelatinosa. La proporción utilizada fue 1:1, es decir, partes iguales de yuquilla y raquis molido.

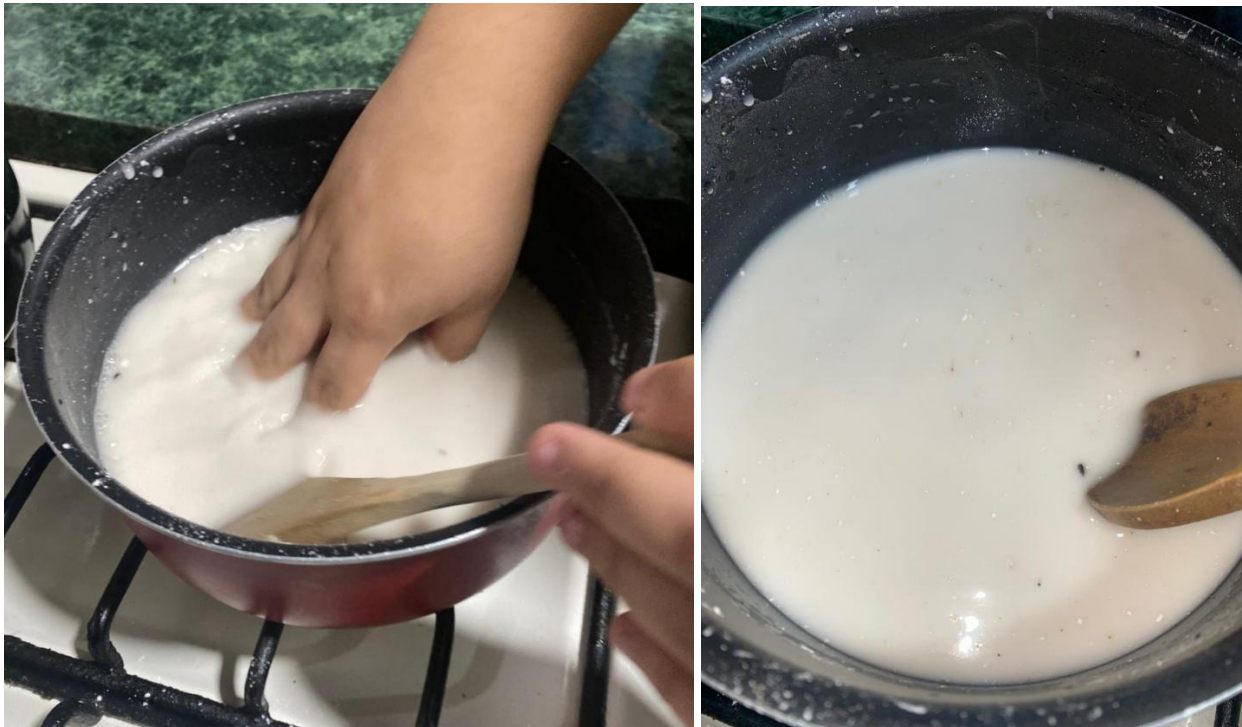


Figura 20. Preparación de yuquilla para mezcla
Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Preparación de mezcla de prueba 3

Fuente: Elaboración propia

Ensayo con horno

La mezcla se colocó sobre papel encerado en una bandeja metálica, distribuyéndose en una capa delgada. Se introdujo en un horno doméstico previamente precalentado a aproximadamente 120 °C, apagado al momento de insertar la muestra, con el fin de utilizar únicamente el calor residual y evitar exposición directa a llama o altas temperaturas. Sin embargo, este método no fue exitoso. La temperatura reblandeció nuevamente la yuquilla, licuándola y provocando que se separara del raquis en lugar de consolidarse. Esto dificultó la formación de una lámina continua. Además, el papel encerado se adhirió a la mezcla, impidiendo su desmoldeo y provocando la pérdida de la muestra. Se intentó un segundo ensayo utilizando un horno tostador para controlar mejor la temperatura, pero los resultados fueron similares: la mezcla no se cohesionó adecuadamente y el papel wax volvió a adherirse.



Figura 22. Ensayo de prueba 3 con horno

Fuente: Elaboración propia

Ensayo con secado solar directo

En un segundo intento, se reutilizó la misma yuquilla ya preparada, agregando más raquis y agua para diluir la mezcla y facilitar su distribución en capas delgadas. Esta nueva mezcla se vertió en una bandeja sobre papel encerado y se expuso al sol directo durante varias horas. El secado fue más rápido en comparación con métodos anteriores, pero el resultado fue una lámina extremadamente rígida y quebradiza, con una textura similar a una piedra seca. La alta temperatura solar y la falta de control de humedad endurecieron en exceso el material, eliminando su flexibilidad. Asimismo, al haber sido almacenada por dos días, la yuquilla fermentada generó un olor desagradable persistente en la lámina final, lo cual representa una limitación sensorial relevante para un empaque de tipo biodegradable.

Estas pruebas demostraron que, aunque la yuquilla presenta un potencial adhesivo natural interesante, su comportamiento térmico y sensorial no resulta compatible con los requerimientos de flexibilidad y neutralidad olfativa del empaque buscado. Además, se descartó el uso de hornos en futuras pruebas, ya que los cambios térmicos afectaban negativamente la estructura del biomaterial y la funcionalidad del aglutinante.



Figura 23. Vista frontal de resultado de prueba 3

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Vista posterior y lateral de resultado de prueba 3

Fuente: Elaboración propia

8. Prueba 4 (final): Raquis pulverizado, papel reciclado y maicena

Esta prueba representa el resultado más exitoso en la línea experimental para desarrollar una lámina flexible, biodegradable y de fácil replicación, capaz de sustituir materiales como el cartón comercial. La decisión de integrar papel reciclado y maicena a la base vegetal del raquis se sustentó en los hallazgos de pruebas anteriores, que evidenciaron la necesidad de un componente fibroso secundario que aportara cohesión y textura, así como un aglutinante que permitiera mantener la integridad estructural sin comprometer la biodegradabilidad del material.

Preparación de los materiales

Se inició con el triturado del raquis con un molino de mano hasta obtener una textura homogénea de partículas finas tipo serrín. En paralelo, se preparó papel reciclado artesanal: se remojaron trozos de papel usado (sin tintas industriales) en agua limpia durante 24 horas, y posteriormente se procesaron en licuadora hasta obtener una pulpa fibrosa y maleable. Este componente aportaría flexibilidad y resistencia similar al papel, a la vez que reducía el porcentaje de raquis requerido por muestra.

Por otro lado, se preparó una solución de maicena cocida como aglutinante natural. Se utilizó una taza de maicena disuelta en agua fría, llevada a fuego medio por 10 a 15 minutos hasta obtener una consistencia viscosa, tipo gel, pero no excesivamente espesa, lo que permitió su fácil integración con los otros componentes sin apelmazar la mezcla.

Proceso de conformado de la lámina

Los tres componentes —raquis pulverizado, pulpa de papel reciclado y maicena cocida— se mezclaron en un recipiente amplio, logrando una masa semiacuosa y uniforme. Se optó por una proporción aproximada de 1:1:1 en volumen, aunque se realizaron ligeros ajustes empíricos para asegurar una textura adecuada que no fuera ni demasiado líquida ni demasiado densa.

