



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Tesis

**Propuesta para una nueva industria de papel y
derivados en Guasave, Sinaloa para el
aprovechamiento de subproductos agrícolas que
contribuya a la mitigación del cambio climático.**

presentada por

Angulo López Melisa Daniela

como requisito para la obtención del grado de

Ingeniería en Gestión Empresarial

Director de tesis

MC. Arikani Soberanes Félix

Codirector de tesis

Dr. Jesús Aurelio Melendrez Rojas

Guasave, Sinaloa, México. Febrero de 2025.



CARTA DE LIBERACIÓN O APROBACIÓN DE TESIS

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL PLAN 2015	Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma: ISO 9001:2015 8.1;8.2;8.2.2;8.2.3;8.5.1;8.5.2;8.6;8.7.2	Código: ITSG-SIG-AO-PO-19-03
	Referencia a la Norma: ISO 21001:2018 8.1;8.1.1;8.1.2;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.3.3;8.3.4;8.6;8.7;9.1.2	Revisión: 4
		Fecha de Emisión: Agosto 2022
		Página 1 de 1

Guasave, Sinaloa, Fecha: 03-febrero-2025.
ASUNTO: Liberación de proyecto para titulación integral.

ING. LAURA BEATRIZ INZUNZA RAMIREZ
Coordinador(a) de Titulación
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado(a):	Melisa Daniela Angulo López.
Carrera:	Ingeniería en Gestión Empresarial.
Número de control:	2025010196.
Nombre del proyecto:	Propuesta para una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa para el aprovechamiento de subproductos agrícolas que contribuya a la mitigación del cambio climático.
Producto:	Tesis.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE

ING. MONICA VELAZQUEZ SANCHEZ
Nombre y firma del (de la) Jefe(a) de División de Ciencias Industriales

M.C. Arikani Soberanes Félix Dr. Jesús Aurelio Melendrez Rojas M.A. Elizabeth Salinas Rosales

Nombre y firma del Asesor(a) Nombre y firma del Revisor(a) Nombre y firma del Revisor(a)

* solo aplica para el caso de tesis y tesina

C. c. p. Expediente

DEDICATORIA

*A mi madre **Sugey** y mi padre **Juan Carlos**, a quienes no me alcanzarían las palabras ni la vida para expresar mi agradecimiento, por ello lo demuestro dedicándoles este y cada uno de mis logros con amor, admiración y respeto.*

AGRADECIMIENTOS

Gracias mamá y papá por hacer de mí una buena persona, por su incansable esfuerzo en darme mucho más de lo necesario, por su amor incondicional, por ser los primeros en creer en mí en cada uno de mis proyectos y por estar presentes en todos mis logros.

Gracias Dana Paola, Dania Yeseli y Erika Samantha por ser un gran equipo que además de construir BIOCARSIN, recorrimos de la mano este camino de más de cuatro años que me deja grandes recuerdos.

Gracias maestros Jesús Aurelio y Arikani no solo por hacer posible este proyecto sino por ser la pieza clave que hizo de un equipo una familia.

Gracias a mi compañero de vida, por crecer a mi lado y ser mi soporte en cada etapa. Te amo, Mizael.

RESUMEN

El cambio climático y la creciente demanda de productos sostenibles han impulsado la búsqueda de alternativas ecológicas en la industria papelera. En este contexto, la presente investigación evaluó la viabilidad técnica, económica y ambiental de establecer una industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, utilizando rastrojo de maíz (*Zea mays*) como materia prima. Este enfoque busca ofrecer una alternativa sostenible al papel convencional y reducir la dependencia de la pulpa de madera, contribuyendo con la mitigación de la problemática ambiental actual.

Se llevaron a cabo pruebas experimentales para determinar las propiedades físico-mecánicas de los prototipos de papel y cartón obtenidos. Los resultados demostraron que presentan características comparables a los materiales comerciales en términos de gramaje, resistencia y permeabilidad al agua, cumpliendo con la normatividad vigente. Además, el análisis del tiempo de degradación en condiciones reales evidenció una reducción de un año a una semana en tiempo de biodegradación y un menor consumo de agua y energía para su producción en comparación con los procesos tradicionales.

La investigación concluye que la producción de papel a partir de residuos agrícolas es viable y representa una alternativa ecológica con un impacto positivo en la mitigación del cambio climático. La implementación de esta industria en Guasave podría fomentar la economía circular, generar empleos y reducir la contaminación generada por los empaques de un solo uso. Se recomienda ampliar los estudios para optimizar el proceso y evaluar su escalabilidad a nivel industrial.

Palabras clave: Papel, rastrojo de maíz, sustentabilidad, residuos agrícolas, embalaje biodegradable, economía circular.

