



Desarrollo Sostenible de Envases Biodegradables a partir de la Cascarilla del Arroz

Clara Lucia Casallas Rubiano

Luz Ángela Umbarila Gil

Sergio Fernando Torres Sierra

Facultad de Ingeniería, Universidad EAN

Proyecto de Integración

Ingeniero Emanuel Elberto Ortiz Ruíz

19 de mayo del 2024

1. Resumen Ejecutivo

El proyecto propone una estrategia sostenible para utilizar la cascarilla de arroz como alternativa eco-amigable a los envases plásticos de un solo uso. Se enfoca en generar valor a partir de este subproducto de la industria arrocera local, proponiendo la fabricación de envases biodegradables, como platos, en cumplimiento con las normativas de inocuidad alimentaria. El objetivo es aprovechar un recurso renovable subutilizado y promover prácticas de gestión sostenible de residuos en el sector arrocero, reduciendo así los impactos ambientales negativos asociados a los plásticos derivados del petróleo. La obtención de la cascarilla y las pruebas del prototipo se realizarán en el km 17 vía Yopal-Pore Vereda La Niata. Se aprovecharán las cualidades intrínsecas de la cascarilla, como su alta concentración de celulosa y lignina, para la creación de estos envases. La metodología incluye investigación, evaluación de técnicas de transformación, desarrollo de prototipos y pruebas para garantizar su funcionalidad y calidad. Además, se realizará un análisis de viabilidad económica y ambiental para asegurar que la solución propuesta sea sostenible y escalable.

Palabras clave: cascarilla de arroz, envases biodegradables, gestión sostenible de residuos, inocuidad alimentaria, celulosa, lignina, prototipo, viabilidad económica, viabilidad ambiental

Abstract

The project proposes a sustainable strategy to use rice husks as an eco-friendly alternative to single-use plastic packaging. It focuses on generating value from this byproduct of the local rice industry, proposing the manufacturing of biodegradable packaging, such as plates and

glasses, in compliance with food safety regulations. The objective is to take advantage of an underutilized renewable resource and promote sustainable waste management practices in the rice sector, thus reducing the negative environmental impacts associated with petroleum-derived plastics. Obtaining the shell and testing the prototype will be carried out at km 17 via Yopal-Pore, La Niata path. The intrinsic qualities of the husk, such as its high concentration of cellulose and lignin, will be used to create these containers. The methodology includes research, evaluation of transformation techniques, development of prototypes and tests to guarantee their functionality and quality. In addition, an economic and environmental feasibility analysis will be carried out to ensure that the proposed solution is sustainable and scalable.

Keywords: rice husk, biodegradable packaging, sustainable waste management, food safety, cellulose, lignin, prototype, economic viability, environmental viability

Tabla de contenido

1. Resumen Ejecutivo	2
----------------------------	---

Abstract.....	2
Introducción.....	8
2. Objetivos.....	10
3.1 Objetivo General.....	10
3.2 Objetivos Específicos.....	10
3. Definición del Problema.....	10
5. Justificación.....	12
6. Análisis de Requerimientos.....	13
6.1 Materia prima.....	14
6.2 Proceso de producción.....	14
6.3 Características del envase.....	15
6.4 Normativas y regulaciones.....	15
6.5 Análisis de mercado.....	16
8. Análisis de Restricciones.....	20
8.1 Disponibilidad y Calidad de la Materia Prima.....	21
8.2 Factibilidad Técnica.....	22
8.3 Comparación con Soluciones Previas.....	22
8.5 Adaptabilidad y Mejora Continua.....	23
8.7 Restricciones Legales.....	25
8.8 Restricciones Económicas.....	26

8.9 Restricciones de Salud y Seguridad.....	27
9. Metodología para la selección y desarrollo de la solución.....	29
9.1 Investigación y análisis de viabilidad.....	29
9.2 Diseño del proceso de producción.....	30
9.3 Desarrollo de prototipos.....	32
9.4 Pruebas y optimización.....	32
9.5 Análisis de mercado y demanda.....	69
9.6 Análisis de impacto ambiental.....	70
9.7 Implementación y seguimiento.....	71
10. Análisis de costos.....	74
11. Diapositivas de Proyecto.....	76
12. Conclusiones.....	76
13. Referencias.....	79

Tabla de Ilustraciones

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de envases biodegradables a partir de cascarilla de arroz. Elaboración propia.....	31
Figura 2. Cascarilla de arroz sin moler. Fotografía propia.....	34
Figura 3. Cascarilla molida con malla de 4 micras. Fotografía propia.....	34
Figura 4. Cascarilla molida con tamaño de malla de 1 micra. Fotografía propia.....	35

Figura 5. Gramera Digital. Fotografía propia.....	35
Figura 6. Aglutinante a partir de almidón de yuca. Toma de fotografía propia.....	36
Figura 7. Aglutinante a partir de almidón de maíz. Toma de fotografía propia.	36
Figura 8. Molde #1 ovalado. Toma de fotografía propia.....	37
Figura 9. Vista superior de molde #2 circular con altura menor. Toma de fotografía propia	37
Figura 10. Vista de perfil de molde #2 circular con menor altura. Toma de fotografía propia ..	38
Figura 11. Vista superior de molde #3 circular con altura mayor. Toma de fotografía propia. ..	38
Figura 12. Vista de perfil del molde #3 circular con mayor altura. Toma de fotografía propia .	39
Figura 13. Báscula para pesar cascarilla cruda. Toma de fotografía propia	39
Figura 14. Mallas de cernido. Toma de fotografía propia.	40
Figura 15. Molino de martillos. Toma de fotografía propia.	41
Figura 16. Vista interior de molino de martillos. Toma de fotografía propia.	42
Figura 17. Medición de 160 gramos de cascarilla cernida en malla de 4 micras para prueba #1. Toma de fotografía propia.....	43
Figura 18. Medición mezcla 75 gramos de almidón de yuca y 50 gramos de almidón de maíz. Toma de fotografía propia.....	43
Figura 19. Mezcla resultante de prueba #1. Toma de fotografía propia.	45
Figura 20. Medición mezcla 100 gramos de almidón de yuca con 40 gramos de almidón de maíz. Toma de fotografía propia.	45
Figura 21. Medición de 160 gramos de cascarilla cernido en malla de 1 micra. Toma de fotografía propia.....	46
Figura 22. Prueba #1 de aglutinantes de almidón, previa a calentamiento	47
Figura 23. Prueba #1 con mezcla de 75 gramos de almidón de yuca, 50 gramos de almidón de maíz, 415 mL de agua	48

Figura 24. Prueba #2 de aglutinante, donde la mezcla se compone de 60 gramos de almidón de yuca, 40 gramos de almidón de maíz y 400mL de agua	49
Figura 25. Mezcla con aglutinante prueba #2 adicionando a la mezcla inicial más 160 gramos de cascarilla de tamaño de 1 micra	50
Figura 26. Medición de masa 40 gramos de goma xantana para prueba #3	51
Figura 27. Medición de volumen de agua relacionado a 200mL	52
Figura 28. Mezcla del aglutinante xantana más agua a temperatura ambiente	53
Figura 29. Prueba de acción con aglutinante artificial más cascarilla de 1 micra, con un tiempo de 50 minutos a 200°C.....	54
Figura 30. Envase biodegradable a partir de molde #2	55
Figura 31. Envase biodegradable resultante a partir de molde #3. Superficies irregulares y daños al momento de desmoldar.....	55
Figura 32. Envase biodegradable a partir de molde #1.	56
Figura 33. Envase biodegradable, vista de perfil a partir de molde #2. Toma de fotografía propia	56
Figura 34. Mezcla con aglutinantes con 20 gramos de xantana, 20 gramos maíz y 10 gramos de yuca.....	57
Figura 35. Mezcla 50 gramos de cascarilla de 4 micras.....	58
Figura 36. Mezcla de cascarilla de arroz de 1 micra	58
Figura 37. Mezcla resultante, donde se evidencia que no es apta para llevar a moldes	59
Figura 38. Mezcla de 50 gramos de aglutinante en polvo goma de xantana	61
Figura 39. Mezcla de 200 gramos de cascarilla de 1 micra para prueba #4	62
Figura 40. Volumen de 200mL de agua para mezcla en prueba #4	62
Figura 41. Resultado de mezcla anterior, es una mezcla maleable.....	63

Figura 42. Envase biodegradable a partir de molde #2 en prueba #4.....	63
Figura 43. Envase biodegradable a partir de molde #1 en prueba #4.....	64
Figura 44. Envase biodegradable a partir de prueba con molde #1	64
Figura 45. Envases biodegradables resultantes para moldes 1, 2 y 3	65
Figura 46. Envase biodegradable a partir de molde #3 para prueba #4.....	65
Figura 47. Ficha técnica de prototipo 1. Elaboración propia.....	66
Figura 48. Ficha técnica prototipo 2. Elaboración propia.	67
Figura 49. Ficha técnica prototipo 3. Elaboración propia	68

Introducción

El cultivo mundial de arroz desempeña un papel fundamental en la alimentación y el sustento de millones de personas, generando valiosos subproductos como la cascarilla de arroz. Hasta ahora, este recurso ha sido infrautilizado, lo que constituye un desafío tanto ambiental como económico para la industria del arroz. Sin embargo, en respuesta a la creciente conciencia sobre

la importancia de adoptar prácticas sostenibles, ha renovado interés en convertir estos residuos en recursos valiosos en la economía circular.

En el contexto del crecimiento significativo de la industria agrícola en Colombia (Encuesta de Arroz Mecanizado del DANE, 2023), se estima que en el primer semestre de 2023 el área sembrada de arroz mecanizado a nivel nacional alcanzó las 407.043 hectáreas. Esta cifra representa un aumento de 49.349 hectáreas con respecto al mismo período del año anterior, lo que equivale a un incremento del 13,8%.

Por consiguiente, este proyecto se enfoca en transformar la cascarilla de arroz en envases biodegradables como alternativa al plástico convencional. Considerando que, la cascarilla de arroz posee propiedades óptimas para producir materiales biodegradables, lo que reduce la dependencia de los plásticos derivados del petróleo y mitigar los impactos ambientales asociados.

De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, en particular el Objetivo 12, este proyecto contribuye directamente a la reducción de la contaminación por plásticos y a la protección de los ecosistemas. Además, fomenta una economía circular al utilizar un subproducto agrícola como materia prima, lo que podría generar beneficios económicos y sociales para las comunidades locales.

A través de la investigación, desarrollo de prototipos y análisis de viabilidad económica y ambiental, se busca ofrecer una solución escalable y sostenible para abordar el problema global de la contaminación por plásticos, promoviendo así un futuro más resiliente y sostenible.

2. Objetivos

3.1 Objetivo General

Implementar un proceso viable y sostenible para el aprovechamiento integral de la cascarilla de arroz, en empaques biodegradables, con el fin de reducir el impacto ambiental de los desechos plásticos y la adecuada gestión de residuos de la industria arrocera.

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los métodos existentes para transformar la cascarilla de arroz en materiales biodegradables, incluyendo técnicas de procesamiento y aplicaciones potenciales en la industria del empaque.
- Seleccionar el método más adecuado y eficiente para la transformación de la cascarilla de arroz en empaques biodegradables, considerando factores como la viabilidad técnica, la disponibilidad de materias primas y el impacto ambiental.
- Desarrollar un prototipo de empaques biodegradables utilizando el método seleccionado, optimizando los parámetros de proceso para garantizar la calidad y la eficiencia del producto final.
- Realizar un análisis de viabilidad económica que mejore el proceso de producción de empaques biodegradables a partir de la cascarilla de arroz, considerando los costos de producción, los precios de mercado y la demanda potencial de los productos.