La mezcla fue extendida cuidadosamente sobre una bandeja metálica plana, formando una capa delgada de aproximadamente 2 milímetros de espesor, lo que permitió acelerar el secado sin

comprometer la manejabilidad. Para evitar el endurecimiento excesivo, la bandeja fue colocada en un espacio ventilado con sombra, sin exposición directa al sol, lo cual favoreció un secado paulatino y uniforme, evitando que la muestra se volviera quebradiza.



Figura 25. Vista frontal de prueba 4 en proceso de secado a sol indirecto

Fuente: Elaboración propia



Figura 26. Vista frontal de resultado de prueba 4

Fuente: Elaboración propia

Resultados observados

Después del secado completo, que tomó un día y medio, dependiendo de la humedad ambiental, se obtuvo una lámina plana, flexible, sin fisuras visibles y con un acabado uniforme. La textura final fue agradable al tacto, ligeramente rugosa, con un color natural entre beige y marrón, resultado de la mezcla del raquis y el papel reciclado. A diferencia de otras pruebas, no se presentaron olores desagradables ni problemas de adherencia al soporte de secado. Además, la lámina demostró resistencia básica al doblado y manipulación, manteniendo su forma sin quebrarse.

Este resultado permitió confirmar que el raquis de maíz, cuando se combina adecuadamente con papel reciclado y un aglutinante natural como la maicena, puede convertirse en una alternativa viable al cartón tradicional, adecuada para fabricar envolturas, etiquetas o elementos de empaque exterior biodegradables.

Además, los insumos utilizados son de fácil acceso y bajo costo, lo que refuerza la viabilidad técnica y económica del desarrollo a pequeña escala en contextos rurales o comunitarios.



Figura 27. Vista isométrica de resultado de prueba 4

Fuente: Elaboración propia

B. Fase 2: Diseño de prototipo de empaque

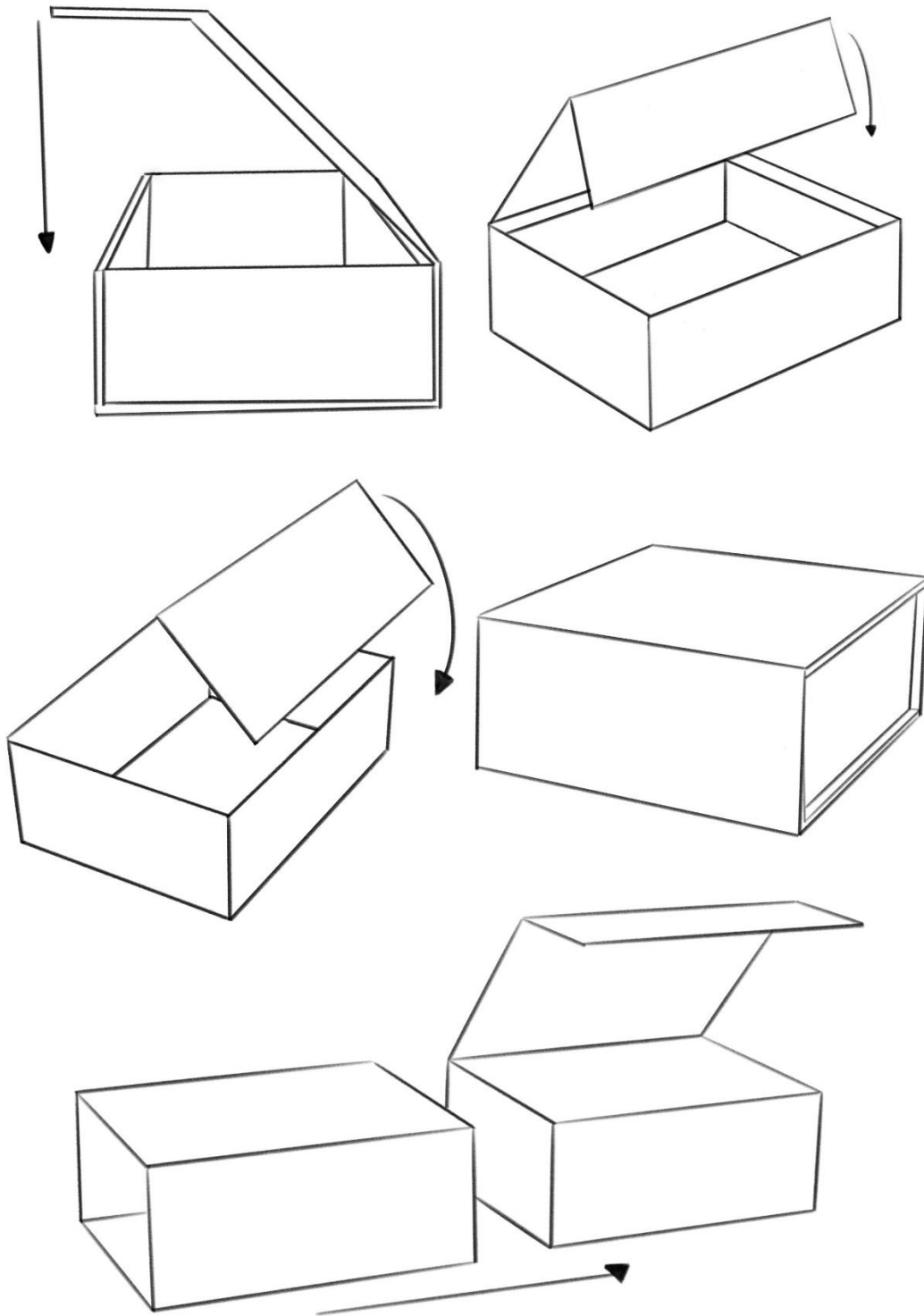


Figura 28. Bocetos de diseño de empaque exterior

Fuente: Elaboración propia

La selección del formato de empaque constituyó una decisión estratégica en el diseño del proyecto, pues debía responder de manera simultánea a criterios de protección del contenido, experiencia de apertura, producción local y coherencia estética con el material biodegradable empleado. Se optó por una caja rígida con tapa abatible unida (“hinged lid rigid box”), estilo ampliamente adoptado en empaques de alto valor como cosméticos, joyería, kits de bienestar y presentaciones de regalo, debido a su capacidad para combinar robustez, accesibilidad y percepción premium.

En términos funcionales, dicho formato permitió satisfacer tres necesidades fundamentales del desarrollo: (1) asegurar la integridad física de elementos frágiles —como una taza de cerámica y bolsitas de té— durante el transporte y presentación, (2) facilitar una estructura autoportante fabricable con tecnologías simples y en baja escala, y (3) ofrecer una experiencia de usuario enriquecida que reforzara la narrativa del kit como objeto de cuidado personal y cultura sostenible. Al emplear una tapa que abre como un libro, el empaque transformó el acto de abrirse en parte del ritual de bienvenida, creando una interacción significativa para la persona usuaria.

Desde la producción, este diseño favoreció la manufactura artesanal o semiindustrial local, al permitir que el troquel fuera obtenido a partir de una sola lámina de biomaterial plegada con solapas mínimas y sin necesidad de refuerzos metálicos internos. Esto se alinea con la filosofía de economía circular del emprendimiento y con el aprovechamiento de residuos agrícolas (raquis de maíz) como materia prima principal. Además, la estructura seleccionada facilitó la aplicación del recubrimiento externo de biomaterial (raquis, papel reciclado, maicena) como una piel continua que envuelve la caja rígida, integrando identidad, textura y funcionalidad.