ABSTRACT

Climate change and the growing demand for sustainable products have driven the search for eco-friendly alternatives in the paper industry. In this context, the present research evaluated the technical, economic, and environmental feasibility of establishing a paper and other paper products industry in Guasave, Sinaloa, using corn stubble (*Zea mays*) as feedstock. This approach aims to provide a sustainable alternative to conventional paper and reduce dependence on wood pulp, contributing to the mitigation of current environmental problems.

Experimental tests were conducted to determine the physical-mechanical properties of the paper and cardboard prototypes obtained. The results showed that they exhibit characteristics comparable to commercial materials in terms of weight, strength, and water permeability, complying with current regulations. Additionally, the degradation time analysis under real conditions demonstrated a reduction from one year to one week in biodegradation time and lower water and energy consumption for production compared to traditional processes.

The research concludes that paper production from agricultural waste is feasible and represents an eco-friendly alternative with a positive impact on climate change mitigation. Implementing this industry in Guasave could promote a circular economy, generate jobs, and reduce pollution from single-use packaging. It is recommended to expand the studies to optimize the process and assess its scalability at an industrial level.

Key words: Paper, paperboard, corn stubble, sustainability, agricultural residues, packaging.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2. JUSTIFICACIÓN.	16
3. HIPÓTESIS.....	18
3.1 Hipótesis	18
3.2 Hipótesis nula.....	18
3.3 Hipótesis alternativa	18
4. OBJETIVOS.	19
4.1 Objetivo general.....	19
4.2 Objetivos específicos.....	19
5. MARCO TEÓRICO.....	20
5.1 Marco conceptual	20
5.1.1 Subproducto agrícola.....	20
5.1.1.1 Rastrojo.....	20
5.1.2 Industria del papel	21
5.1.3 Cambio climático	21
5.1.4 Mitigación al cambio climático.....	22
5.1.5 Sostenibilidad.....	23
5.1.6 Economía circular.....	24
5.2 Marco referencial	25
5.2.1 Impacto ambiental del packaging	25
5.2.2 Material celulósico del maíz (<i>Zea mays</i>) en la elaboración de cartón.....	25
5.2.3 Elaboración de papel a base de residuos de banano	26
5.2.4 Elaboración de papel a partir de plantas.....	27
5.3 Marco teórico	28
5.3.1 Antecedentes históricos	28
5.3.2 Importancia de la industria papelera en México.....	29
5.3.2.1 La industria del embalaje en México	30
5.3.3 Proceso de producción del papel convencional.....	32
5.3.3.1 Tipos de cartón y derivados.	33
5.3.3.2 Repercusiones medioambientales de la producción de cartón convencional.....	34
5.3.3.3 Repercusiones medioambientales de la producción de basura en México.....	35
5.3.4 Principales residuos agrícolas de Sinaloa	36
5.3.4.1 El rastrojo de maíz: usos, características y eliminación.	37
5.3.5 Nacimiento del packaging ecológico.....	38
5.3.5.1 El consumo verde, características e impacto	39
5.3.6 Procesos productivos amigables con el planeta.....	40
5.4 Aspecto contextual del proyecto	41

5.4.1	Aspecto legal.....	42
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
6.1	Materiales.....	43
6.2	Método de investigación.....	43
6.2.1	Metodología para la elaboración del prototipo	44
6.2.1.1	Proceso 1.	44
6.2.1.2	Proceso 2.....	44
6.2.1.3	Proceso 3.....	45
6.2.1.4	Proceso 4.....	45
6.2.1.5	Modificaciones realizadas al proceso base.	46
6.2.2	Estandarización del proceso de elaboración del prototipo	47
6.3	Evaluación de la viabilidad económica	50
6.4	Evaluación del impacto social	51
6.5	Evaluación del impacto ambiental	52
6.6	Evaluación del nivel de madurez de la tecnología	53
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
7.1	Proceso de producción de prototipos	56
7.1.1	Proceso estandarizado de producción de papel	57
7.1.2	Proceso estandarizado de producción de cartón.....	58
7.1.3	Prototipos obtenidos	61
7.2	Evaluación de la viabilidad técnica	65
7.2.1	Características Físico-químicas del prototipo.....	66
7.2.2	Proyección del proceso de producción industrializado	68
7.2.2.1	Maquinaria.....	68
7.2.2.2	Mapa de flujo de valor	70
7.2.2.3	Tratamiento de agua residual.....	72
7.2.2.4	Bosquejo de diseño de planta	73
7.3	Viabilidad económica	76
7.3.1	Matriz FODA	77
7.3.2	Análisis PESTEL	80
7.3.3	Estudio de mercado	82
7.3.4	Modelo CANVAS.....	87
7.3.5	Análisis de las 13 P.....	89
7.3.6	Estudio económico.....	91
7.3.7	Evaluación financiera.....	93
7.3.8	Propuesta de marca.....	94
7.3.9	Planeación estratégica	96
7.4	Impacto social	97
7.4.1	Trabajo	97
7.4.2	Ubicación y entorno	98
7.4.3	Proveedores.....	99
7.5	Impacto ambiental	100
7.5.1	Estrategia de sustentabilidad	100
7.5.2	Los 3 pilares de la sustentabilidad	102
7.5.3	Comparativa con el proceso convencional	102