3. Definición del Problema

El manejo inadecuado de la cascarilla de arroz plantea desafíos ambientales y económicos para la industria arrocera en Colombia. Este subproducto, generado en grandes cantidades anualmente, carece de valor económico directo y a menudo se desecha o se quema de manera inapropiada, generando impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. La eliminación incorrecta conlleva la contaminación del aire, el suelo y el agua, afectando tanto la calidad ambiental como la salud de las comunidades cercanas a las áreas de producción de arroz. Por otro lado, la falta de aprovechamiento de la cascarilla de arroz representa una pérdida económica para los agricultores y la industria arrocera en Colombia.

En la industria del empaque en Colombia, el uso generalizado de plásticos convencionales ha generado preocupaciones por sus impactos ambientales negativos y su contribución a la contaminación por plásticos, lo que ha aumentado la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y biodegradables. Aunque existen algunos materiales biodegradables disponibles, su producción a gran escala puede plantear desafíos en términos de disponibilidad de materias primas y costos. En este contexto, la cascarilla de arroz se presenta como una potencial materia prima para producir envases biodegradables en Colombia debido a su abundancia como subproducto agrícola y sus propiedades físicas y químicas adecuadas. Para transformar la cascarilla de arroz en productos biodegradables con tres prototipos tipo platos, y entregar una alternativa sustentable de productos que se manejan a diario y generan alto impacto ambiental. Sin embargo, hace falta el planteamiento de un proceso eficiente y viable para transformar la cascarilla de arroz en envases biodegradables que cumplan con los estándares de calidad y rendimiento requeridos por la industria del empaque en Colombia.

¿Cuál sería el método óptimo para transformar la cascarilla de arroz en envases biodegradables de calidad, utilizando sus propiedades y abundancia, para solucionar los problemas ambientales y

económicos derivados de su manejo inadecuado y fomentar la sostenibilidad en la industria del empaque en Colombia?

5. Justificación

La creación de envases plásticos a partir de residuos de cascarilla de arroz se justifica en diversos frentes, respaldada por una variedad de investigaciones y análisis sectoriales que abordan tanto la necesidad imperante de soluciones sostenibles como las oportunidades económicas inherentes a esta iniciativa.

En primer lugar, el creciente reconocimiento global del impacto ambiental negativo del plástico convencional ha impulsado una búsqueda activa de alternativas más sostenibles, especialmente en industrias clave como la del empaque (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018). Este contexto destaca la importancia de transformar residuos agrícolas en materiales biodegradables, lo cual, subraya la relevancia de esta dirección como una solución viable para reducir la huella ambiental de la producción de envases.

Además, la industria arrocera enfrenta desafíos significativos en términos de gestión de residuos, particularmente en regiones como Yopal, Casanare, Colombia; ya que el aprovechar subproductos agrícolas como la cascarilla de arroz para la creación de materiales biodegradables no solo aborda este problema, sino que también contribuye a una economía circular y sostenible (Chávez Porras, Á., & Rodríguez González, A., 2016).

La viabilidad técnica de utilizar la cascarilla de arroz para producir materiales biodegradables está respaldada por diversos estudios que adicionalmente, proporcionan información crucial

sobre el mercado de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz (Enmanuel, 2020), lo que respalda la relevancia comercial de esta iniciativa.

Los informes del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2023) ofrecen una visión detallada del sector arrocero en Colombia, respaldando la importancia de promover prácticas sostenibles en esta industria. Además, se destacan los beneficios ambientales y socioeconómicos del uso de cascarilla de arroz en la industria de empaques (Andrade, B. R., Rivera, M. A., & Lora Guzmán, H., 2018).

Cabe recordar que, la combinación de evidencia científica, análisis sectorial y perspectivas comerciales respalda la viabilidad y relevancia de la creación de envases plásticos a partir de residuos de cascarilla de arroz en Yopal, Casanare. Esta iniciativa se alinea con la búsqueda global de soluciones sostenibles para el problema de la contaminación plástica, al tiempo que ofrece oportunidades económicas para la industria arrocera local.

6. Análisis de Requerimientos

Para el análisis de requerimientos para el desarrollo sostenible de envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz, es importante considerar los siguientes aspectos:

6.1 Materia prima

Identificar la disponibilidad y calidad de la cascarilla del arroz como materia prima para la fabricación de los envases biodegradables. Esto implica evaluar la cantidad de cascarilla de arroz generada, su composición química y propiedades físicas. (El Campesino,2020)

6.2 Proceso de producción

Analizar el proceso de transformación de la cascarilla del arroz en envases biodegradables. Esto incluye identificar las etapas del proceso, los equipos y maquinarias necesarios, así como los parámetros de control y las condiciones ambientales requeridas. (El Campesino,2020)

La producción de los envases biodegradables de la cascarilla del arroz implica unas etapas que se enmarcan en el contexto del Desarrollo Sostenible. En primer lugar, se requiere realizar un análisis detallado de los materiales y equipos que se utilizarán en el proceso. Esto implica evaluar tanto la disponibilidad como la sostenibilidad de los materiales, asegurando que provengan de fuentes renovables y que su extracción no cause un impacto ambiental negativo.

Además, se debe considerar la eficiencia energética y la minimización de residuos durante el proceso de producción. Esto implica la implementación de tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de energía y optimicen el uso de los recursos disponibles.

Otro aspecto fundamental del proceso de producción es la gestión responsable de los residuos generados. Se deben implementar medidas para reciclar y reutilizar los residuos en la medida de lo posible, reduciendo así la cantidad de desechos que se envían a vertederos y minimizando el impacto ambiental del proceso.

En resumen, el proceso de producción de envases biodegradables desde la cascarilla del arroz se enmarca en un enfoque integral de Desarrollo Sostenible, que busca maximizar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental en toda la cadena de producción. Esto implica analizar cuidadosamente los materiales y equipos a utilizar, así como implementar prácticas y tecnologías que promuevan la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental en todas las etapas del proceso.

6.3 Características del envase

Definir las características y propiedades que deben tener los envases biodegradables, como resistencia, durabilidad, capacidad de descomposición, entre otros. Esto implica establecer estándares de calidad y especificaciones técnicas para los envases. (Enmanuel, QNK, 2020). Es importante considerar su capacidad para contener y proteger adecuadamente los alimentos que albergará. En el caso específico de los envases biodegradables desarrollados a partir de la cascarilla del arroz, deben ser lo suficientemente robustos para proteger los alimentos durante su transporte, manipulación y consumo. Además de su resistencia, es fundamental que estos envases mantengan la integridad de los alimentos sin permitir filtraciones ni deformaciones. También deben soportar las condiciones de manejo a las que puedan exponerse, manteniendo la forma y la calidad de los alimentos.

6.4 Normativas y regulaciones

Investigar las normativas y regulaciones relacionadas con los envases biodegradables, tanto a nivel nacional como internacional. Esto incluye aspectos como la certificación de biodegradabilidad, la gestión de residuos y el cumplimiento de estándares ambientales. (Enmanuel, QNK, 2020).

6.5 Análisis de mercado

Según el estudio de mercado realizado por Mordon Intellegence se considera lo siguiente: La demanda de envases biodegradables ha experimentado un aumento significativo en los últimos años debido a la creciente conciencia sobre la conservación del medio ambiente y la preferencia de los consumidores por materiales de embalaje sostenibles. Se espera que esta demanda continúe creciendo en el futuro.

Según un informe de investigación de la industria, se proyecta que el mercado de envases biodegradables alcance los 105,26 mil millones de dólares en 2024 y crezca a una tasa compuesta anual del 5,97% hasta alcanzar los 140,66 mil millones de dólares en 2029. Esto se debe a la creciente demanda de productos reciclables y biodegradables en diversas industrias de usuarios finales. (Mercado De Envases Biodegradables Insights, 2024)

Para evaluar la demanda y viabilidad comercial de los envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz. Esto implica identificar los potenciales clientes; esto puede incluir sectores como la industria alimentaria, la industria cosmética, la industria de productos de limpieza e industria de bebidas que estén dispuestos a adquirir nuestro producto, conocer sus necesidades y saber cuánto podrían pagar por nuestros envases biodegradables, analizar la competencia, estimar los costos de producción y determinar los precios de venta. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

6.6 Impacto ambiental

Evaluar el impacto ambiental de los envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz en comparación con los envases convencionales. Esto incluye analizar la reducción de residuos, la disminución de la huella de carbono y otros aspectos relacionados con la sostenibilidad. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

7. Marco de Referencia

La conciencia sobre el impacto ambiental a escala global ha aumentado mucho en las últimas décadas, lo que ha llevado a buscar alternativas sostenibles al plástico convencional, especialmente en sectores como la industria del empaque, por lo que este proyecto se enfoca en explorar el potencial de la cascarilla de arroz como una alternativa viable y sostenible para producir envases biodegradables. Para respaldar esta investigación, se analizan y se consideran fuentes relevantes que abordan la problemática de los residuos y las posibles soluciones innovadoras en la industria del embalaje, las cuales, se discuten y argumentan a continuación.

En primer lugar, un modelo de negocio detallado para la producción y comercialización de envases biodegradables basados en la cascarilla de arroz (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018). Este estudio destaca la viabilidad económica y ambiental de esta alternativa, lo que proporciona un marco sólido para la investigación actual. Además, la idea principal es explorar cómo los residuos agrícolas pueden transformarse en productos de valor agregado, lo que se alinea con la propuesta de crear envases sostenibles a partir de la cascarilla de arroz.

Mientras tanto, se exploran los avances en biotecnología ambiental, centrándose específicamente en la biorremediación de plásticos (Casas-Martínez, Y. D. P., Fuquen-Fúquene, L. T., Y Gómez-Rodríguez, A. M., 2022). La idea principal es buscar soluciones innovadoras para reducir la contaminación plástica y promover prácticas más sostenibles. Esta noción se conecta con la capacidad de resaltar la importancia de encontrar alternativas al plástico convencional, como los envases biodegradables a partir de la cascarilla de arroz, para abordar los desafíos ambientales actuales.

Asimismo, el aprovechamiento de residuos agroindustriales proporcionaría una alternativa ecológica respecto a los envases plásticos de un solo uso (Castaño Castrillón, H. D., 2020). La idea central es promover prácticas más sostenibles en la industria del empaque reutilizando materiales orgánicos, alineándose en reducir el uso de plásticos convencionales creando envases biodegradables a partir de la cascarilla de arroz.

Por otro lado, el aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica (Chávez Porras, Á., & Rodríguez González, A., 2016), destaca la importancia de promover prácticas más sostenibles en la gestión de residuos. Encontrando formas innovadoras de aprovechar los recursos naturales y reducir la generación de desechos, y mostrando a un subproducto agrícola, como materia prima para la fabricación de envases biodegradables, contribuyendo así a una gestión ambientalmente más consciente respecto a los residuos en la industria alimentaria.

Y de manera enfática, la sólida argumentación se presta, a partir de cifras del primer semestre del año pasado, (DANE, 2023), donde se muestran información relevante sobre la producción y el manejo de residuos en la industria arrocera. Aunque no se centra específicamente en la cascarilla de arroz, ofrece una visión general del panorama agrícola, incluidas las prácticas de gestión de residuos. Con cifras con las que se respalda y contextualiza el tema de desarrollo en la producción de arroz y la disponibilidad de subproductos como la cascarilla.

Cabe mencionar, la importancia de buscar alternativas sostenibles en la industria del empaque y promover prácticas de economía circular, (El Campesino, 2020), ofreciendo una guía para la reutilización de la cascarilla de arroz en la creación de envases ecoamigables. Y el siguiente paso es, realizar el estudio de mercado, con el que se obtendrá información detallada sobre la

producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz en una región específica (Enmanuel QNK, 2020).

Analizando así, las oportunidades y desafíos asociados con el presente proyecto, así como las tendencias del mercado. Investigación que será fundamental para el proyecto, ya que permitirá comprender mejor el potencial comercial de los envases biodegradables y las estrategias necesarias para su introducción en el mercado.

La gestión integral de los residuos de la industria arrocera en Colombia destaca la importancia de adoptar prácticas sostenibles, predisponiendo la generación de espacios donde se observan estrategias para aprovechar los subproductos agrícolas, con el fin de reducir la huella ambiental de la industria, contribuyendo así a una gestión más responsable de los residuos en la industria alimentaria.