Informes sobre cajas rígidas destacan que suelen tener un grosor de entre 2 a 3 mm y se ofrecen como sustituto de cartones plegables en aplicaciones premium. La suma de estos datos con la observación de la reutilización de cajas rígidas en contextos rurales (como contenedores de objetos personales) reforzó la decisión de adoptar ese formato para el presente kit.

En síntesis, la elección de la caja rígida con tapa abatible unida se estableció como la base estructural del empaque, al conjugar una fabricación viable, una presentación significativa, y una

plataforma para expresar valores de sostenibilidad, cultura y autocuidado. Estos fundamentos han quedado plasmados como piedra angular del diseño estructural que se detalla en la siguiente sección.



Figura 29. Mockup de empaque exterior

Fuente: Elaboración propia

1. Diseño estructural y dimensiones

Como se detalló en el apartado anterior, la elección de la caja rígida con tapa unida se basó en criterios tanto simbólicos como funcionales. En esta fase se desarrolló su diseño estructural, considerando las proporciones, el grosor de los materiales, la disposición del contenido y las condiciones de fabricación artesanal. El objetivo fue lograr un empaque estable, resistente y de montaje sencillo, que respondiera a los principios de sostenibilidad y aprovechamiento de biomateriales locales.

El empaque se compone de dos elementos principales: una lámina exterior elaborada a partir de raquis de maíz pulverizado, maicena y papel reciclado, con un grosor aproximado de 3 mm, y un bloque interior de micelio y raquis, moldeado para alojar una taza y amortiguar posibles impactos. En la parte inferior se destina un espacio para bolsitas de té natural, complementando el conjunto. Esta disposición modular permite optimizar el espacio interno y separar los componentes del kit según su fragilidad y función.

En cuanto a sus proporciones, la caja presenta medidas de $15 \times 15 \times 10$ cm, las cuales se ajustaron al volumen del contenido y al espesor del biomaterial. Estas dimensiones resultaron adecuadas para conservar una forma compacta y ligera, sin comprometer la estabilidad estructural. La tapa unida a la base mediante una pestaña posterior favorece una apertura limpia y ergonómica, evitando el uso de cierres adicionales o pegamentos no biodegradables.

El troquel estructural fue diseñado para simplificar el proceso de fabricación. Se desarrolló a partir de una sola superficie recortada que integra tapa, base y solapas laterales, lo que permite plegarla y ensamblarla sin desperdicio de material. Esta solución respeta los principios de economía circular y producción responsable, ya que optimiza el uso del biomaterial y facilita su replicabilidad con herramientas básicas. Además, la textura del raquis prensado otorga rigidez adicional, lo que elimina la necesidad de refuerzos internos.

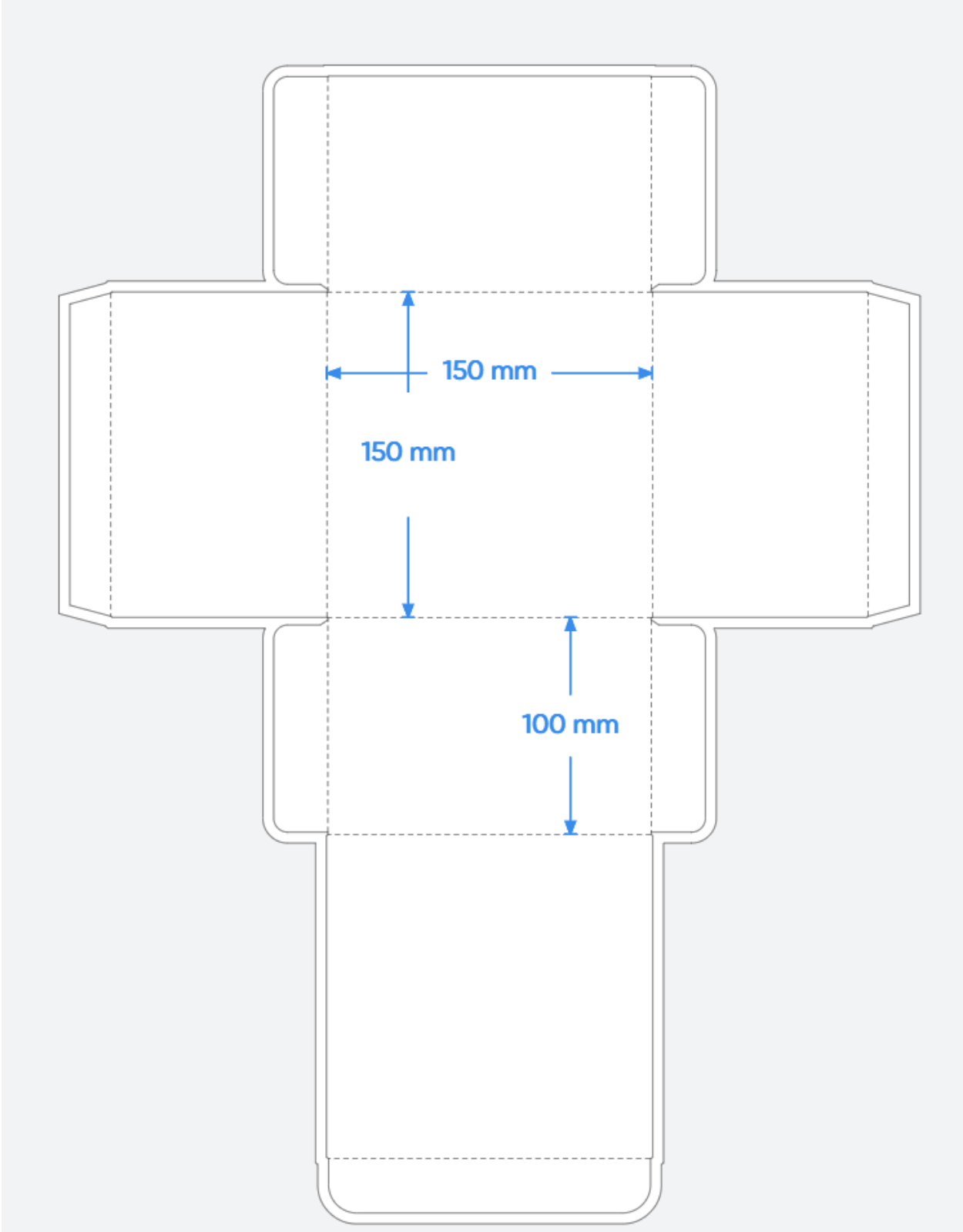


Figura 30. Troquel de caja principal

Fuente: *Elaboración propia*

2. Sistema interior de protección y organización del contenido

El sistema interior del empaque biodegradable está diseñado para cumplir una doble función: proteger físicamente los objetos frágiles del kit (como una taza) y organizar de forma visualmente atractiva y ergonómica los distintos elementos que lo componen. Este sistema está conformado por una estructura base moldeada con biomaterial (micelio y raquis de maíz).