7.5.4	Impacto en el sector estratégico	104
7.6	Nivel de madurez de la tecnología.....	106
8.	CONCLUSIONES	107
9.	RECOMENDACIONES	109
10.	REFERENCIAS	110
11.	ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles de Madurez de la Tecnología (TRL).....	55
Tabla 2 Características observadas en los prototipos obtenidos.	63
Tabla 3 Resultados de las pruebas realizadas en los prototipos.	67
Tabla 4 Resultados obtenidos de análisis de agua residual.....	73
Tabla 5 Matriz FODA.....	78
Tabla 6 Análisis PESTEL	82
Tabla 7 Resultados obtenidos en el estudio de mercado.	86
Tabla 8 Modelo CANVAS.....	88
Tabla 9 Resultados del estudio económico.....	93
Tabla 10 Resultados del análisis de sensibilidad.....	93
Tabla 11 Resultados de la evaluación financiera.....	94
Tabla 12 Impacto en los tres pilares de la sustentabilidad.	102
Tabla 13 Comparativa del proceso propuesto con el proceso convencional.....	103
Tabla 14 Beneficios de la propuesta.	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de flujo del proceso de producción de papel a base de rastrojo de maíz.	58
Ilustración 2 Diagrama de flujo del proceso de producción de papel a base de rastrojo de maíz.	60
Ilustración 3 Proceso de producción de papel y cartón propuesto.	68
Ilustración 4 Mapa de Flujo de Valor Actual (VSM).	70
Ilustración 5 Mapa de Flujo de Valor Futuro (VSM).	71
Ilustración 6 Bosquejo de diseño de planta.	76
Ilustración 7 Propuesta de isotipo.	95
Ilustración 8 Propuesta de nombre de marca.	96
Ilustración 9 Modelo de economía circular.	105
Ilustración 10 Prototipo de liner más flauta corrugada.	118
Ilustración 11 Prototipo de cartón corrugado doble.	118
Ilustración 12 Prototipo principal: Cartón corrugado simple.	119
Ilustración 13 Prototipo de cartoncillo a base de rastrojo de maíz.	119
Ilustración 14 Prototipo de cartón corrugado triple.	120
Ilustración 15 Vista superior del prototipo principal.	120
Ilustración 16 Prototipo de papel a base de rastrojo de maíz.	121
Ilustración 17 Impresión sobre prototipo de papel.	121
Ilustración 18 Prototipo de cartoncillo a base de rastrojo de frijol.	122
Ilustración 19 Caja de cartón a base de rastrojo de maíz.	122
Ilustración 20 Vista interna de las capas del prototipo de caja de cartón.	123
Ilustración 21 Rastrojo de maíz triturado.	123
Ilustración 22 Prototipo de flauta corrugada.	124
Ilustración 23 Pulpa de rastrojo de maíz.	124
Ilustración 24 Fibras resultantes del proceso de deslignificación.	125
Ilustración 25 Pulpa en molde en proceso de secado al sol.	125
Ilustración 26 Proceso de transformación de la materia prima.	126
Ilustración 27 Formato de encuesta aplicada en el estudio de mercado.	127

INTRODUCCIÓN.

La frase de George Bernard Shaw, “No nos hacemos sabios por el recuerdo de nuestro pasado, sino por la responsabilidad de nuestro futuro”, hace referencia a que es necesario adquirir nuevos compromisos que permitan afrontar las problemáticas ambientales actuales con una visión encaminada hacia un futuro sostenible. En este contexto, la creciente demanda global de productos derivados del papel y los desafíos ambientales asociados a su producción tradicional, ha impulsado la necesidad de buscar alternativas más sostenibles y responsables con el medio ambiente. Este proyecto propone el desarrollo de una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, basada en el aprovechamiento de residuos agrícolas, utilizando principalmente el rastrojo de maíz, para producir papel de manera ecológica y eficiente. Esta propuesta no solo responde a la necesidad de sustituir la materia prima convencional (como la madera) por recursos naturales más abundantes y renovables, sino que también busca contribuir activamente a la mitigación del cambio climático y al desarrollo económico local y regional.