La necesidad de envases sostenibles siempre ha estado latente en el día a día del consumidor, pero no se ha hecho el esfuerzo suficiente desde diferentes áreas para garantizar una implementación exitosa en la industria y la adaptación del consumidor final, quien tiene un rol importante en este sistema de economía circular, (Ibrahim, I.D. et al.,2022), dando así, la importancia de adoptar soluciones innovadoras en el embalaje. El análisis de dichas tendencias en el mercado resalta la importancia de la sostenibilidad en la industria del embalaje. Esta perspectiva contribuye a la oferta de soluciones sostenibles en el mercado.

No obstante, la búsqueda de regulación que permita poner en control de manera más rigurosa a los generadores de residuos no aprovechables y, asimismo, a los productores de plásticos de un sólo uso, (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023), donde la última resolución emitida regula el manejo de excedentes de cosecha de arroz, lo que evidencia la relevancia y el impacto económico de la industria arrocera en Colombia. Esta información es importante, ya que

permite comprender mejor el contexto regulatorio y económico en el que se desarrolla la producción de arroz y la gestión de sus residuos. Además, destaca el interés gubernamental en promover prácticas sostenibles en la industria agrícola.

La normatividad colombiana en el sector arrocero, especialmente en la gestión de residuos como la cascarilla de arroz, se ha vuelto cada vez más relevante en la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de estándares internacionales. Sobre la valorización de la cascarilla de arroz en diferentes procesos industriales ofrece una visión integral sobre el aprovechamiento de este residuo agrícola (Puerta Cortés, 2020). Este estudio contribuye a fundamentar políticas y estrategias de gestión de residuos en el sector arrocero colombiano.

8. Análisis de Restricciones

Recientemente, la gestión de residuos de alimentos ha recibido mucha atención por parte de industrias, instituciones de investigación y organizaciones nacionales e internacionales debido a su importante potencial para producir productos valiosos y controlar la contaminación ambiental. (Syed Ali Hassan et al., 2023).

Por consiguiente, al abordar el diseño y la producción de envases biodegradables, en este caso tres prototipos de platos, utilizando residuos de cascarilla de arroz como materia prima, es esencial comprender y analizar las restricciones que pueden influir en el proceso. Estas restricciones actúan como guías para delinear los límites dentro de los cuales se debe desarrollar la solución del proyecto. Además, se debe considerar los aspectos técnicos, económicos y ambientales para garantizar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto en su conjunto. A

continuación, se detallan las restricciones identificadas y su impacto en la búsqueda de la mejor alternativa.

8.1 Disponibilidad y Calidad de la Materia Prima

La bioeconomía circular, impulsada por la producción excesiva de residuos, busca generar subproductos valiosos y mejorar la sostenibilidad ambiental. La producción anual de arroz a nivel mundial supera los 750 millones de toneladas de grano y 150 millones de toneladas de cáscara, que contienen biomateriales valiosos con diversas aplicaciones (Kordi et al., 2023). La obtención de residuos de cascarilla de arroz en cantidad y calidad adecuadas para la fabricación de envases biodegradables representa una restricción significativa. Por lo tanto, es crucial evaluar tanto la disponibilidad como la idoneidad de este material para su utilización en la producción de envases.

Por consiguiente, existe la opción de adquirirla en plantas especializadas que se dedican a triturar o moler la cascarilla en diferentes calibres de mallas. Es importante destacar que el precio por tonelada de cascarilla varía según su calibre, lo cual puede influir significativamente en la viabilidad económica del proyecto. Esta variabilidad en el costo por tonelada subraya la importancia de evaluar no solo la calidad y disponibilidad de la materia prima, sino también su costo asociado en diferentes calibres, para así tomar decisiones informadas durante el proceso de fabricación de los envases biodegradables. Además, es necesario validar si es más conveniente comprar la cascarilla ya procesada o si, por el contrario, resulta más viable procesarla internamente. Esto implica tener en cuenta los costos asociados de la maquinaria y los servicios requeridos para el procesamiento interno, comparándolos con el costo de adquisición de la cascarilla ya lista para su uso. Esta evaluación permitirá tomar decisiones estratégicas que optimicen los recursos y la eficiencia del proyecto.

Por otro lado, se evaluará la aplicación de aglutinantes naturales como el almidón de maíz y yuca o un biopolímero de fermentación a base de azúcar de maíz, que es ampliamente utilizado en diferentes industrias, incluida la de alimentos.

8.2 Factibilidad Técnica

La factibilidad técnica del proceso de producción debe ser evaluada para garantizar que la solución propuesta sea viable desde el punto de vista de la ingeniería. Esto implica asegurarse de que los métodos y tecnologías utilizados sean adecuados y eficientes para la fabricación de los envases biodegradables. Además, se debe considerar la capacidad de adaptación de la maquinaria en la planta de producción para procesar los materiales de manera eficiente y cumplir con los estándares de calidad requeridos. Asimismo, se deben tener en cuenta posibles desafíos técnicos, como la compatibilidad de los materiales y la estabilidad del proceso, para garantizar la calidad y durabilidad de los envases biodegradables

8.3 Comparación con Soluciones Previas

Es necesario realizar una comparación de la solución propuesta con las soluciones previas implementadas por empresas y otros actores en el campo del diseño de envases biodegradables. Esta evaluación proporciona una visión completa de la efectividad y el impacto de las soluciones anteriores, permitiendo identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización en el diseño del proyecto. Además, al analizar detenidamente las lecciones aprendidas de experiencias pasadas, se pueden evitar posibles obstáculos y errores, y se pueden integrar las mejores prácticas en el desarrollo de los nuevos envases biodegradables, promoviendo así la innovación y la eficiencia en el proceso de diseño.

8.4 Evaluación de Alternativas

Se debe llevar a cabo una evaluación de las posibles alternativas de solución de ingeniería. Aunque no se pueden evaluar las soluciones por restricciones de tiempo y recursos, se debe buscar y seleccionar la alternativa más adecuada comparando sus ventajas y desventajas. Es importante descartar las soluciones menos favorables para evitar gastos innecesarios de tiempo y dinero. Además, se debe tener en cuenta la viabilidad técnica, económica y ambiental de cada alternativa, así como su impacto en la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. Esto garantizará que la solución seleccionada sea la más eficiente y beneficiosa para todas las partes involucradas

8.5 Adaptabilidad y Mejora Continua

A medida que se avanza en el proceso de diseño y desarrollo, es crucial mantener la flexibilidad para adaptarse a cambios y mejoras en la solución propuesta. La capacidad de reconsiderar soluciones previamente descartadas mediante variaciones y ajustes es fundamental para garantizar la competitividad y eficacia del proyecto.

Es clave relacionar a partir de los objetivos propuestos los aspectos fundamentales como, la adaptabilidad, la cual implica que cada fase del proyecto debe estar dispuesta a ajustarse y evolucionar según los objetivos planteados, permitiendo así una respuesta efectiva a los cambios del entorno y del mercado. Este enfoque asegura que cada cambio esté en línea con la visión general del proyecto, manteniendo la coherencia y la efectividad en la consecución de los objetivos organizacionales.

Considerando, estrategias para la flexibilidad en la elaboración de los productos pueden ser cruciales en la adaptabilidad del proyecto. Como menciona Lerma Kirchner (2017), estas estrategias se refieren a la disyuntiva de ofrecer el producto fabricado especialmente con respecto a las especificaciones del comprador o fabricarlo con base en especificaciones generales del mercado. Esto implica la capacidad de la organización para adaptarse rápidamente a las

preferencias y necesidades del cliente, así como a las demandas cambiantes del mercado.

Dependiendo del producto, mercado y capacidades de producción, puede ser conveniente optar por una u otra alternativa para garantizar la competitividad y eficacia del proyecto.

La mejora continua, involucra un enfoque sistemático para identificar áreas de oportunidad y realizar ajustes incrementales para optimizar el proceso y el producto final. En el campo de la fabricación, el mejoramiento continuo toma muchas formas. Como señala Ortega (2017), en la Administración y en la prestación de servicios, este campo se relaciona directamente con los procesos de elevación de la eficacia y la efectividad de los procesos, la eliminación del desperdicio y el control de los costos. Hoy en día, el proceso del mejoramiento continuo es la vía más adecuada para alcanzar estos logros; por lo menos ahora se entiende así. En los costos de las organizaciones, entre el 30% y 50% se considera que son indirectos. Según esta perspectiva, la implementación de prácticas de mejoramiento continuo en el proyecto de elaboración de envases biodegradables permite optimizar la eficiencia y la calidad del producto y contribuye a la reducción de costos y la maximización de recursos.

La adaptabilidad y la mejora continua son aspectos críticos que deben integrarse en todas las etapas del proyecto de elaboración de envases biodegradables. Al alinear estos principios con los objetivos establecidos y aprovechar la retroalimentación constante, se puede garantizar una respuesta efectiva a los cambios del entorno y una optimización continua del proceso y el producto final.

8.6 Restricciones Ambientales

La solución propuesta debe garantizar que los envases biodegradables producidos a partir de residuos de cascarilla de arroz no causen impactos ambientales negativos. Para lograrlo, es esencial cumplir con las regulaciones ambientales relacionadas con la gestión de residuos y la

producción sostenible. Esto implica respetar normativas sobre el manejo adecuado de residuos y adoptar prácticas sostenibles en el proceso de producción. Además, la extracción de la cascarilla de arroz debe realizarse utilizando procesos y prácticas adecuadas para evitar la degradación del medio ambiente local. Se deben implementar medidas de mitigación ambiental para abordar posibles emisiones de material particulado o vertimientos de aguas residuales, garantizando así que el proceso de producción sea ambientalmente sostenible y no cause daños al ecosistema.

En el análisis del impacto ambiental de los envases biodegradables de la cascarilla del arroz, es fundamental considerar su gestión de residuos posconsumo, cuyo objetivo es asegurar su adecuada disposición final en el ambiente. Como estos envases son biodegradables, se espera que se descompongan de manera natural y segura, sirviendo como abono orgánico cuando hayan cumplido su función inicial de contener y proteger los alimentos.

La gestión de los residuos posconsumo de estos envases biodegradables implica promover su disposición en entornos adecuados, donde puedan degradarse sin causar daño al medio ambiente. Idealmente, estos envases podrían ser depositados en composteras domésticas o comunitarias, donde se facilite su descomposición y se conviertan en nutrientes beneficiosos para el suelo.

Además, es importante educar a los consumidores sobre la importancia de desechar correctamente estos envases biodegradables, asegurándose de que comprendan cómo y dónde deben hacerlo para maximizar su contribución a la sostenibilidad ambiental. Esto puede implicar la implementación de campañas de concientización y la provisión de información clara sobre las opciones disponibles para la disposición de estos envases.

8.7 Restricciones Legales

Para desarrollar proyectos que requieran el uso del espacio público y de instalaciones físicas, es necesario obtener los permisos y autorizaciones correspondientes de las entidades

gubernamentales pertinentes. Por ejemplo, para instalar la planta de procesamiento, se deben cumplir con los requisitos del Plan de Ordenamiento Territorial, lo que incluye obtener el permiso correspondiente ante la autoridad competente. Es importante tener en cuenta que los requisitos y trámites pueden variar según la localidad y el tipo de proyecto a desarrollar.

Por otro lado, es importante cumplir con todas las regulaciones y normativas locales, regionales y nacionales relacionadas con la fabricación de envases, el manejo de residuos y la seguridad de los productos. Esto incluye normativas sobre el uso de materiales biodegradables y la gestión adecuada de residuos, así como estándares de seguridad y calidad para los productos fabricados.