Figura 31. Forma 1 (cilíndrica) de empaque interior de micelio y raquis de maíz

Fuente: Elaboración propia

3. Estructura base de biomaterial: protección y soporte

La estructura principal que da soporte al kit corresponde a una pieza sólida cultivada con micelio y raquis de maíz, basada en la metodología validada en la Prueba 2 de la fase experimental de biomateriales. Esta pieza tiene una dimensión aproximada de $13 \times 13 \times 5$ cm y cumple el rol de anidar con precisión una taza, asegurándola durante el transporte. Además, eleva el plano del contenido, generando un espacio oculto en la base donde se colocan las bolsitas de té natural, alineadas con el concepto de bienvenida y autocuidado.

El cultivo se realiza en un molde rígido libre de BPA, reutilizable, que permite mantener un control higiénico del proceso. El resultado es una estructura porosa, ligera y resistente, con olor neutro y textura natural, cuya forma cúbica garantiza estabilidad y amortiguación.



Figura 32. Forma 1 (cilíndrica) y 2 (cúbica) de empaque interior de micelio y raquis de maíz en contexto de uso

Fuente: Elaboración propia

4. Tapa interior o compartimento organizador

Sobre esta base, se contempla la incorporación de una tapa interior delgada elaborada también con biomaterial laminado (raquis de maíz, papel reciclado y maicena), con el propósito de generar una segunda superficie limpia, proteger visualmente la taza, y permitir la colocación de otros elementos decorativos o funcionales: tarjetas con mensaje, instrucciones de uso o elementos simbólicos. Esta lámina también puede actuar como “cierre interno” antes de abrir la caja exterior, reforzando la narrativa ritual de apertura y generando un momento de pausa y contemplación.

En lugar de usar divisores o compartimentos complejos, se apuesta por una solución modular, unificada y biodegradable, que optimiza el número de piezas y reduce el uso de adhesivos o componentes adicionales. Todo el sistema interior puede ser compostado al final de su vida útil, alineándose con el enfoque sostenible del proyecto.

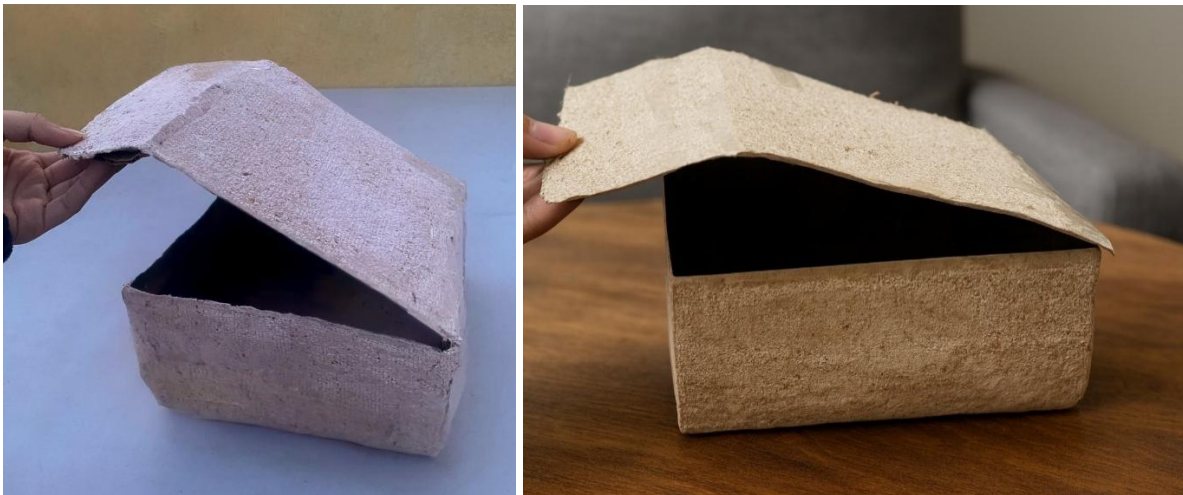


Figura 33. Prototipo y empaque final.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 34. Parte de empaque final de micelio y lámina

Fuente: Elaboración propia.

5. Criterios de diseño aplicados

El diseño del sistema interior responde a los principios de:

- Ergonomía visual y de uso: la distribución vertical de los elementos (base elevada, compartimento inferior, tapa interna) facilita una experiencia intuitiva.
- Protección física sin plástico: el micelio amortigua y estabiliza la pieza central del kit.
- Estética sensorial: el contraste de texturas entre el biomaterial sólido y el laminado aporta valor percibido y coherencia visual.
- Reducción de residuos: se eliminan componentes sintéticos y se aprovechan al máximo los recursos naturales disponibles.

C. Fase 3. Validación funcional y cultural

1. Objetivo de la validación

El propósito de esta fase fue evaluar la funcionalidad, resistencia, percepción sensorial y pertinencia cultural del empaque desarrollado, considerando tanto su estructura física (biomaterial sólido y lámina biodegradable), como su uso simbólico dentro del contexto de kits de bienvenida

para mujeres en procesos de autocuidado menstrual.

Esta validación no se limita a comprobar el rendimiento técnico del material o la forma del empaque, sino que busca entender cómo las usuarias perciben y se relacionan con el empaque desde un enfoque emocional, sensorial y simbólico.

2. Metodología de validación

La validación se planteó desde dos enfoques complementarios:

- Validación funcional del empaque

Se analizaron aspectos como la facilidad de apertura, protección del contenido (resistencia del micelio), ergonomía en el agarre y manipulación, rigidez estructural de la caja, integridad durante el secado, así como la reacción frente a factores ambientales como humedad o presión. Esta validación se realizó mediante pruebas internas en condiciones controladas, y mediante simulaciones de uso cotidiano (abrir, cerrar, mover, apilar, transportar, etc.).

- Validación cultural y perceptual (etnográfica ligera).

Debido a limitaciones de tiempo y recursos, no se realizaron encuestas estructuradas ni grupos focales formales. Sin embargo, se recurrió a retroalimentación informal con usuarias potenciales mediante la observación de sus reacciones, comentarios espontáneos y preguntas surgidas al manipular los prototipos.

Se documentaron especialmente los comentarios relacionados con la textura del material, la forma de apertura, la asociación visual con productos naturales y la respuesta sensorial al olor del biomaterial.

3. Tabla de observaciones preliminares de validación funcional y cultural del empaque

Categoría	Aspecto observado	Tipo de validación	Comentario o retroalimentación	Implicación para el diseño
Funcional	Resistencia del micelio	Observación del prototipo	El bloque interior de micelio mostró buena resistencia al peso de la taza sin deformarse.	Se confirma viabilidad como sistema de protección interna.
	Tolerancia a la humedad	Observación directa	Se presentó ligera humedad durante incubación, pero sin afectar la estructura final.	Se sugiere evaluar recubrimientos adicionales (ej. cera de abeja) en fase final.
	Ergonomía de apertura	Simulación de uso	La tapa abatible permitió un acceso intuitivo sin romper materiales.	Se valida como sistema de apertura práctico.
	Ensamblaje artesanal	Observación de fabricación	El troquel sencillo permitió armado sin maquinaria compleja.	Favorece producción local sostenible.
Cultural	Percepción simbólica	Análisis de significado	La caja tipo cofre sugiere ofrenda/tesoro, en sintonía con la cosmovisión maya.	Fortalece vínculo emocional y simbólico con el contenido.
	Materialidad natural	Observación sensorial	El color, textura y olor del empaque evocan tierra, maíz y lo ancestral.	Se refuerza la conexión cultural y sostenible del diseño.
	Tamaño del empaque	Simulación cultural	Considerado adecuado para contener objetos significativos sin exceso.	Mantiene balance entre funcionalidad y simbolismo.
Funcional/ Cultural	Olor residual del micelio	Evaluación sensorial	El olor es neutro, tipo tierra, no desagradable.	Compatible con contexto de autocuidado y bienestar.