Guasave, Sinaloa, conocido como “El corazón agrícola de México” por su importante actividad agrícola, se presenta como el lugar idóneo para implementar esta industria debido a su proximidad a la materia prima y su potencial de crecimiento económico.

Este proyecto busca evaluar la factibilidad económica, social y ambiental de una nueva industria de papel y derivados, que utilice el rastrojo de maíz como materia prima, alineándose con los principios de la economía circular y desarrollo sostenible. Además, se busca fomentar la inclusión social, proporcionando un modelo de negocios que involucre tanto a pequeños agricultores como a otros actores locales en la cadena de valor.

Este documento se compone de once capítulos. En el primero se presenta el contexto de la problemática ambiental y económica de la región, en el segundo capítulo se justifica cómo una nueva industria productora de papel a base de residuos agrícolas permitiría mitigar la problemática detectada, referenciado con datos sobre la situación

medioambiental y de la industria papelera actual; en el tercer capítulo se muestra la hipótesis de investigación; mientras que en el cuarto capítulo se presenta el objetivo general antes mencionado y los objetivos específicos de la misma; en el quinto capítulo se plasman los antecedentes y fundamentos teóricos del proyecto; en el sexto capítulo se describen los materiales y métodos utilizados, así como las tecnologías y procesos utilizados para la transformación de residuos agrícolas en papel y sus derivados; los resultados obtenidos se presentan en el séptimo capítulo; mientras que en el octavo capítulo se plantean las conclusiones obtenidas; el noveno capítulo muestra las recomendaciones de la autora, en el décimo capítulo se presentan las fuentes bibliográficas citadas y finalmente en el capítulo onceavo se presentan los anexos.

El desarrollo de este proyecto, busca demostrar que la implementación de una industria de papel y derivados a partir de subproductos agrícolas en Guasave, Sinaloa, además de ser viable económicamente, representa una solución innovadora y necesaria para una producción sostenible y responsable con el medio ambiente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El cambio climático y el deterioro ambiental son problemas urgentes que requieren soluciones innovadoras y sostenibles. Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2015), México enfrenta el reto de atender una serie de problemas ambientales que pueden constituir serios obstáculos para alcanzar la sustentabilidad en el futuro, como la pérdida de ecosistemas, las escases y contaminación de recursos hídricos y mala calidad del aire. Problemáticas que además de afectar el equilibrio ecológico, ya han trascendido a la esfera económica en donde impactan negativamente la producción y el comercio.

Uno de los sectores que tiene un mayor impacto ambiental es la producción de empaques de un solo uso, debido a que producen grandes cantidades de basura que, dependiendo del material con el que esté elaborado, pueden tardar hasta miles de años en biodegradarse, lo que incrementa la contaminación y afecta negativamente los ecosistemas. Hoy en día el cartón, derivado del papel, es una de las mejores opciones para embalaje ya que ha evolucionado de tal manera que, tiene diversos usos, además de ser biodegradable en un corto periodo de tiempo. Sin embargo, la industria papelera afecta considerablemente al ambiente, debido a que consume alrededor de 150,000 y 200,000 litros de agua (SEMARNAT, 2015) y requiere aproximadamente 7000 kWh por tonelada producida (Fundación Canal, 2009), ubicándose así en el quinto lugar entre los sectores industriales de mayor demanda energética, representando un 4% del consumo mundial. Además, esta industria depende en gran medida de la tala de árboles, contribuyendo directamente a la deforestación y como consecuencia, al cambio climático.

Ante este contexto, una solución viable y sostenible es el uso de subproductos agrícolas como materia prima para la producción de papel y sus derivados. Esta alternativa permitiría reducir el impacto antropogénico, disminuir el consumo de agua y energía que genera la industria papelera y contribuir a la mitigación del cambio climático al evitar la emisión de CO₂ generada por la quema de residuos agrícolas. Asimismo, enfrentará problemáticas como el consumismo, la falta de conciencia ambiental y la responsabilidad

empresarial, dado a que el papel elaborado de subproductos agrícolas reintegra a la naturaleza en menor tiempo que el papel convencional. Además, de implementar la economía circular al darle un valor agregado a los desechos del sector agrícola.

En la región de Guasave, Sinaloa, la actividad económica predominante es la agricultura, generando grandes volúmenes de subproductos que en muchos casos no son aprovechados o simplemente son quemados, contribuyendo a la contaminación ambiental. La implementación de una industria papelera que utilice estos subproductos beneficiarían directamente a la economía local al generar nuevas oportunidades de negocio y empleo, además que promoverá prácticas más sostenibles.

A partir de este análisis de las posibles mejoras en la producción de cartón, surge la siguiente pregunta de investigación ¿Es posible contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la planeación de una industria de papel y derivados utilizando como materia prima subproductos agrícolas con viabilidad económica y social?

2. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo de una industria de papel y derivados a partir de subproductos agrícolas en Guasave, Sinaloa, responde a la necesidad de mitigar el impacto ambiental de la producción de papel tradicional y ofrecer una solución sustentable al problema de los residuos sólidos generados por los empaques. Este proyecto contribuirá a la reducción del consumo de agua y energía en la producción de papel, así como a la disminución de la deforestación, promoviendo prácticas empresariales más responsables con el medio ambiente. Además del beneficio ecológico, esta propuesta impulsa el desarrollo económico al aprovechar subproductos agrícolas que anteriormente eran considerados desechos, promoviendo un modelo de producción basado en economía circular y el uso eficiente de recursos. La implementación de este tipo de industria podría marcar una diferencia significativa en el manejo de los recursos naturales y en la transición hacia un modelo de producción más sustentable.

La gestión de los residuos es uno de los principales desafíos ambientales. En México, cada persona produce casi un kilo de desechos sólidos al día, acumulando poco más de 42 millones de toneladas anuales, donde el papel y sus derivados representan una proporción significativa (SEMARNAT, 2015). Paralelamente, el sector agrícola enfrenta el desafío de maximizar el aprovechamiento de sus recursos y reducir su impacto ambiental (Cortez, 2020). La implementación de esta industria contribuiría a cubrir esta necesidad, al reutilizar desechos agrícolas que, normalmente son subvalorados o quemados, agravando la contaminación ambiental. Es necesario que las empresas agrícolas sinaloenses se inclinen por adoptar estrategias que las conduzcan a la creación de modelos de negocios innovadores, que incorporen principios de economía circular.

Si bien el propósito de la agricultura es obtener productos para la alimentación humana; suele dejarse de lado el residuo de las cosechas. El cultivo de maíz, con más de 7.5 millones de hectáreas en México (SADER, 2020); genera grandes volúmenes de rastrojo equivalente al 50% de la biomasa total de la planta. (Tollenaar et al., 2006). Su aprovechamiento como materia prima para papel y derivados ofrece una alternativa

sostenible para reducir el desperdicio agrícola y la dependencia de la madera en la industria papelera.

Esta investigación servirá como punto de partida para futuros estudios sobre nuevos usos de los desechos agrícolas, así como para impulsar mejoras continuas en la industria del embalaje. Los beneficios se extienden a la sociedad, promoviendo el uso de empaques responsable que garantice una mejor calidad de vida para las generaciones presentes y futuras. A nivel empresarial, esta propuesta pretende adoptar procesos más sustentables y sostenibles, mientras que el sector agrícola podrá generar valor agregado a sus subproductos, fortaleciendo la economía local y reduciendo la generación de residuos.

3. HIPÓTESIS.

3.1 Hipótesis

Es posible elaborar papel y derivados a partir de rastrojo de maíz mediante un proceso sustentable y económicamente viable, que además contribuya a la mitigación del cambio climático y genere beneficios sociales en Guasave, Sinaloa.

3.2 Hipótesis nula

No es posible elaborar papel y derivados a partir de rastrojo de maíz mediante un proceso sustentable y económicamente viable, que además contribuya a la mitigación del cambio climático y genere beneficios sociales en Guasave, Sinaloa.

3.3 Hipótesis alternativa

Es posible elaborar papel y derivados a partir de rastrojo de maíz, pero mediante un proceso que no sea sustentable o que no resulte viable económicamente o socialmente en Guasave, Sinaloa.

4. OBJETIVOS.

4.1 Objetivo general.

Evaluar la viabilidad económica, social y ambiental de una nueva industria de papel y derivados en la región de Guasave, Sinaloa, utilizando el rastrojo de maíz como materia prima, que contribuya a la mitigación del cambio climático

4.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar un prototipo que cumpla con los estándares de calidad requeridos según la normatividad vigente, utilizando el rastrojo de maíz como principal materia prima.
- Analizar la viabilidad económica de la industria papelera dedicada a la transformación de subproductos agrícolas, dando respuesta a áreas de mejora y eficiencia en comparación con la producción convencional.
- Diagnosticar el impacto social y ambiental de la instalación de una industria papelera en Guasave, Sinaloa, considerando su contribución a la sostenibilidad y el desarrollo local.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1 Marco conceptual

5.1.1 Subproducto agrícola

Gasa y Castrillo (2006) define a los subproductos agroindustriales como los residuos sólidos o semisólidos generados en la actividad agraria, como derivado de la recolección del producto deseado o de alguna etapa del proceso de la cadena de transformación. Según AIMPLPAS (2021), los subproductos agrícolas son como aquellos desechos que se generan a partir de las actividades del sector primario, especialmente de la agricultura.