Además, se deben obtener todos los permisos y licencias necesarios para la operación del proyecto, incluidos aquellos relacionados con la manipulación de materiales biodegradables y residuos. Estos permisos pueden abarcar aspectos como la seguridad ambiental, la salud ocupacional y la gestión adecuada de residuos peligrosos, todo esto para garantizar la legalidad y viabilidad del proyecto, así como para proteger el medio ambiente y la salud pública.

8.8 Restricciones Económicas

En este aspecto, es crucial establecer alianzas con entidades que respalden proyectos de emprendimiento ambiental, considerando la envergadura del proyecto y la necesidad de inversiones significativas para alcanzar los objetivos propuestos. La viabilidad económica del proyecto requiere evaluar los costos de producción, la inversión inicial y el potencial de retorno de la inversión.

Es esencial tener en cuenta los precios fluctuantes de los materiales y los costos de transporte al calcular el costo total de producción, junto con otros gastos operativos como los costos laborales y de mantenimiento de las instalaciones. Para asegurar la rentabilidad del proyecto, es vital realizar un análisis del mercado para identificar oportunidades de comercialización y garantizar

una demanda constante de los envases biodegradables. La innovación en diseño y funcionalidad, así como la promoción de los beneficios ambientales, pueden diferenciar los envases en el mercado y aumentar su atractivo para los consumidores.

La gestión eficiente de los recursos financieros y el aprovechamiento de oportunidades de financiamiento son fundamentales para asegurar la viabilidad económica a largo plazo. Se complementará este enfoque con un plan financiero detallado, respaldado por un simulador financiero proporcionado por la universidad. Este plan incluirá la estimación de los costos de producción mensuales y la proyección de los ingresos basados en el precio de venta y la demanda del mercado. Se calculará el flujo de efectivo neto y se determinará el capital inicial necesario. Además, se identificarán y cuantificarán todos los costos asociados con la producción de los envases biodegradables, y se analizará cómo varía el punto de equilibrio en función de diferentes factores.

Se realizará una investigación de mercado para estimar el precio de venta y la demanda potencial, calculando los ingresos potenciales mediante la multiplicación del precio de venta estimado por la cantidad proyectada de envases vendidos. Finalmente, se evaluará el retorno de la inversión comparando los ingresos proyectados con el capital inicial invertido, y se determinará el periodo de recuperación de la inversión.

El éxito del proyecto dependerá en gran medida de la capacidad para gestionar eficientemente los recursos financieros y aprovechar las oportunidades de financiamiento disponibles, asegurando así su viabilidad económica a largo plazo.

8.9 Restricciones de Salud y Seguridad

Garantizar la seguridad de los trabajadores involucrados en todas las etapas de la producción de los envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz es fundamental. Se deben

implementar medidas de seguridad adecuadas para minimizar los riesgos asociados con la manipulación de materiales biodegradables y el uso de maquinaria. Además de las medidas básicas de seguridad, como el uso de equipo de protección personal (EPP) y la capacitación adecuada en el manejo seguro de materiales y equipos, es importante realizar evaluaciones de riesgos periódicas y mantener estándares de seguridad y salud ocupacional actualizados. Esto implica identificar y mitigar posibles peligros en el lugar de trabajo, así como promover una cultura de seguridad y prevención entre todos los empleados.

Además, se deben cumplir todas las regulaciones y normativas vigentes en materia de seguridad y salud ocupacional, a nivel nacional y local. Esto incluye la implementación de protocolos de emergencia y procedimientos de respuesta a situaciones de riesgo, así como la realización de inspecciones regulares para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad. El compromiso con la seguridad y salud ocupacional no solo protege a los trabajadores, sino que también contribuye a la eficiencia y sostenibilidad del proyecto, al reducir el riesgo de accidentes y lesiones que puedan afectar la productividad y la reputación de la empresa.

8.10 Restricciones Socioculturales

La solución propuesta en el proyecto “Desarrollo sostenible de envases biodegradables a partir de la cascarilla de arroz” debe ser aceptable y apropiada para la comunidad local en términos de prácticas culturales y valores sociales. Se debe tener en cuenta el contexto sociocultural de la comunidad para garantizar que el proyecto se integre armoniosamente en su entorno.

Además de la aceptación cultural, es importante considerar el impacto potencial del proyecto en la comunidad en términos socioeconómicos. Esto incluye aspectos como la creación de empleo y el fortalecimiento de la economía local. Se deben explorar oportunidades para la contratación de

mano de obra local y el apoyo a proveedores locales, lo que puede contribuir al desarrollo socioeconómico sostenible de la comunidad.

Asimismo, es necesario establecer canales de comunicación abiertos y transparentes con la comunidad local para informar sobre el proyecto, recopilar retroalimentación y abordar cualquier inquietud o preocupación. La participación y el compromiso de la comunidad son importantes para el éxito a largo plazo del proyecto y para construir relaciones sólidas y positivas con las partes interesadas locales.

9. Metodología para la selección y desarrollo de la solución

9.1 Investigación y análisis de viabilidad

Realizar una investigación sobre el uso de la cascarilla de arroz como materia prima para envases biodegradables. Evaluar la disponibilidad de la cascarilla del arroz, su composición química, propiedades físicas y su potencial para la fabricación de envases. Además, analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la solución propuesta. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

Se harán pruebas y análisis caseras por la limitación de recursos para acceder a laboratorios especializados. Se simularán los procesos de troquelado para evaluar la idoneidad de la cascarilla de arroz en la fabricación de los envases biodegradables. Estas pruebas permitirán realizar ajustes en el proceso de producción y garantizar la calidad de los envases.

9.2 Diseño del proceso de producción

Diseñar el proceso de producción de los envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz. Esto implica definir las etapas del proceso, los equipos necesarios, los parámetros de producción y los controles de calidad. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

Luego se comparte el diagrama de flujo que explica el paso a paso realizado en el proceso de elaboración de los envases biodegradables a partir del residuo de cascarilla de arroz.

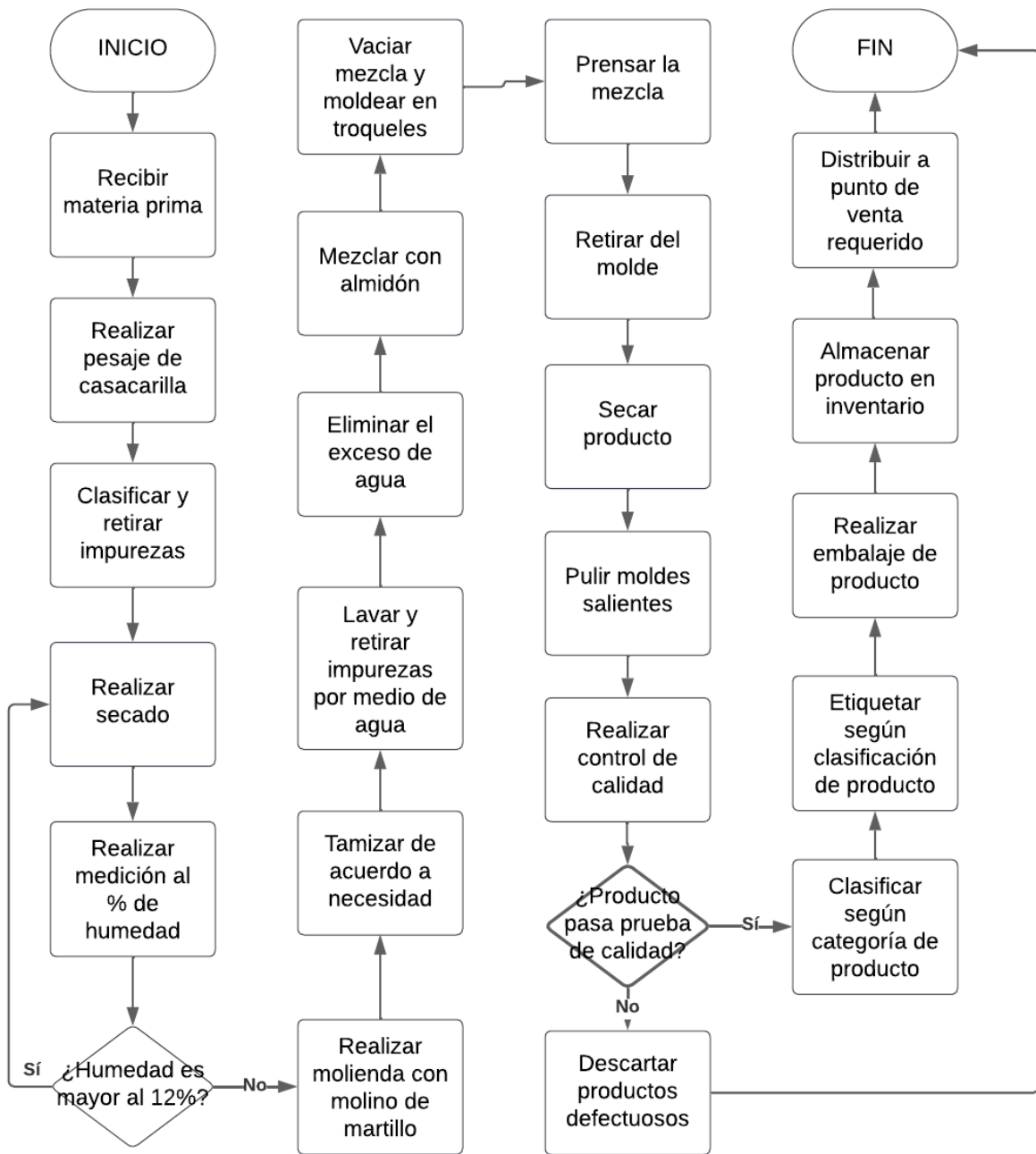


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de envases biodegradables a partir de cascarilla de arroz. Elaboración propia.

9.3 Desarrollo de prototipos

Desarrollar prototipos de los envases biodegradables utilizando diferentes formulaciones y técnicas de procesamiento. Evaluar las propiedades de los prototipos, como la resistencia, la biodegradabilidad y la capacidad de retener las propiedades de los productos envasados. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

Durante el desarrollo de los prototipos y pruebas, se utilizarán moldes de platos comunes en acero inoxidable. Esta elección se debe a la limitación de recursos y la falta de maquinaria especializada para la fabricación de moldes en máquinas de mecanizado industrial.

Utilizar moldes de platos comunes permite una solución práctica y rentable para la fase de prototipado, ya que estos moldes son fácilmente accesibles y pueden adaptarse para probar la viabilidad del proceso de fabricación de envases biodegradables a partir de la cáscara de arroz. A pesar de no ser moldes especializados, permitirán realizar pruebas preliminares y ajustes necesarios en el proceso de producción antes de considerar inversiones adicionales en maquinaria especializada.

9.4 Pruebas y optimización

Realizar pruebas y ensayos para evaluar el desempeño de los envases biodegradables en diferentes condiciones. Optimizar la formulación y el proceso de producción en base a los resultados obtenidos. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).X

Durante la fase de pruebas y optimización, se emplearán diversos materiales para validar la formulación más adecuada en la producción de envases biodegradables a partir de la cáscara de arroz. Se utilizarán diferentes calibres de cascarilla de arroz, almidón de yuca y maíz como aglutinantes naturales, así como goma xantana, reconocida por su uso como aglutinante en varios

procesos. Además, se incluirá agua en la mezcla para garantizar la maleabilidad necesaria para los procesos de extrusión o troquelado.

Se harán diferentes pruebas, variando las proporciones de estos materiales en la mezcla, para encontrar la combinación óptima que garantice la maleabilidad adecuada para procesarlo en una máquina extrusora o troqueladora. Se evaluará la resistencia, flexibilidad y capacidad de moldeo de los envases producidos con cada formulación. Esta fase permitirá ajustar y optimizar la composición de los materiales para obtener resultados óptimos en términos de calidad del producto final y eficiencia del proceso de fabricación.