Cuadro 2. Observaciones preliminares de validación funcional y cultural del empaque

Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Validación con prototipo de media fidelidad

Fuente: Elaboración propia

4. Resultados preliminares

Desde el enfoque funcional, se concluyó que:

- El bloque de micelio sólido con raquis (Prueba 2 del apartado 1.1) funciona eficazmente como amortiguador interno. Sus dimensiones ($13 \times 13 \times 5$ cm) permiten sujetar una taza estándar sin romperse, adaptándose a su forma.
- La lámina exterior a base de raquis, papel reciclado y maicena (Prueba 4 del apartado 1.2) mostró flexibilidad adecuada para forrar superficies rectas y curvas, además de buen comportamiento estructural bajo manipulación.
- El empaque es autoportante y no requiere refuerzos adicionales, gracias a la rigidez combinada del bloque de micelio y la caja estructurada.

Desde el enfoque cultural y sensorial, se identificaron los siguientes hallazgos:

- Las usuarias valoraron positivamente la textura terrosa del empaque, su aroma natural, y su aspecto artesanal, destacando que “se siente como algo que viene de la tierra”.
- La apertura tipo cofre fue bien recibida al asociarse con la idea de “descubrir un regalo” o una “ofrenda”, lo que refuerza el mensaje simbólico del kit.
- Algunos comentarios sugirieron incluir un instructivo breve que explique que el empaque puede compostarse o reutilizarse, para fortalecer la experiencia ecológica y educativa del producto.
- La dimensión estética y narrativa fue clave: el hecho de que los materiales provengan del

maíz (raquis), y del hongo (micelio), provocó asociaciones positivas con lo ancestral y lo natural, especialmente en mujeres vinculadas con saberes tradicionales.

5. Consideraciones éticas y sostenibles

Aunque esta fase no implicó pruebas invasivas ni cuestionarios personales, se procuró mantener un enfoque ético en todo momento. Las personas consultadas fueron informadas del propósito del proyecto y participaron voluntariamente. El enfoque se mantuvo respetuoso hacia las cosmovisiones culturales en torno al cuerpo, el autocuidado y los rituales femeninos.

D. Fase 4. Evaluación de viabilidad técnica y económica

1. Materia prima vegetal: raquis de maíz (olote)

El raquis se recolectó después del desgranado del maíz, aprovechando un residuo agroindustrial abundante en áreas rurales de Guatemala. Al no tener costo y ser considerado un desecho agrícola, su incorporación al proyecto fortalece la lógica de economía circular y reducción de residuos. Para su procesamiento, se trituró utilizando un molino de granos manual marca Corona (Colombia), cuyo costo fue de Q275.00, herramienta que permitió obtener diferentes granulometrías (desde trozos pequeños hasta una textura tipo aserrín), fundamentales para la cohesión y conformación del biomaterial en lámina.

2. Sustrato fúngico: micelio de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

El micelio se adquirió en formato de *spawn* en una presentación de 3 libras (≈ 1.36 kg) por Q105.00, equivalente a Q77.20 por kilogramo. Para el primer empaque interior se utilizaron aproximadamente 226 g, lo que representa un costo directo aproximado de Q17.45 por unidad. La selección del hongo ostra responde a su rápido crecimiento, su capacidad de unir sustratos lignocelulósicos como el raquis, y su facilidad de manejo en contextos no industriales.

3. Aglutinantes naturales y auxiliares

Maicena (almidón de maíz)

- Precio: Q5.00 por libra.
- Cantidad por lámina: ~130 g por unidad (1 taza).
- Costo por unidad: Q1.43.

Vinagre blanco

- Precio: Q6.00 por litro.
- Cantidad usada por lote de esterilización: ≈100 ml.
- Costo estimado por unidad: Q0.60.

Papel reciclado

- Costo: sin costo, proveniente de material reutilizado.
- Función: aporta fibras, textura y estabilidad estructural en la lámina exterior.

4. Herramientas y equipamiento utilizados

- Molino de granos Corona – Q275.00: esencial para triturar el raquis y obtener consistencias adecuadas.
- Ollas grandes: utilizadas para la esterilización mediante agua y vinagre.
- Bandejas metálicas y tupperwares reutilizados: moldes para cultivo y secado.
- Papel encerado (wax): evita adherencia durante el secado de láminas.
- Ventilador de escritorio: permite un secado natural más uniforme sin exposición directa al sol.
- Troqueles artesanales en cartulina o acetato: permiten diseñar la caja sin maquinaria industrial.
- Secado natural: realizado a la sombra con ventilación durante 2 a 4 días, lo cual mantiene la flexibilidad del material.

5. Tiempos de elaboración

El proceso de producción se organiza en tres etapas principales. El cultivo del micelio, que da forma al empaque interior, requiere entre 21 y 30 días, dependiendo de la estabilidad de la temperatura y la humedad, ambas cruciales para evitar contaminación microbiana. Posteriormente, la fabricación y secado de la lámina exterior toma entre 2 y 4 días, utilizando ventilación controlada para evitar fisuras o endurecimiento excesivo.

Finalmente, el ensamblaje del empaque completo —que incluye la colocación del bloque interno, el montaje de la caja y la inserción de los componentes del kit— toma de 15 a 20 minutos por unidad, haciéndolo viable para producción artesanal.

6. Consideraciones de replicabilidad y escalabilidad

El proyecto demuestra una alta viabilidad técnica y económica para su reproducción en contextos comunitarios, principalmente porque todos los insumos son de bajo costo, locales o reciclados. El proceso no requiere maquinaria industrial y puede llevarse a cabo con herramientas accesibles como ollas, bandejas y un molino manual.

Los costos principales recaen en los insumos fúngicos y algunos aglutinantes, lo cual permite mantener un presupuesto bajo por unidad y facilita la expansión del proyecto a iniciativas comunitarias, talleres de producción artesanal o emprendimientos sociales. El modelo también puede integrarse en ferias de diseño sostenible, plataformas digitales de productos ecológicos o redes de salud menstrual, reforzando su potencial de comercialización responsable.

IX. EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y SOSTENIBILIDAD

A. Impacto ambiental del empaque biodegradable

El empaque propuesto, al estar desarrollado a partir de materiales locales y residuos agroindustriales como el raquis de maíz (olote), representa una alternativa ambientalmente responsable frente a soluciones tradicionales de empaque que emplean plásticos, cartón laminado o espumas sintéticas. A diferencia de estos materiales, que pueden tardar décadas en degradarse y cuyas cadenas de suministro suelen implicar grandes huellas de carbono, el presente diseño busca insertarse dentro de un modelo circular de producción y consumo.

El micelio, cultivado sobre un sustrato de raquis esterilizado, se comporta como una alternativa a espumas plásticas como el poliestireno expandido (EPS), ofreciendo una capacidad de protección similar, pero con la ventaja de ser completamente compostable. Estudios recientes han demostrado que los biomateriales a base de micelio se degradan en un rango de 30 a 90 días bajo condiciones de compostaje doméstico, sin generar microplásticos ni residuos tóxicos (Jones et al., 2020).