Los subproductos agrícolas, como los residuos de caña de azúcar, eucaliptos australianos, arroz y maíz, son poco aprovechados, especialmente el rastrojo que generalmente es utilizado para alimento de animales. Sin embargo, estos materiales tienen un gran potencial para ser utilizados en diferentes procesos y agregarles valor. La calidad final del papel y sus derivados depende directamente del tipo de subproducto empleado en su proceso de fabricación.

5.1.1.1 Rastrojo

Ruiz et al. (2015) denominaron rastrojo o biomasa a todos los restos de la estructura de la planta que permanecen después de cosechados los granos, refiriéndose a todos los residuos que queda en el suelo después de la cosecha de los cultivos, incluidos los restos de malezas. Con el rastrojo obtenido, se producen pajas las cuales sirven para estimar la cantidad de rastrojo producido en el cultivo.

El rastrojo es poco utilizado por los agricultores, ya que, dependiendo del tipo de cultivo, una gran parte es destinada a la alimentación animal, y en muchas ocasiones, se quema. Sin embargo, Ibarguren et al. (2019) indican que el rastrojo cumple un rol clave en la cobertura del suelo en los esquemas de producción de siembra directa.

5.1.2 Industria del papel

La industria del papel abarca tanto la producción como la transformación de materiales celulósicos para crear una amplia variedad de productos de papel y cartón que son utilizados en la vida cotidiana desde industrias como la editorial, la educación, la publicidad, el embalaje y la higiene.

La cámara del papel menciona que, según datos del 2022, actualmente la Industria productora de papel en México requiere del orden de 6 millones 792 mil toneladas de fibra para la producción de 6 millones 497 mil toneladas de papel, afortunadamente según la misma fuente, del total de material el 90.2% corresponde a fibras secundarias, el restante 9.8% de material fibroso utilizado para la producción de papel corresponde a fibras vírgenes, y dentro de este rubro menos del 0.01% es celulosa de bagazo de caña.

De esta forma, con el esfuerzo realizado por las empresas papeleras, en la producción de papel se ha pasado de una utilización del 60.6% de fibras secundarias en 1987, a una del 90.2% en 2022.

Es fundamental recalcar que, como se mencionó anteriormente en el tema del uso de fibras; la Industria de la Celulosa y el Papel en México ha hecho importantes inversiones de capital en investigaciones e infraestructura, con el objetivo de aumentar considerablemente el reciclaje de fibras secundarias y el aprovechamiento del bagazo de caña en búsqueda del apoyo a la reducción del cambio climático.

5.1.3 Cambio climático

Las naciones unidas a través de su sitio web señalan que el cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, debido a variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas grandes. Esta fuente recalca que a pesar de que el cambio climático es un proceso natural, desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del mismo.

Según las naciones unidas las emisiones principales de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano donde se considera como principales emisores a el desmonte de tierras y bosque, la agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas, la energía, la industria, el transporte y los edificios. Las consecuencias del cambio climático incluyen ahora, entre otras, sequías intensas, escasez de agua, incendios graves, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos, tormentas catastróficas y disminución de la biodiversidad.

Desde la Revolución Industrial, los procesos productivos se centraron principalmente en el sector económico, priorizando la producción en masa, la rapidez y la distribución, sin tener en cuenta las consecuencias de los desechos, las emisiones de gases contaminantes, el derrame de petróleo, entre otros impactos ambientales. Estas prácticas, implementadas hace ya varias décadas, han dejado una huella significativa en la calidad de los suelos, el aire y los océanos, afectando de manera directa la calidad de vida de los seres vivos que dependen de estos recursos. Entre las problemáticas más alarmantes se destacan el cambio climático, la extinción de especies de flora y fauna, y el deshielo de los polos.

Ante este panorama, adoptar enfoques más sostenibles y transformadores, orientados hacia un modelo de consumo y producción verde, resulta crucial no solo para el bienestar del planeta, sino también para el de quienes habitan en él buscando mitigar el cambio climático.

5.1.4 Mitigación al cambio climático

El 12 de marzo de 2024 el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo publicó un artículo en el que menciona que la mitigación del cambio climático implica medidas para reducir o prevenir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las actividades humanas. Algunos de los esfuerzos para lograrlo incluyen la transición a fuentes de energía renovables, la mejora de la eficiencia energética, la adopción de prácticas agrícolas regenerativas y la protección y restauración de bosques y ecosistemas críticos.

En este sentido se destaca la importancia de, al ser Guasave una región agrícola relevante, es cuestión de tiempo para que la adopción de prácticas agrícolas regenerativas no sea una opción sino una necesidad y posteriormente una obligación. Además, la propuesta impacta directamente en el punto de la restauración de bosques al proponer una alternativa de materia prima para la producción de papel.