Además, una vez conformada la mezcla adecuada, los prototipos de envases biodegradables serán sometidos a un proceso de cocción por aire en un horno especializado. Este paso tiene como objetivo mejorar la consistencia y resistencia de los envases. Durante este proceso, se evaluará la temperatura más adecuada de cocción para garantizar la óptima formación y durabilidad de los envases. También, se analizará la textura y propiedades físicas de los envases resultantes para asegurar su idoneidad para su uso previsto. Esta etapa de cocción permitirá no solo mejorar las características mecánicas de los envases, sino también asegurar su biodegradabilidad y compostabilidad, manteniendo así su compromiso con la sostenibilidad ambiental.

A continuación, los materiales a utilizar:



Figura 2. Cascarilla de arroz sin moler. Fotografía propia.



Figura 3. Cascarilla molida con malla de 4 micras. Fotografía propia



Figura 4. Cascarilla molida con tamaño de malla de 1 micra. Fotografía propia.



Figura 5. Gramera Digital. Fotografía propia



Figura 6. Aglutinante a partir de almidón de yuca. Toma de fotografía propia.



Figura 7. Aglutinante a partir de almidón de maíz. Toma de fotografía propia.



Figura 8. Molde #1 ovalado. Toma de fotografía propia.



Figura 9. Vista superior de molde #2 circular con altura menor. Toma de fotografía propia



Figura 10. Vista de perfil de molde #2 circular con menor altura. Toma de fotografía propia



Figura 11. Vista superior de molde #3 circular con altura mayor. Toma de fotografía propia.



Figura 12. Vista de perfil del molde #3 circular con mayor altura. Toma de fotografía propia



Figura 13. Báscula para pesar cascarilla cruda. Toma de fotografía propia



Figura 14. Mallas de cernido. Toma de fotografía propia.



Figura 15. Molino de martillos. Toma de fotografía propia.



Figura 16. Vista interior de molino de martillos. Toma de fotografía propia.

Prueba: Determinación de la proporción óptima de cascarilla de arroz y almidón.



Figura 17. Medición de 160 gramos de cascarilla cernida en malla de 4 micras para prueba #1. Toma de fotografía propia.

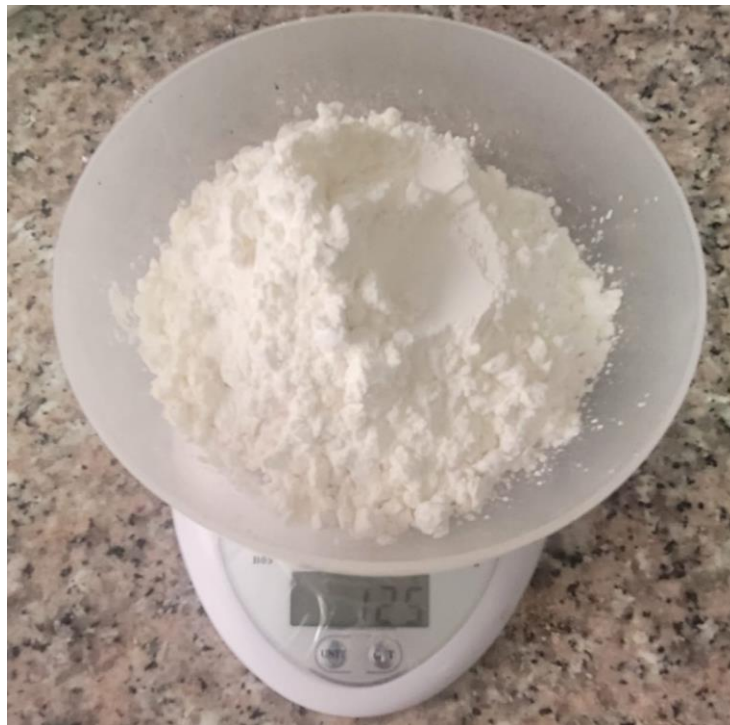


Figura 18. Medición mezcla 75 gramos de almidón de yuca y 50 gramos de almidón de maíz. Toma de fotografía propia.

Preparación de Muestras: Se preparan varias muestras de material utilizando en diferentes proporciones de cascarilla de arroz y almidón.

Mezclado de Ingredientes: se mezcla cada muestra, asegurándose de distribuir uniformemente el almidón en la cascarilla de arroz.

Formado de Platos: Después de la mezcla, se utiliza moldes para formar platos desechables a partir de cada muestra, dándoles la forma deseada.

Prensado: Una vez que los platos están formados, se colocan en la prensa y se aplica la presión necesaria para compactar el material y darle más consistencia. Se asegura que cada muestra reciba la misma presión para obtener resultados consistentes.

Secado: Posteriormente, se dejan secar los platos formados a temperatura ambiente o en un horno a una temperatura controlada para garantizar que estén completamente secos y listos para la evaluación.

Evaluación de Resultados: Finalmente, se evalúa la apariencia, resistencia y biodegradabilidad de cada plato una vez que están secos.



Figura 19. Mezcla resultante de prueba #1. Toma de fotografía propia.

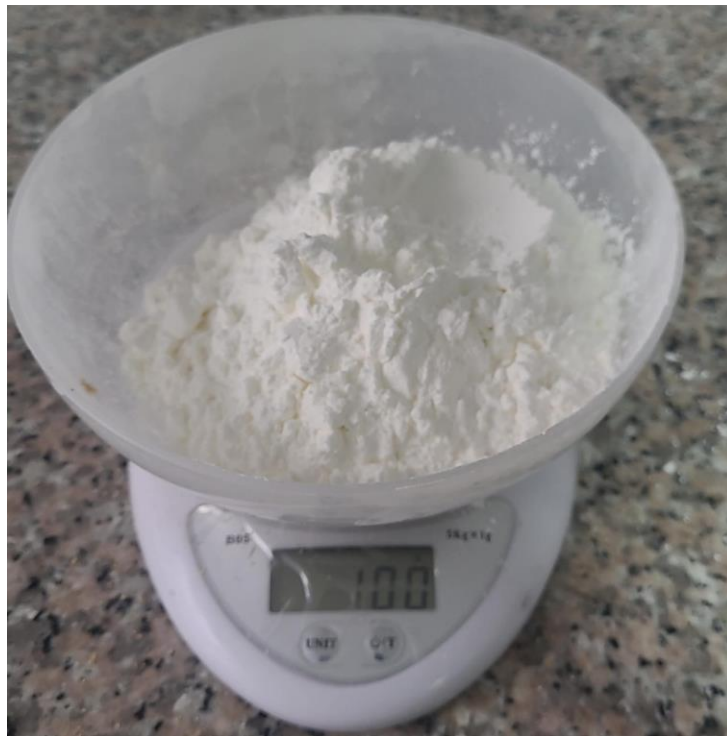


Figura 20. Medición mezcla 100 gramos de almidón de yuca con 40 gramos de almidón de maíz. Toma de fotografía propia.

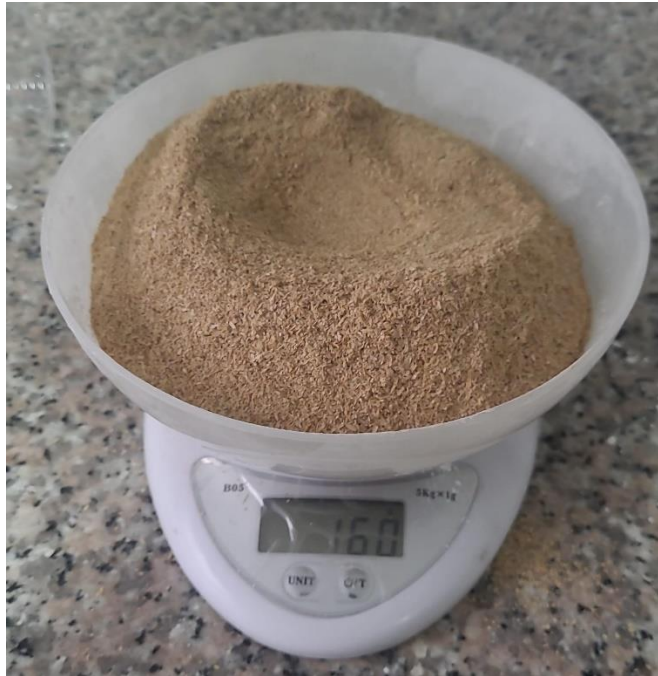


Figura 21. Medición de 160 gramos de cascarilla cernido en malla de 1 micra. Toma de fotografía propia.

Se observa y se comparan los resultados para determinar cuál muestra da los mejores resultados en resistencia y capacidad para su uso. Este proceso permite identificar la proporción óptima de materia prima y el método de fabricación más adecuado para los platos desechables biodegradables, contribuyendo así al desarrollo sostenible de envases a partir de la cascarilla del arroz

A continuación, se presentan las pruebas de aglutinantes de almidón:



Figura 22. Prueba #1 de aglutinantes de almidón, previa a calentamiento



Figura 23. Prueba #1 con mezcla de 75 gramos de almidón de yuca, 50 gramos de almidón de maíz, 415 mL de agua

En la prueba #1, se identificó luego del calentamiento de la mezcla previamente, que dicha mezcla es poco maleable, se vuelve grumosa y no se deja mezclar fácilmente.



Figura 24. Prueba #2 de aglutinante, donde la mezcla se compone de 60 gramos de almidón de yuca, 40 gramos de almidón de maíz y 400mL de agua



Figura 25. Mezcla con aglutinante prueba #2 adicionando a la mezcla inicial más 160 gramos de cascarilla de tamaño de 1 micra

En la mezcla de la prueba #2, se identifica que luego de la mezcla con la cascarilla, la masa formada es más maleable respecto a la masa obtenido en la prueba #1, sin embargo, se evidencia un exceso de agua en la misma.

A continuación, se realizarán pruebas de mezcla con la goma xantana y una dosis menor de agua.

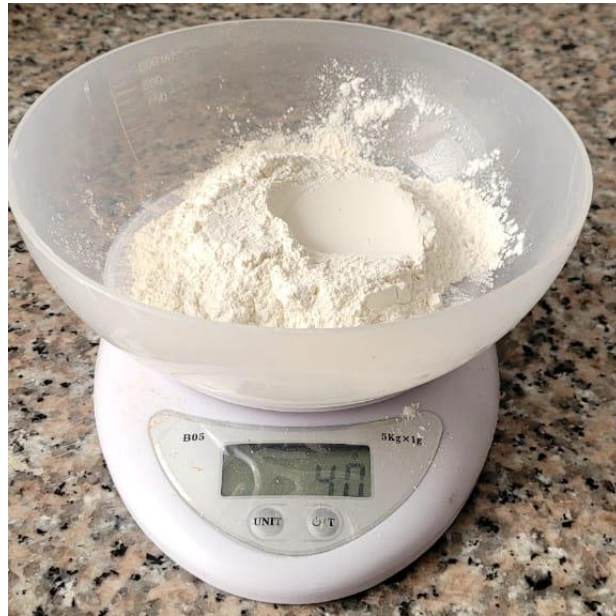


Figura 26. Medición de masa 40 gramos de goma xantana para prueba #3



Figura 27. Medición de volumen de agua relacionado a 200mL



Figura 28. Mezcla del aglutinante xantana más agua a temperatura ambiente

El resultado de la prueba #3 consiste en la mezcla de 40 gramos de goma xantana con 200 mililitros de agua a temperatura ambiente. Tras una agitación adecuada, se obtiene una solución viscosa y homogénea. Para asegurar la hidratación de la goma xantana, esta mezcla se reposa en un periodo específico para estabilizar y mejorar la textura de la solución.

En el siguiente paso, la solución preparada se mezcla con 200 gramos de cascarilla de arroz de 1 micra. Esta combinación se lleva a un proceso de moldeado, asegurando una distribución uniforme de los componentes dentro del molde. A continuación, el molde se somete a una cocción en un horno a 200°C durante 50 minutos para promover la solidificación y cohesión del material. Sin embargo, durante esta prueba se observan varios problemas críticos. Al desmoldar, se nota que la masa no se seca completamente, lo que resulta en superficies irregulares y una apariencia no homogénea. Además, la insuficiente deshidratación provoca una baja resistencia estructural del producto final. Estos inconvenientes indican que el proceso de secado y cocción necesita ser optimizado, posiblemente ajustando la temperatura, el tiempo de cocción o la humedad inicial de la mezcla, para mejorar la calidad y consistencia del producto final. A continuación, registro fotográfico de los resultados de la prueba.