Por su parte, la lámina exterior del empaque, elaborada con raquis triturado, papel reciclado y maicena como aglutinante natural, también es compostable y puede integrarse nuevamente al suelo sin impactos negativos. Además, la elección de procesos de secado natural (con ventilador de bajo consumo y sin hornos eléctricos) reduce significativamente el gasto energético de fabricación, en comparación con métodos convencionales de termoformado o impresión industrial.

El uso de recubrimientos como la cera de abeja, podría mejorar la resistencia a la humedad del empaque sin comprometer su biodegradabilidad, ya que la cera natural se degrada en condiciones aeróbicas y ha sido ampliamente utilizada en empaques sustentables como barrera hidrofóbica (Álvarez-Chávez et al., 2012).

B. Impacto social y territorial

Además del beneficio ambiental, el proyecto posee un fuerte potencial de impacto social positivo, especialmente en comunidades rurales guatemaltecas. El uso del raquis de maíz, un subproducto comúnmente considerado desecho, permite no solo valorizar un residuo local sino también incentivar prácticas de economía circular territorial, donde la materia prima no necesita ser importada ni transformada mediante procesos complejos.

Al tratarse de un proceso replicable con herramientas simples, como el molino de granos manual o moldes caseros, se vuelve viable para ser implementado en talleres familiares, redes de mujeres o cooperativas comunitarias. Esto podría contribuir a generar ingresos complementarios en zonas agrícolas, empoderar a mujeres a través del conocimiento de técnicas de biofabricación, e incentivar la creación de productos con identidad local.

Asimismo, el diseño del empaque forma parte de un kit de salud menstrual con enfoque cultural. Al visibilizar el tema del autocuidado y resignificar la menstruación como un proceso natural y valioso, el proyecto también responde a necesidades sociales de educación, dignidad y salud integral, temas especialmente relevantes en comunidades con acceso limitado a productos sostenibles o libres de tabúes.

C. Proyección futura y mejoras potenciales

En cuanto a mejoras, el proyecto contempla una serie de ajustes técnicos y estratégicos para aumentar su eficiencia y escalabilidad:

- **Mejora de propiedades físicas:** se propone experimentar con recubrimientos naturales como la aceites vegetales o barnices biodegradables a base de goma laca, que puedan ofrecer mayor resistencia a la humedad sin comprometer la compostabilidad del material.
- **Desarrollo de manuales comunitarios:** como parte de su potencial de réplica, se planea la creación de fichas o manuales ilustrados para la producción del biomaterial y armado del empaque, facilitando su implementación en talleres locales, ferias escolares o

cooperativas rurales.

- **Validación ampliada con usuarias:** en fases futuras se contempla una ronda de validación más amplia con usuarias y comadronas, quienes podrían retroalimentar aspectos como la funcionalidad, facilidad de apertura, percepción estética y resonancia simbólica del diseño.
- **Escalabilidad artesanal:** aunque el modelo es actualmente artesanal, se considera viable su escalamiento mediante microtalleres productivos que mantengan el enfoque manual, pero aumenten la capacidad de producción para eventos institucionales, kits corporativos o exportación ética.

D. Conclusión del capítulo

La propuesta de empaque biodegradable desarrollada a partir de micelio y raquis de maíz demuestra una viabilidad técnica, económica, ambiental y social considerable. Lejos de ser una solución aislada, constituye un ejemplo replicable de bioinnovación centrada en el territorio, la salud integral y la economía circular.

Su alineación con múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fortalece su relevancia como solución integral ante los retos contemporáneos. En particular, se vincula con el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, al fomentar el desarrollo de materiales alternativos sostenibles con base científica y enfoque local, y el ODS 12: Producción y consumo responsables, al promover el uso de residuos agroindustriales y ciclos de vida que reducen el impacto ambiental.

Así, la propuesta no solo responde a criterios técnicos y ecológicos, sino que también reivindica saberes, materiales y estéticas propias del contexto guatemalteco, integrando perspectivas ancestrales con innovación contemporánea.

X. CONCLUSIONES

El desarrollo de un empaque biodegradable a base de micelio y raquis de maíz, orientado a kits de salud menstrual con enfoque sostenible y cultural, constituye una propuesta innovadora que integra principios de diseño centrado en el usuario, biofabricación accesible, economía circular y pertinencia territorial. A lo largo del proyecto, se ha demostrado que es posible concebir un producto funcional, estético y simbólicamente potente a partir de materiales subvalorados, como el raquis/olote, y mediante tecnologías de bajo impacto.

Desde el punto de vista ambiental, la investigación confirma la capacidad del micelio (*Pleurotus ostreatus*) para formar estructuras resistentes, libres de BPA, compostables y aptas para sustituir materiales de empaque como el poliestireno expandido. A su vez, la lámina externa —compuesta por raquis, maicena y papel reciclado— aporta una solución completamente vegetal y libre de tóxicos, reduciendo la huella ecológica del producto. El proceso completo, desde la obtención de insumos hasta el secado, fue diseñado para minimizar el consumo energético, priorizando métodos manuales y naturales.

En cuanto al impacto social, el empaque propone nuevas formas de producción en entornos rurales mediante el uso de herramientas simples, conocimientos transferibles y cadenas de valor locales. La posibilidad de replicar este sistema en contextos comunitarios, a través de cooperativas o talleres artesanales, refuerza su viabilidad como modelo económico incluyente y descentralizado. Además, al formar parte de un kit menstrual, el empaque trasciende su función contenedora y se convierte en un vehículo narrativo y cultural que resignifica el autocuidado desde una perspectiva ancestral y feminista.

En términos de viabilidad técnica, los materiales utilizados demostraron comportarse adecuadamente bajo condiciones controladas de cultivo, secado y ensamblaje. La estructura interior de micelio cumplió su función como elemento de protección, y la lámina exterior demostró integridad estructural con un espesor de aproximadamente 3 mm. El troquel diseñado para la caja —tipo rígida con tapa abatible— respondió a necesidades de ergonomía, facilidad de fabricación y experiencia de apertura. Todo el proceso fue documentado con criterios reproducibles, lo que

facilita futuras iteraciones o adaptaciones.

Finalmente, en el plano del diseño, se logró una propuesta coherente en forma, función y narrativa. El empaque comunica sostenibilidad, cuidado y conexión con el entorno, respetando códigos visuales sobrios y materiales sensoriales. Su geometría simple, su textura natural y su estructura modular permiten que el objeto sea funcional, pero también evocador: una especie de ofrenda que contiene un mensaje, una bebida y un ritual.

A. Limitaciones y oportunidades futuras

Si bien los resultados alcanzados son significativos, el proyecto también enfrentó ciertas limitaciones que abren oportunidades para futuras mejoras. Por ejemplo:

- **Tiempo de cultivo del micelio:** aunque se logró un crecimiento adecuado en 21–30 días, el proceso es sensible a variables ambientales como la humedad, la temperatura o la contaminación. Se recomienda explorar métodos de aceleración del crecimiento o técnicas de aislamiento fúngico más eficientes.
- **Resistencia a la humedad:** aunque el biomaterial soporta manipulación en seco, su comportamiento en ambientes húmedos o bajo exposición prolongada aún requiere mejoras. La incorporación de recubrimientos naturales como cera de abeja, goma laca o emulsiones vegetales biodegradables puede extender la vida útil del empaque sin comprometer su compostabilidad.
- **Escalabilidad artesanal:** actualmente el modelo está diseñado para producción limitada. Para expandir su alcance, será necesario optimizar tiempos, formatos y establecer alianzas con talleres locales, cooperativas o programas de incubación productiva con perspectiva de género.