5.1.5 Sostenibilidad

El origen del concepto de desarrollo sostenible proviene de la Comisión Brundtland, constituida por la Asamblea General en 1983 que en su informe titulado “Nuestro Futuro Común” (1987) presentaba el término “desarrollo sostenible” como “el desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro de satisfacer sus propias necesidades”, y según la CEPAL buscaba atender tanto las demandas por una agenda de protección del medio ambiente como las de asegurar el desarrollo de los países con menor nivel de desarrollo (CEPAL, 2019).

Las Naciones Unidas, en el ODS 9, subrayan la importancia de impulsar una industria sostenible. Entre las razones principales se incluyen el fomento de la innovación, la optimización de los recursos en cada uno de sus procesos y el incremento de la competitividad que caracteriza.

La Universidad Carlemany (2024) menciona que para crear empresas sostenibles, es esencial realizar un estudio previo del negocio, comprender el contexto social y económico, y analizar las oportunidades del mercado tal como se presenta en esta propuesta de una nueva industria de papel y derivados. Se requiere además una definición precisa de los procesos y la metodología a implementar solo es posible al contar con profesionales especializados en la industria, sostenibilidad y desarrollo de negocio.

Para lograr una industria sostenible, es fundamental incorporar diversas características clave. Entre ellas se destacan la eficiencia energética, conservación de recursos,

condiciones seguras de trabajo, mejora de la capacitación del personal, procesos productivos de bajo desperdicio y uso de materiales seguros y compatibles con el medioambiente. Todos los puntos mencionados son abordados en esta propuesta.

Según la UCMA (2024) la primera concepción de una industria sostenible se fundamentaba en la idea de que, hasta ese momento, las industrias que no generaban contaminación utilizaban una mayor cantidad de mano de obra y un menor uso de recursos materiales.

5.1.6 Economía circular

El objetivo de la economía circular es preservar el valor de los materiales y productos durante el mayor tiempo posible, evitando enviar de regreso a la naturaleza la mayor cantidad de desechos que sea posible y logrando que estos se reintegren al sistema productivo para su reutilización (Deckymn, 2018; Solórzano, 2018; Ellen MacArthur Foundation, 2013). De esta forma, se reduce la generación de residuos al mínimo y se cierra su ciclo de vida, de modo tal que los residuos no sean vistos como desechos sino como recursos (Zaman, 2010)

En los procesos que emplean una menor cantidad de materiales nuevos, incluidos aquellos que puedan reutilizarse o reciclarse, también se identifican importantes beneficios económicos y ambientales. Estos procesos resultan en ahorros en los costos de materiales, energía y mano de obra, además generan un menor impacto en el aire, el suelo y el agua, y reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero. Se sugieren, además, procesos en los que se recuperen materiales que puedan rediseñarse y tengan nuevos usos. Además, se puede identificar y recuperar materiales puros que no hayan sido contaminados y que mantengan su calidad y propiedades, por lo que pueden reutilizarse en la fabricación primaria, lo que prolonga la productividad del material (Ellen MacArthur Foundation, 2017b).

5.2 Marco referencial

5.2.1 Impacto ambiental del packaging

Santamaría (2015) en su investigación sobre los materiales convencionales en la elaboración de packaging y su incidencia en la contaminación ambiental en el Cantón Baños, concluye que el uso de materiales como el plástico, específicamente el polietileno de baja densidad, tiene un impacto negativo en el medio ambiente. A pesar de ser uno de los materiales más económicos y fáciles de manipular, su proceso de degradación es muy lento, agregando las emisiones tóxicas generadas durante su producción, han generado contaminación a largo plazo. La investigación sugiere que la implementación de alternativas sostenibles en la producción de packaging, que reduzcan el impacto ambiental, podría promover el consumo responsable y la conservación del entorno natural.

Una alternativa innovadora y sostenible para abordar la problemática actual del packaging es utilizar materiales biodegradables que se descompongan en cortos periodos de tiempo, como el papel o cartón fabricados a partir de residuos agroindustriales

5.2.2 Material celulósico del maíz (*Zea mays*) en la elaboración de cartón

Rendon Pozo (2021) evaluó el uso de material celulósico de los residuos agroindustriales del maíz en el proceso de elaboración de cartón, donde concluyó que es posible obtener cartón de buena calidad a partir de este material celulósico, debido a que cumplieron con los estándares establecidos por las normas TAPPI, estableciendo que sus características físicas, químicas y mecánicas dependen directamente del proceso realizado para la obtención de la pulpa. Reveló que el pH final del cartón está influenciado por el medio químico utilizado durante la obtención de la pulpa, en cambio el contenido de humedad fue alto y no varió al cambiar la materia prima; mientras que las pruebas de espesor y porosidad mostraron que todas las materias primas proporcionaron un buen espesor debido al rendimiento de la pulpa obtenida.