Figura 29. Prueba de acción con aglutinante artificial más cascarilla de 1 micra, con un tiempo de 50 minutos a 200°C

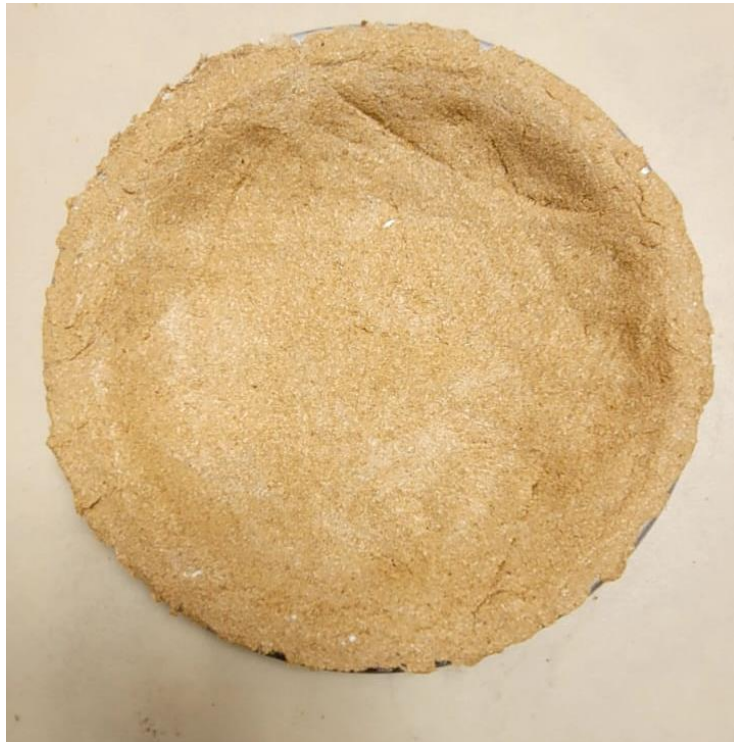


Figura 30. Envase biodegradable a partir de molde #2



Figura 31. Envase biodegradable resultante a partir de molde #3. Superficies irregulares y daños al momento de desmoldar



Figura 32. Envase biodegradable a partir de molde #1.



Figura 33. Envase biodegradable, vista de perfil a partir de molde #2. Toma de fotografía propia

En la siguiente prueba, se mezclaron 20 gramos de goma xantana con 20 gramos de almidón de maíz, 10 gramos de almidón de yuca y 200 mililitros de agua, logrando una solución inicial homogénea. A esta mezcla se le añadieron 50 gramos de cascarilla de arroz de 4 micras y 150 gramos de cascarilla de arroz de 1 micra. Sin embargo, el resultado fue una mezcla muy seca y poco maleable, lo que dificultó su manipulación y procesamiento. Esta textura seca e inconsistente indicó que la combinación de tamaños de las cascarillas, junto con la inclusión de múltiples tipos de almidón, no proporcionaba la cohesión necesaria para un material estable. Debido a estas observaciones, se decidió descartar el uso de la cascarilla de 4 micras y las mezclas de almidón en futuras pruebas. Esta experiencia subraya la importancia de encontrar una proporción óptima de ingredientes para asegurar la integridad y trabajabilidad del producto final.



Figura 34. Mezcla con aglutinantes con 20 gramos de xantana, 20 gramos maíz y 10 gramos de yuca



Figura 35. Mezcla 50 gramos de cascarilla de 4 micras



Figura 36. Mezcla de cascarilla de arroz de 1 micra

Resultado de la mezcla de ingredientes descrita anteriormente.



Figura 37. Mezcla resultante, donde se evidencia que no es apta para llevar a moldes

Para la última prueba, se inició con una mezcla de 50 gramos de goma xantana y 200 mililitros de agua a temperatura ambiente. Esta solución se combinó con 200 gramos de cascarilla de arroz de 1 micra, asegurando una distribución uniforme de los materiales. Tras la mezcla, se permitió que la masa reposara durante 10 minutos para facilitar la hidratación completa de los componentes. Luego, se prepararon los moldes para el proceso de moldeado. La masa se llevó a unos rodillos para garantizar uniformidad en el calibre del prototipo antes de ser moldeada y transferida al horno. La cocción se realizó a 230°C con aire durante 6

000000000000000000000000000000 minutos.

Los resultados de esta prueba revelaron una mejora significativa en la manejabilidad de la masa, lo que facilitó su trabajo en los moldes disponibles. Además, la cocción con aire demostró ser más uniforme, lo que contribuyó a eliminar de manera más efectiva el exceso de agua de la masa. Como resultado, se obtuvo un producto final con una mayor resistencia y una presentación mejorada. Estas observaciones indican que los ajustes realizados en el proceso han sido efectivos para optimizar la calidad y la eficiencia del producto final.

A continuación registro fotografico materiales y resultados.

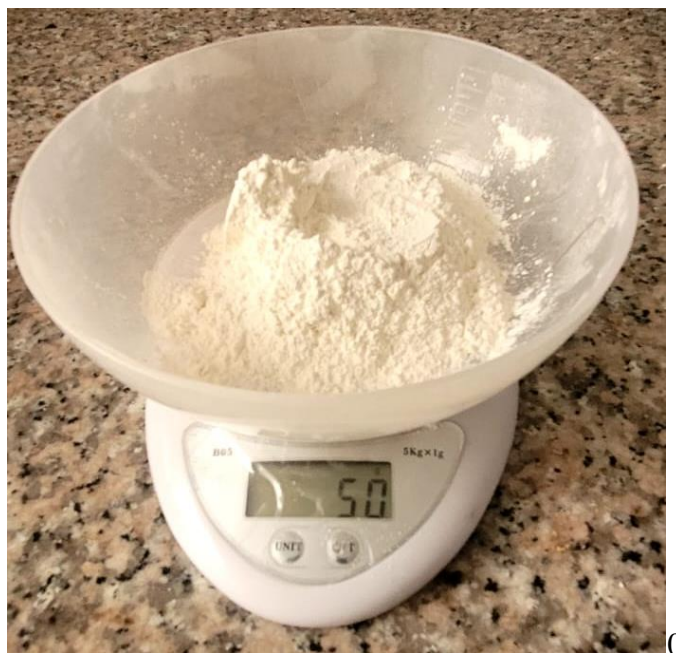


Figura 38. Mezcla de 50 gramos de aglutinante en polvo goma de xantana



Figura 39. Mezcla de 200 gramos de cascarilla de 1 micra para prueba #4



Figura 40. Volumen de 200mL de agua para mezcla en prueba #4

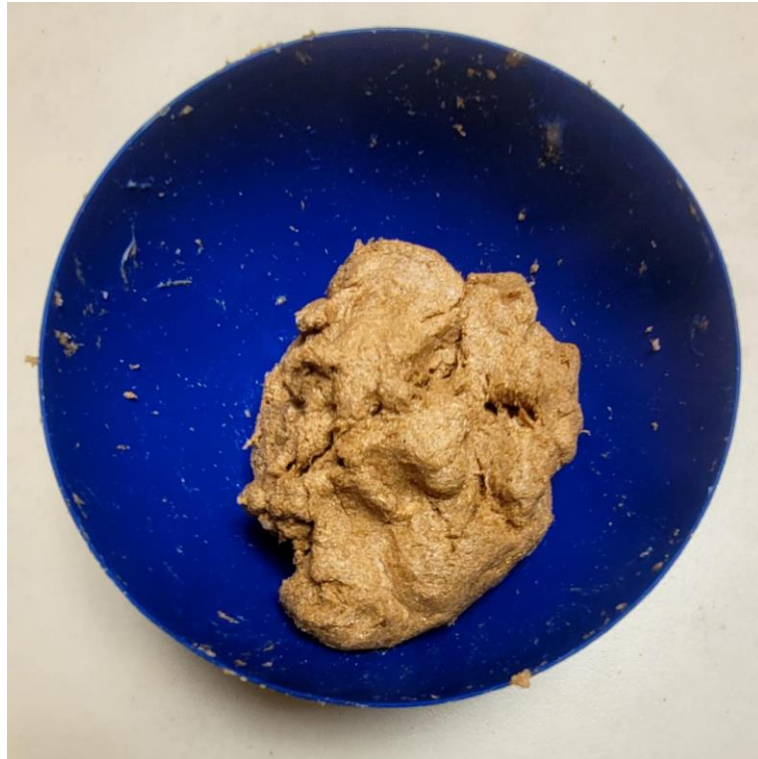


Figura 41. Resultado de mezcla anterior, es una mezcla maleable



Figura 42. Envase biodegradable a partir de molde #2 en prueba #4



Figura 43. Envase biodegradable a partir de molde #1 en prueba #4



Figura 44. Envase biodegradable a partir de prueba con molde #1



Figura 45. Envases biodegradables resultantes para moldes 1, 2 y 3



Figura 46. Envase biodegradable a partir de molde #3 para prueba #4

Por último, se anexan las fichas técnicas de cada prototipo.

Ficha técnica prototipo 1 plato plano


FICHA TECNICA 1	ENVASE BIODEGRADABLE		
PLATO PLANO	CATEGORIA GENERAL	PRODUCTO DE UN SOLO USO	
	MATERIAL PRINCIPAL	CASCARILLA DE ARROZ	
	OTROS COMPONENTES	GOMA XANTANA	
IMAGEN	DESCRIPCION Y USO		
	Envases para alimentos, platos desechables en eventos y restaurantes.		
	ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	DIAMETRO	20	cm
	ALTURA	2,5	cm
	CAPACIDAD	500	ml
	RESISTENCIA AL CALOR	80	°C
	RESISTENCIA A LIQUIDOS	AGUA	30 min
	BIODEGRADABILIDAD	16 DIAS	
	REQUERIMIENTOS TECNICOS		
<p>* Prueba de Horneado: Capacidad de soportar 100°C sin deformación.</p> <p>*Prueba de Biodegradabilidad: Confirmación de descomposición completa en 16 días en condiciones de compostaje industrial.</p> <p>*Prueba de Resistencia: Mantener integridad estructural durante el uso con líquidos y alimentos calientes.</p>			
CONSIDERACIONES AMBIENTALES			
<p>*Sostenibilidad: Uso de subproductos agrícolas y promoción de la economía circular.</p> <p>*Impacto Ambiental: Los materiales utilizados son completamente biodegradables, lo que minimiza la acumulación de residuos sólidos en vertederos.</p>			
NORMATIVIDAD			
<p>*Resolución 683 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social: Regula los materiales en contacto con alimentos, asegurando que no liberen sustancias nocivas y que sean seguros para su uso.</p> <p>*NTC-ISO 17088: Esta norma especifica los requisitos y métodos de prueba para materiales plásticos que se compostan en instalaciones de compostaje municipal o industrial.</p> <p>*ISO 14001: Sistema de gestión ambiental que puede ser aplicable si deseas certificar que el proceso de producción de tus platos cumple con los estándares internacionales de gestión ambiental.</p>			

Figura 47. Ficha técnica de prototipo 1. Elaboración propia

Ficha técnica prototipo 2 plato hondo.