XI. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos y aprendizajes obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para fortalecer el alcance e impacto del proyecto:

- **Establecer alianzas con organizaciones de economía social:** conectar con redes de mujeres rurales, cooperativas agrícolas, instituciones académicas o iniciativas de innovación abierta que puedan adoptar o adaptar el modelo productivo en sus contextos.
- **Incluir indicadores de impacto:** si el proyecto escala, será importante definir indicadores cuantitativos y cualitativos que midan su impacto ambiental, social y económico (por ejemplo: cantidad de residuos agroindustriales revalorizados, número de kits distribuidos, talleres comunitarios replicados, etc.).
- **Documentar el proceso como guía abierta:** generar un manual descargable o plataforma visual (tipo instructivo o video-tutorial) que permita a otras personas replicar el proceso en distintas regiones, fomentando el acceso libre al conocimiento.

A. Reflexión final

Este proyecto no solo plantea una solución a un problema técnico de empaque, sino que se inscribe en una corriente más amplia de diseño regenerativo y culturalmente situado, donde los materiales no son neutros, los residuos son oportunidades y los objetos son portadores de significados. En un mundo saturado de envoltorios desechables, diseñar un empaque que se cultiva, se transforma y luego vuelve a la tierra es una acción radical. Una forma de resistencia y de memoria. Y también, quizás, una semilla.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M. (2024). *Plantas ancestrales, una opción natural para la salud de las mujeres — RUDA. RUDA.* <https://www.rudagt.org/temas/plantas-ancestrales-una-opcin-natural-para-la-salud-de-las-mujeres>
- Álvarez-Chávez, C. R., Edwards, S., Moure-Eraso, R., & Geiser, K. (2012). *Sustainability of bio-based plastics: general comparative analysis and recommendations for improvement.* *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.003>
- Comunicación Social MINECO (2024). *Estrategia para promover el emprendimiento e innovación.* <https://mineco.gob.gt/estrategia-para-promover-el-emprendimiento-e-innovacion>
- Contreras, S. (2021). *Gabinete de Desarrollo impulsa Política Nacional de Comadronas.* *Ministerio De Desarrollo Social De Guatemala.* <https://www.mides.gob.gt/gabinete-de-desarrollo-impulsa-politica-nacional-de-comadronas/>
- Escudero, P. (2024). *UNICEF reconoce la importancia de la labor de más de 5,600 Comadronas Promotoras de Lactancia Materna.* <https://www.unicef.org/guatemala/comunicados-prensa/unicef-reconoce-la-importancia-de-la-labor-de-m%C3%A1s-de-5600-comadronas-promotoras>
- Farfán, M. (2025). *El Decreto 4-2025 dignifica a las comadronas en Guatemala.* <https://www.agenciaocote.com/blog/2025/03/07/el-decreto-4-2025-dignifica-a-las-comadronas-en-guatemala/>
- Figueredo, A. & Chowdhury, R., (2019). *Conceptualization of community-based entrepreneurship: A case study of Ecofiltro in Guatemala.* <https://doi.org/10.21825/ewopinpractice.87116>
- Gutiérrez, A., Hernández, J. (2024). *Empaques hechos de hongos: Una alternativa ecológica al poliestireno.* <https://revistaibio.com/ojs33/index.php/main/article/view/203/210>
- Jones, M., Bhat, T., Kandare, E., & Thomas, A. (2020). *A review of fungal mycelium material as a biobased fire retardant material.* *Industrial Crops and Products*, 144, 112090.

https://www.researchgate.net/publication/380714508_A_review_of_recent_advances_in_fungal_mycelium_based_composites

- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., & John, S. (2019). *Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review*. *Materials & Design*. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108397>
- López, A., & Salas, J. (2022). *Desarrollo de biomateriales con micelio: Aplicaciones en packaging y diseño sustentable*. *Revista Diseño & Futuro*, 14(2), 44–59.
- Noticias Organización Mundial de la Salud. (2025). *Cada persona consume más de 50.000 partículas de plástico al año*. <https://news.un.org/es/story/2025/06/1539146>
- Organización Panamericana De La Salud. (2023). *Fortaleciendo Vínculos: Comadronas y el Sistema de Salud en Guatemala*. <https://www.paho.org/es/noticias/8-12-2023-fortaleciendo-vinculos-comadronas-sistema-salud-guatemala>
- Sánchez, C. B., Mendoza, T. V., Lecaros, C., Gordon, P., & Rodríguez, E. C. (2024). *Ecosistema del emprendimiento por oportunidad en Guatemala*. <https://doi.org/10.18235/0013284>
- Scuriatti, M., & Solorzano, F. P. (2024). *Las comadronas, actoras clave para nacer, vivir y crecer sano en Guatemala*. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/las-comadronas-actoras-clave-para-nacer-vivir-y-crecer-sano-en-guatemala>
- Shin, H., Ro, H., Kawauchi, M., & Honda, Y. (2025). *Review on mushroom mycelium-based products and their production process: from upstream to downstream*. *Bioresources and Bioprocessing*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-024-00836-7>
- Soto, M. A. Díaz, N. E. et al. (2023). *Aprovechamiento Del Raquis Del Maíz (Zea Mays) Para La Elaboración De Un Biopolímero*. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6406/9773>
- Tay, K. (2025). *U.S. Department of Agriculture. Grain and feed annual: Guatemala 2024 (No. GT2025-0005)*. *Foreign Agricultural Service*. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain+and+Feed+Annual_Guatemala+City_Guatemala_GT2025-0005.pdf

Ukpanah, I. (2024). *Is cardboard bad for the environment? Stats, facts and trends.*
<https://www.greenmatch.co.uk/blog/is-cardboard-bad-for-the-environment>

XIII. ANEXOS

Anexo 1. User persona de usuaria potencial



MARTA CRUZ

Diseñadora gráfica
freelance

"Lo personal es político, y el
diseño también."

Edad: 27
Sexo: Mujer
Estudios: Diseño
Localización: Antigua
Guatemala
Estado Civil: Soltera

BIOGRAFÍA:

Marta cree firmemente que cada objeto comunica y, por ello, elige consumir y crear productos que hablen desde lo ético, lo natural y lo cultural. Está constantemente en búsqueda de marcas que integren sostenibilidad, identidad local y buen diseño. Participa en círculos de mujeres, ferias artesanales y redes de diseñadores independientes donde promueve una visión del diseño como herramienta de cambio.

OBJETIVOS:

- Cuidar su cuerpo de manera natural y respetuosa.
- Apoyar iniciativas que promuevan la sostenibilidad y el comercio justo.
- Compartir y recomendar productos que reflejen sus valores.