FICHA TECNICA 1	ENVASE BIODEGRADABLE			
PLATO HONDO	CATEGORIA GENERAL	PRODUCTO DE UN SOLO USO		
	MATERIAL PRINCIPAL	CASCARILLA DE ARROZ		
	OTROS COMPONENTES	GOMA XANTANA		
IMAGEN	DESCRIPCION Y USO			
	Envases para alimentos, platos desechables en eventos y restaurantes.			
	ESPECIFICACIONES TECNICAS			
	DIAMETRO	12	cm	
	ALTURA	5	cm	
	CAPACIDAD	300	ml	
	RESISTENCIA AL CALOR	80	°C	
	RESISTENCIA A LIQUIDOS	AGUA	30 min	
	BIODEGRADABILIDAD	16 DIAS		
	REQUERIMIENTOS TECNICOS			
	<p>* Prueba de Horneado: Capacidad de soportar 100°C sin deformación.</p> <p>* Prueba de Biodegradabilidad: Confirmación de descomposición completa en 16 días en condiciones de compostaje industrial.</p> <p>* Prueba de Resistencia: Mantener integridad estructural durante el uso con líquidos y alimentos calientes.</p>			
CONSIDERACIONES AMBIENTALES				
<p>* Sostenibilidad: Uso de subproductos agrícolas y promoción de la economía circular.</p> <p>* Impacto Ambiental: Los materiales utilizados son completamente biodegradables, lo que minimiza la acumulación de residuos sólidos en vertederos.</p>				
NORMATIVIDAD				
<p>* Resolución 683 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social: Regula los materiales en contacto con alimentos, asegurando que no liberen sustancias nocivas y que sean seguros para su uso.</p> <p>* NTC-ISO 17088: Esta norma especifica los requisitos y métodos de prueba para materiales plásticos que se compostan en instalaciones de compostaje municipal o industrial.</p> <p>* ISO 14001: Sistema de gestión ambiental que puede ser aplicable si deseas certificar que el proceso de producción de tus platos cumple con los estándares internacionales de gestión ambiental.</p>				

Figura 48. Ficha técnica prototipo 2. Elaboración propia.

Ficha técnica prototipo 3 Bandeja semiplana.


FICHA TECNICA 1	ENVASE BIODEGRADABLE		
BANDEJA SEMIPLANA	CATEGORIA GENERAL	PRODUCTO DE UN SOLO USO	
	MATERIAL PRINCIPAL	CASCARILLA DE ARROZ	
	OTROS COMPONENTES	GOMA XANTANA	
IMAGEN	DESCRIPCION Y USO		
	Envases para alimentos, platos desechables en eventos y restaurantes.		
	ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	ANCHO	15	cm
	LARGO	22	
	ALTURA	2	cm
	CAPACIDAD	250	ml
	RESISTENCIA AL CALOR	80	°C
	RESISTENCIA A LIQUIDOS	AGUA	30 min
	BIODEGRADABILIDAD	16 DIAS	
	REQUERIMIENTOS TECNICOS		
<p>* Prueba de Horneado: Capacidad de soportar 100°C sin deformación.</p> <p>* Prueba de Biodegradabilidad: Confirmación de descomposición completa en 16 días en condiciones de compostaje industrial.</p> <p>* Prueba de Resistencia: Mantener integridad estructural durante el uso con líquidos y alimentos calientes.</p>			
CONSIDERACIONES AMBIENTALES			
<p>* Sostenibilidad: Uso de subproductos agrícolas y promoción de la economía circular.</p> <p>* Impacto Ambiental: Los materiales utilizados son completamente biodegradables, lo que minimiza la acumulación de residuos sólidos en vertederos.</p>			
NORMATIVIDAD			
<p>* Resolución 683 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social: Regula los materiales en contacto con alimentos, asegurando que no liberen sustancias nocivas y que sean seguros para su uso.</p> <p>* NTC-ISO 17088: Esta norma especifica los requisitos y métodos de prueba para materiales plásticos que se compostan en instalaciones de compostaje municipal o industrial.</p> <p>* ISO 14001: Sistema de gestión ambiental que puede ser aplicable si deseas certificar que el proceso de producción de tus platos cumple con los estándares internacionales de gestión ambiental.</p>			

Figura 49. Ficha técnica prototipo 3. Elaboración propia

9.5 Análisis de mercado y demanda

Realizar un análisis de mercado para evaluar la demanda de envases biodegradables y la aceptación del producto por parte de los consumidores. Identificar los segmentos de mercado objetivo y las estrategias de comercialización. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

En específico, el análisis de mercado y la demanda es un paso crucial en el proceso de introducción de los productos envases biodegradables a partir de residuos como la cascarilla de arroz en el área del Casanare, investigación previa al lanzamiento en el mercado. Este análisis no solo implica evaluar la demanda existente de este tipo de productos, sino también comprender la aceptación y las preferencias de los consumidores. Como señalan Avalos Mezones y Torres Bazán (2018), es esencial identificar los segmentos de mercado objetivo y desarrollar estrategias de comercialización efectivas.

El proceso de análisis de mercado y demanda puede ser complejo y multifacético, como lo sugiere Schnarch Kirberg (2021). En su obra sobre el desarrollo de nuevos productos, Schnarch Kirberg destaca la naturaleza interactuante y simultánea de este proceso. Señala que, si bien las etapas anteriores del proceso pueden haber definido conceptos de productos o negocios, es crucial comprender que el análisis del mercado potencial y la viabilidad tecnológica son aspectos interrelacionados que deben abordarse de manera simultánea. Además, destaca la importancia de considerar aspectos económicos en cada etapa del proceso.

En este contexto, el análisis del mercado y la demanda se convierte en un proceso dinámico que influye y es influenciado por diversos factores. No necesariamente sigue un orden cronológico estricto, ya que los resultados de una etapa pueden afectar a otras. Es crucial reconocer la interdependencia entre las variables técnicas, económicas y de mercado, y cómo estas pueden influir en el desarrollo y la introducción de nuevos productos. Como señala Schnarch Kirberg, la

colaboración entre profesionales de diseño, ingeniería y marketing es fundamental para superar obstáculos y asegurar una respuesta rápida a las necesidades del mercado.

El análisis de mercado y demanda es un proceso dinámico que requiere una comprensión de la interacción entre factores, como las preferencias de los consumidores, la viabilidad tecnológica y los aspectos económicos. Este proceso no sigue necesariamente un orden cronológico estricto, sino que implica una evaluación simultánea y continua de múltiples variables. La colaboración entre profesionales de distintas áreas, como diseño, ingeniería y marketing, es esencial para superar obstáculos y garantizar una respuesta ágil a las necesidades del mercado. Integrar esta comprensión en el desarrollo de estrategias de comercialización puede ser crucial para el éxito en la introducción de envases biodegradables en el mercado.

9.6 Análisis de impacto ambiental

Los envases biodegradables fabricados a partir de la cascarilla del arroz tienen un impacto ambiental positivo en comparación con los envases convencionales. Estos envases biodegradables utilizan la cascarilla de arroz como materia prima, que es un subproducto de la industria arrocera y generalmente se considera un desecho. Al utilizar la cascarilla de arroz en la fabricación de envases, se le da un buen uso a este residuo y se evita que termine en vertederos o se queme, lo cual puede generar gases contaminantes.

Los envases biodegradables se descomponen de manera natural en un período de tiempo más corto, lo que reduce su permanencia en el medio ambiente. Esto significa que hay menos posibilidades de que causen efectos nocivos, como asfixia o contaminación por disruptores endocrinos; adicional ayuda a reducir la acumulación de residuos, conservar los recursos naturales y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. (Delgado, Sanillán, Cobeñas, Corcuera, Linares. 2019)

9.7 Implementación y seguimiento

Implementar la solución de envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz en la producción a escala. Realizar un seguimiento continuo para evaluar su desempeño, realizar mejoras y ajustes según sea necesario. (Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I., 2018).

Una vez identificada la solución de envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz, es propone la implementación de la producción a escala. Este proceso implica varios pasos:

Adaptación de la Producción: Se realiza la adaptación de la línea de producción existente o la implementación de una nueva línea específica para la fabricación de los envases biodegradables.

Se establecen los procedimientos operativos estándar (SOP) y se capacita al personal en los nuevos procesos y tecnologías.000000000000

Aseguramiento de la Calidad: Se establecen protocolos de control de calidad para garantizar que los envases biodegradables cumplan con los estándares requeridos en términos de resistencia, biodegradabilidad y seguridad alimentaria. Se realizan pruebas regulares durante la producción para monitorear la calidad de los productos.

Gestión de Materias Primas: Se establecen relaciones con proveedores confiables de cascarilla de arroz y otros materiales necesarios para la producción de los envases biodegradables. Se

implementan sistemas de gestión de inventario para garantizar un suministro continuo de materias primas.

Seguimiento del Desempeño: Se realiza un seguimiento continuo del desempeño de los envases biodegradables en condiciones reales de uso. Se recopilan datos sobre su resistencia, degradación y aceptación por parte de los consumidores. **Evaluación y Mejora Continua:** Se llevan a cabo evaluaciones periódicas del desempeño de los envases biodegradables, utilizando los datos recopilados durante el seguimiento. Se identifican áreas de mejora y se realizan ajustes en el diseño, los materiales o los procesos de fabricación según sea necesario.

Comunicación y Educación: Se comunica de manera transparente con los consumidores y otros interesados sobre los beneficios ambientales de los envases biodegradables. Se brinda educación sobre la correcta disposición de los envases para fomentar su descomposición adecuada.

Cumplimiento Normativo: Se asegura el cumplimiento de todas las regulaciones y normativas relacionadas con la producción y el uso de envases biodegradables. Se mantiene actualizada la documentación necesaria y se participa activamente en iniciativas de cumplimiento ambiental. A través de una implementación cuidadosa y un seguimiento continuo, se garantiza el éxito a largo plazo de la solución de envases biodegradables a partir de la cascarilla del arroz, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al bienestar de la comunidad.

10. Análisis de costos

En el análisis de costos el proyecto de fabricación de envases biodegradables a partir de cascarilla de arroz es fundamental considerar varios aspectos clave para asegurar su viabilidad económica y rentabilidad.

En primer lugar, los costos operativos están directamente relacionados con la producción de los envases biodegradables. Los costos directos incluirán la mano de obra necesaria para el procesamiento de la cascarilla de arroz, así como la adquisición de las materias primas y los servicios requeridos. Dado que la cantidad de cascarilla necesaria puede variar, estos costos serán variables. Por otro lado, los costos fijos, como los servicios públicos, impuestos y arrendamientos de instalaciones, permanecerán constantes independientemente del volumen de producción. Además, los gastos generales, como la administración del negocio y la publicidad, también deben ser considerados.

En segundo lugar, los costos de inversión se relacionan con la puesta en marcha del proyecto, para lo que se necesitará una inversión inicial significativa. Esto incluirá la adquisición de maquinaria especializada para el procesamiento de la cascarilla de arroz y la fabricación de los envases. Además, se deben considerar los costos indirectos, como los permisos requeridos para la instalación de la planta de producción, las licencias ambientales y de producción, así como posibles imprevistos durante el proceso. También se necesitará capital de trabajo para cubrir los gastos iniciales de compra de materias primas y el pago de la nómina mientras se espera el retorno de la inversión. Al sumar los costos operativos y los costos de inversión, obtendremos el costo total del proyecto. Este análisis nos permitirá estimar el precio de venta necesario para asegurar la competitividad en el mercado y generar un margen de rentabilidad satisfactorio.

El análisis de costos y la evaluación de la inversión también nos permiten calcular el margen de rentabilidad del negocio. Este margen es crucial, ya que debe ser lo suficientemente atractivo para garantizar el interés y la participación de los inversionistas.

Al comparar el costo total de producción con el costo de la inversión inicial, podemos determinar el margen de rentabilidad potencial del proyecto. Este margen representa la diferencia entre los ingresos generados por las ventas de los envases biodegradables y los costos totales asociados con su fabricación y puesta en marcha.

Es fundamental que este margen de rentabilidad sea significativo y competitivo en el mercado para atraer la inversión necesaria. Los inversionistas buscan un retorno sólido y atractivo para su capital, por lo que el proyecto debe ofrecer un margen que compense el riesgo asumido y garantice una rentabilidad satisfactoria a largo plazo.