PERSONALIDAD:

Extrovertida

Introvertida

Emocional

Pensativa

Intuitiva

Poco observadora

FRUSTRACIONES:

- La mayoría de empaques de productos sostenibles aún contienen plástico.
- Poca representación de Guatemala en el diseño de productos.
- Falta de opciones accesibles que conecten lo artesanal con lo funcional.

INTERESES:

Está interesada en la salud menstrual libre de tabúes, desde un enfoque natural.

MARCAS FAVORITAS:

Borcelle, Ensigna, Ropa moderna, etc.

Anexo2. Mapa de empatía – Perfil de usuaria potencial: Andrea López (27 años)



PIENSA Y SIENTE

- Quiere consumir con conciencia.
- Valora el diseño estético pero también el ético.
- - Le molesta que lo "eco" aún sea exclusivo o poco local.
- Se siente identificada con propuestas con raíz cultural.

VE

- Packaging biodegradable, diseño local, storytelling visual.
- Proyectos que visibilizan a comadronas y saberes ancestrales.

ESCUCHA

- Podcasts sobre feminismo, sostenibilidad y diseño ético.
- Opiniones de otras mujeres sobre productos para el ciclo.
- Consejos de influencers ecofeministas.

DICE Y HACE

- Comparte en redes marcas con propósito.
- Pregunta por los ingredientes o materiales de los productos.
- Participa en ferias de diseño y círculos de mujeres.
- Recomienda emprendimientos sostenibles a su comunidad.

DOLORES

- Le incomoda que muchos productos eco aún usen empaques con plástico oculto.
- Siente que la mayoría de alternativas sostenibles no están pensadas para su contexto cultural.
- Le cuesta encontrar marcas que combinen lo estético, lo funcional y lo ancestral.
- Experimenta desconfianza frente a marcas que se apropian de lo "natural" sin trasfondo.

BENEFICIOS

- Encuentra un empaque que realmente es biodegradable, sin comprometer diseño.
- Se identifica con un producto que visibiliza a mujeres como las comadronas.
- Se siente parte de una red de consumo consciente con raíces locales.
- Valora que su compra apoya tanto al medio ambiente como a saberes ancestrales.

Anexo 3. Capturas del formulario de validación aplicado a usuarias potenciales

Objetivo del formulario: recopilar opiniones y percepciones de usuarias potenciales sobre el diseño, la funcionalidad, la estética y la experiencia de uso del empaque biodegradable elaborado con micelio y raquis de maíz. Las respuestas fueron utilizadas para validar el prototipo desde un enfoque funcional, sensorial y simbólico.

Descripción: el formulario incluyó preguntas cerradas, de opción múltiple y abiertas. Su aplicación permitió explorar aspectos como: facilidad de apertura, percepción sensorial del material (textura, olor, color), tamaño y forma del empaque, así como su asociación con valores de sostenibilidad, naturaleza y salud menstrual.

Se presentan las capturas de pantalla del formulario completo, tal como fue aplicado.

Validación Empaque

Hola, soy estudiante de Diseño de Producto e Innovación en la Universidad del Valle de Guatemala. Actualmente desarrollo mi proyecto de grado enfocado en el **diseño de un empaque biodegradable hecho a base de micelio (hongo) y raquis de maíz**, con un enfoque funcional, sostenible y culturalmente contextualizado.

Este formulario tiene como objetivo recopilar opiniones que me permitan mejorar la forma, materialidad y funcionalidad del empaque, así como su experiencia de uso y postuso (compostaje, reutilización, etc.).

Tomará solo unos minutos.

Tus respuestas serán fundamentales para validar el diseño final del empaque.

¡Gracias por tu tiempo y por apoyar la investigación local y sostenible! 🌱

Sección 1

DATOS GENERALES

1. Edad *

- 18 - 24 años
- 25 - 34 años
- 35 - 44 años

2. Vives en una zona... *

- Urbana
- Rural
- Semiurbana

DISEÑO DE EMPAQUE

3. ¿Qué te transmite a primera vista el empaque? *

- Se ve natural
- Es atractivo visualmente
- Me parece artesanal
- Tiene apariencia rústica
- Otras

4. ¿Qué tan importante es para ti que el empaque esté hecho con pocos recursos naturales? *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

No me importa Muy importante

5. ¿Qué opinas sobre la textura material? *

- Agradable
- Muy rugosa
- Suave
- Otras

6. ¿Qué opinas sobre el olor del material? *

- Natural/Tipo tierra
- Desagradable
- No tiene olor
- Otras

7. ¿Qué opinas sobre el color del material? *

Coherente con lo natural

Muy opaco

Me gustaría en otro tono

Otras

8. ¿Qué tan fácil te resultó abrir el empaque? *

Muy fácil

Fácil

Un poco difícil

Difícil

9. ¿Te parece que el contenido está bien protegido? *

Sí, todo está seguro

Más o menos, pero podría mejorar

No mucho, me preocupa que algo se dañe

Otras

10. ¿Qué te pareció el tamaño y la forma del empaque? *

Adecuado y funcional

Muy grande

Muy pequeño

Difícil de manipular

Otras

11. ¿Sientes que el empaque comunica que es un producto natural o ecológico? *

- Sí
- No
- No estoy segura

12. ¿Crees que este tipo de empaque puede reemplazar uno convencional (cartón/plástico)? *

- Sí
- Tal vez con ajustes
- No

13. ¿Qué mejorarías del diseño o material si pudieras hacer ajustes? *

Escriba su respuesta

14. ¿Te sentirías cómoda comprando o regalando un kit con este tipo de empaque? *

- Sí
- Tal vez
- No

15. Comentarios adicionales que quieras compartir: *

Escriba su respuesta

Nota: el formulario se aplicó a mujeres entre 21 y 42 años, identificadas como posibles usuarias del kit de salud menstrual natural. Su retroalimentación fue clave para identificar ajustes necesarios en el diseño final.

Anexo 4. Guía de entrevista para comadronas (validación cultural del empaque y pertinencia simbólica)

Objetivo: recoger apreciaciones culturales y simbólicas sobre el empaque propuesto, desde la perspectiva de mujeres comadronas con experiencia en el uso y acompañamiento de prácticas de salud menstrual tradicional.

Perfil de participantes: comadronas activas en comunidades rurales, con conocimiento sobre plantas medicinales, autocuidado femenino y ritualidad menstrual.

Preguntas orientadas

1. ¿Qué piensa al ver este empaque? ¿Le parece apropiado para un producto de salud menstrual?
2. ¿El material (micelio y raquis/olote) le resulta familiar o le recuerda algo de su comunidad?
3. ¿Cree que este tipo de presentación es respetuosa con las tradiciones y el cuidado del cuerpo femenino?
4. ¿Qué significado le da usted a la forma del empaque (tipo caja/cofre)?
5. ¿Considera que es importante que los empaques se hagan con materiales naturales y de la tierra? ¿Por qué?
6. ¿Se imagina entregando este kit a una joven o mujer en su comunidad? ¿Le parecería útil o simbólico?
7. ¿Qué cambiaría o recomendaría para que este empaque sea mejor recibido en su comunidad?
8. ¿Ve alguna relación entre el uso de este empaque y las prácticas ancestrales de cuidado menstrual que usted conoce o ha enseñado?

Nota: la entrevista se condujo con apoyo visual y manipulación directa del empaque, adaptando el lenguaje según el contexto cultural y lingüístico de cada participante.