Por lo tanto, al realizar el análisis de costos, debemos asegurarnos de que el margen de rentabilidad proyectado sea lo suficientemente alto y atractivo para captar la atención de los inversionistas y garantizar el éxito financiero del proyecto. Esto no solo implica calcular los costos operativos e de inversión con precisión, sino también diseñar estrategias para maximizar los ingresos y minimizar los gastos, asegurando así un margen de rentabilidad óptimo.

Para lo cual, se comparte enlace donde se podrá encontrar un simulador financiero, que muestra de manera detallada cada uno de los aspectos anteriormente mencionados que son clave y relevantes para dicho análisis

[Simulador Gestión Financiera](#)

11. Diapositivas de Proyecto

A continuación, se comparte el enlace donde se muestra las diapositivas que argumentan la presentación, investigación y puesta en marcha del presente proyecto

[Presentación Envases Biodegradables](#)

12. Conclusiones

Las conclusiones ofrecen una visión integrada de los resultados obtenidos, abarcando desde los aspectos innovadores hasta las proyecciones futuras relacionadas con los objetivos establecidos.

A continuación, se presentan las principales conclusiones derivadas del análisis y desarrollo del proyecto:

- Durante el proyecto, se han explorado y desarrollado diversos métodos para transformar la cascarilla de arroz en materiales biodegradables, especialmente en el ámbito de los envases. Este enfoque innovador busca ofrecer una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente para reducir el impacto de los desechos plásticos. A lo largo de las investigaciones, se han enfrentado desafíos y se han realizado ajustes continuos en los procesos para mejorar la calidad y la funcionalidad de los materiales resultantes. La utilización de la goma xantana como agente aglutinante ha mostrado ser eficiente, proporcionando una base sólida para la formación de estructuras cohesivas y resistentes. Además, la variabilidad en el tamaño de la cascarilla de arroz ha permitido explorar diferentes propiedades y aplicaciones de los materiales finales, desde envases flexibles hasta platos. Existe un interés considerable en el potencial de esta tecnología para

impulsar la innovación en el sector de los envases, aunque se reconoce que se requiere de maquinaria especializada para llevar a cabo un proceso más eficiente.

- Se ha logrado un satisfactorio cumplimiento de los objetivos específicos establecidos al inicio del proyecto. Desde la evaluación de métodos existentes hasta el desarrollo de un prototipo de envases biodegradables utilizando la cascarilla de arroz, cada paso ha contribuido al logro del objetivo general de implementar un proceso viable y sostenible para su aprovechamiento integral. El proyecto ha avanzado en la consecución de sus objetivos. En primer lugar, se evaluaron los métodos existentes para transformar la cascarilla de arroz en materiales biodegradables, incluyendo técnicas de procesamiento y aplicaciones potenciales en la industria del empaque. Posteriormente, se seleccionó el método más adecuado y eficiente, considerando factores como la viabilidad técnica, la disponibilidad de materias primas y el impacto ambiental. Una vez seleccionado el método, se procedió al desarrollo de un prototipo de empaques biodegradables, optimizando los parámetros de proceso para garantizar la calidad y la eficiencia del producto final. Finalmente, se llevó a cabo un análisis de viabilidad económica, que permitió mejorar el proceso de producción de empaques biodegradables a partir de la cascarilla de arroz, considerando los costos de producción, los precios de mercado y la demanda potencial de los productos. Aunque las pruebas realizadas se llevaron a cabo a escala de un prototipo, el manejo de este material demuestra una oportunidad significativa para contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible. La transformación de la cascarilla de arroz en envases biodegradables no solo aborda la problemática de los desechos plásticos, sino que también ofrece una solución que aprovecha un recurso renovable y ampliamente disponible. Más allá de su impacto ambiental positivo, esta iniciativa también representa una oportunidad de negocio potencialmente lucrativa.

Al demostrar la viabilidad técnica y económica de la producción de envases biodegradables a partir de la cascarilla de arroz, se crea un marco sólido para atraer inversiones y apalancar los recursos necesarios para el montaje de una planta de producción a escala comercial. La adquisición de equipos especializados y el establecimiento de procesos eficientes no solo garantizarán estándares de calidad y salubridad, sino que también permitirán la expansión y el crecimiento sostenible de esta iniciativa, beneficiando tanto al medio ambiente como a la economía local y global.

- Se ha discutido la metodología empleada en los análisis realizados, identificando los puntos fuertes y las posibles limitaciones del proceso. Esta evaluación proporciona una base para futuras investigaciones y mejoras en el proyecto, alineado con el objetivo de implementar un proceso viable y sostenible para aprovechar la cascarilla de arroz en envases biodegradables. Al analizar los aspectos positivos y las áreas de mejora en la metodología, se abren nuevas oportunidades de investigación y desarrollo en este ámbito. Esta evaluación es esencial para garantizar la calidad y la rigurosidad de los resultados obtenidos, así como para impulsar la innovación continua en el campo de estudio. Además, permite identificar áreas de refinamiento en los métodos utilizados, lo que puede conducir a una mayor precisión y fiabilidad en los hallazgos. En resumen, esta revisión de la metodología es clave para avanzar hacia una comprensión más completa y precisa del tema investigado, contribuyendo al avance en la producción de envases biodegradables y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.
- Se han identificado varias proyecciones y posibilidades futuras relacionadas con el tema desarrollado. Esto incluye la posibilidad de explorar colaboraciones interdisciplinarias con expertos en ingeniería de materiales, diseño de productos y otras disciplinas afines. Estas colaboraciones podrían permitir mejorar la funcionalidad y estética de los envases

desarrollados, así como explorar nuevas innovaciones en el campo de los materiales sostenibles. Asimismo, estas colaboraciones podrían abordar aspectos como la viabilidad económica y la implementación de estrategias de comercialización para garantizar la adopción efectiva de estos productos en la industria y el mercado global. Estas proyecciones prometen abrir nuevas oportunidades para la innovación y el desarrollo sostenible en la reducción de residuos plásticos, aunque actualmente se encuentran en etapas iniciales de consideración.

13. Referencias

- Andrade, B. R., Rivera, M. A., & Lora Guzmán, H. (2018). El empaque como oportunidad para el desarrollo del producto y el consumidor responsable; una mirada desde la industria en Norteamérica y Suramérica. *Saber, Ciencia Y Libertad*, 13(1), 164–179. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2018v13n1.2558>
- Avalos Mezones, A. y Torres Bazán, I. (2018). *Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz*. (Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú. <https://pirhua.udep.edu.pe/items/5d9d3102-76c9-4c9a-b31c-d051030d8c87>

- Birania, S., Kumar, S., Kumar, N., Attkan, A. K., Panghal, A., Rohilla, P., & Kumar, R. (2022). *Advances in development of biodegradable food packaging material from agricultural and agro-industry waste*. Journal of Food Process Engineering, 45(1), 1–23. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1111/jfpe.13930>
- Bomzon, P. S. (2022). Título del capítulo. En A. Poonia & T. Dhewa (Eds.), *Edible Food Packaging* (pp. 27-37). Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Casas-Martínez, Y. D. P., Fuquen-Fúquene, L. T., Y Gómez-Rodríguez, A. M. (2022). *Avances En Biotecnología Ambiental: Biorremediación De Plásticos*. 13+, 4(2). <https://Doi.Org/10.24267/23462329.939>.
<https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/939>
- Castaño Castrillón, H. D. (2020). *Empaques sostenibles: Aprovechamiento de residuos agroindustriales para disminuir los empaques plásticos de un solo uso*. [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico Metropolitano]. Repositorio ITM. https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/5830/Casta%C3%B1o%20Castrillon_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Chaudhary, N., Dangi, P. (2022). *Fruit and Vegetable Waste: A Taste of Future Foods*. In: Poonia, A., Dhewa, T. (eds) *Edible Food Packaging*. Springer, Singapore. https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1007/978-981-16-2383-7_6
- Chávez Porras, Á., & Rodríguez González, A. (2016). *Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica*. *Academia Y Virtualidad*, 9(2), 90–107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>

- Delgado O., Sanillán R., Cobeñas H., Corcueva C., & Linares J., (2019). *Envases biodegradables en base a cascarilla de arroz*. Repositorio de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/986fe305-ae28-41b7-a29a-0536378a0940>
- DANE. (2023). Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM) [Datos del primer semestre de 2023]. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-arroz-mecanizado>.
- El Campesino. (2020). Envases ecoamigables: Guía que propone reutilizar la cascarilla de arroz. *Periódico El Campesino – La Voz Del Campo Colombiano*. <https://elcampesino.co/envases-ecoamigables-guia-que-propone-reutilizar-la-cascarilla-de-arroz/>
- Enmanuel, QNK (2020). *Estudio de mercado para la producción de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz en la región de Lambayeque*. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2937>
- Ibrahim, I.D.; Hamam, Y.; Sadiku, E.R.; Ndambuki, J.M.; Kupolati, W.K.; Jamiru, T.; Eze, A.A.; Snyman, J. *Need for Sustainable Packaging: An Overview*. *Polymers* 2022, 14, 4430. <https://doi.org/10.3390/polym14204430>
- Jaramillo Cuartas, P. D., Castilla Devoz, P. H., Lavaux, S., Montoya Chacón, R. del P., Cortés Barrera, J. E., Aranda Lozano, D. F., Castro Bustillo, P. O. J., & Díaz Barbosa, D. C. (2023). *Una propuesta diferente para emprender. En Estrella Iv (Ed.), Economía circular y negocios verdes*, (pp 168). Editorial Corporación Universitaria Minuto de

Dios - UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/18739>
<https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-701-4>

Kordi, M., Farrokhi, N., Pech-Canul, M., & Ahmadikhah, A. (2023). Rice Husk at a Glance: From Agro-Industrial to Modern Applications. *Rice Science*.
<https://doi.org/10.1016/j.rsci.2023.08.005>

Laftah, W. A., & Wan Abdul Rahman, W. A. (2021). Rice waste–based polymer composites for packaging applications: A review. *Polymers & Polymer Composites*, 29, S1621–S1629. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1177/09673911211046775>

Lerma Kirchner, A. E. (2017). Desarrollo de productos: una visión integral. Cengage Learning. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=3754>

Mercado de envases biodegradables Insights. (n.d.).

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/gobal-biodegradable-packaging-solutions-market-industry>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). Reglamento para el incentivo al manejo de excedentes de cosecha de arroz. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Ministerio-de-Agricultura-expidi%C3%B3-resoluci%C3%B3n-que-reglamenta-el-incentivo-al-manejo-de-excedentes-de-cosecha-de-arroz.aspx>

Ortega, O. (2017). Mejoramiento continuo de procesos. Aspectos conceptuales. Ediciones de la U.. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=6405>

- Puerta Cortés, C. E. (2020). Valorización de la cascarilla de arroz en diferentes procesos industriales. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/935>
- Srivastava, V., Singh, S., & Das, D. (2023). Rice husk fiber-reinforced starch antimicrobial biocomposite film for active food packaging. *Journal Of Cleaner Production*, 421, 138525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138525>
- Syed Ali Hassan, Mueen Abbas, Waqar Mujahid, Waqar Ahmed, Saeed Ahmad, Abid Aslam Maan, Aamir Shehzad, Zuhaib F. Bhat, & Rana Muhammad Aadil. (2023). *Utilization of cereal-based husks to achieve sustainable development goals: Treatment of wastewater, biofuels, and biodegradable packaging*. Trends in Food Science & Technology, 140, 104166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104166>
- Vela Nieves, E. M., & Pérez Mendivelso, Y. P. (2017). *Investigación sobre el manejo de residuos sólidos generados en la producción de cultivos de arroz en el municipio de Nunchía - Departamento de Casanare*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios, Especialización en Gestión de Proyectos.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/24302/emvelan.pdf?sequence=1>
- Versino, F., López, O. V., & García, M. A. (2021). Green Biocomposites for Packaging Applications. *Biocomposite Materials: Design and Mechanical Properties Characterization*, 1-30. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-33-4091-6_1