Rendon Pozo (2021) también evaluó el tiempo de cocción, donde se observó que los residuos de tusa necesitaron un tiempo de cocción de seis horas, sin importar el medio químico utilizado, mientras que las hojas y tallos presentaron tiempos de cocción más cortos. El análisis de los métodos de cocción mostró diferencias en la coloración de las fibras, dependiendo del reactivo químico utilizado. En cuanto al rendimiento de pulpa, el mejor resultado se obtuvo con el método de Wise para el tallo, mientras que el método de Kushner y Hoffner ofreció los mejores rendimientos para el elote y las hojas. Además, el elote generó un cartón con mayor gramaje (82 g). Finalmente, la simulación del proceso industrial sugirió que el tallo es el residuo más adecuado para la producción de cartón, debido a su eficiencia en términos de tiempo, energía y capacidad de producción.

5.2.3 Elaboración de papel a base de residuos de banano

Cortez Vega (2014) en su investigación sobre la elaboración de papel a base de residuos de banano concluyó que es económicamente viable producir papel utilizando residuos de esta fruta, debido a que en Ecuador es uno de los principales productores de esta materia prima, lo que garantiza una fuente constante de materia prima. Los residuos de banano, que actualmente son desechados por los productores, representan una oportunidad tanto para ellos como para las empresas, ya que se pueden adquirir a bajo costo. Además, el estudio de mercado mostró una creciente demanda de productos ecológicos, lo que hace que la comercialización de papel de banano a las cadenas mayoristas de papelerías sea una opción atractiva. La existencia de múltiples proveedores en Ecuador también favorece el desarrollo de la cadena de valor, ya que garantiza la continuidad en el suministro de materia prima.

Desde el punto de vista financiero, el análisis realizado por Cortez Vega reveló que el proyecto es rentable, ya que el TIR del 29% supera el TMAR de 18,66%, y el VAN de \$72,783.38 es positivo, lo que demuestra la viabilidad del proyecto desde el primer año. Además, se prevé un crecimiento en las ventas del 5% anual debido al auge de la industria papelera en el país. Los indicadores financieros, como la liquidez y la rotación

del patrimonio, también muestran un sólido desempeño de la empresa, lo que confirma su capacidad para generar rentabilidad y cumplir con sus obligaciones a corto plazo.

5.2.4 Elaboración de papel a partir de plantas

Jaramillo et al. (2017) señalan que por siglos se ha elaborado papel a partir de fibras vegetales y animales, estas técnicas antiguas que hasta hoy se usan para la elaboración de papel artesanal han funcionado bastante bien para pequeñas cantidades de papel destinado a la impresión en serigrafía o manual que no demanden mayor calidad ni parámetros técnicos de su constitución. Hasta el siglo XVII fue una labor artesanal, que no alteraban en ningún caso la estabilidad y salud ecológica de los ecosistemas naturales. (Jaramillo et al., 2017)

El 23 de agosto de 2019, se publicó en la plataforma YouTube un video titulado "Juan Barbé, Papergilea", como parte de una serie documental creada para la Diputación de Gipuzkoa, en colaboración con la asociación Artiola. Esta serie tiene como propósito documentar las artesanías de Guipúzcoa. En el video, se muestra un método para la producción de papel artesanal, utilizando como materia prima plantas y telas disponibles en la región. Juan Barbé, ingeniero del papel ha viajado por muchos países en busca de fibras alternativas a la madera, con el fin de demostrar que el papel no se limita únicamente a provenir de los árboles, demostrando que es posible producir papel con diferentes colores, texturas y propiedades según la planta utilizada.

El proceso de fabricación del papel comienza con la eliminación de la lignina, un componente de las plantas que mantiene unidas las fibras pero que impide la creación de papel. Para eliminarla, Barbé corta las plantas para exponer la mayor superficie posible, las cuece con una solución alcalina (usando sosa al 20%, carbonato sódico o cal), y luego las lava hasta que la fibra está completamente limpia. El tiempo de cocción varía según el tipo de planta, y una vez que la fibra se aplasta con facilidad, se procede a batirla y usar moldes de madera para formar las hojas de papel. Este proceso demuestra que el papel puede fabricarse a partir de una amplia variedad de materiales

vegetales, más allá de los tradicionales derivados de los árboles (Doza Producciones, 2019).

5.3 Marco teórico

5.3.1 Antecedentes históricos

Durante la prehistoria, el ser humano tuvo la necesidad de preservar los alimentos para los tiempos de escasez, lo que dio origen al uso de diferentes recipientes o envolturas para guardar sus alimentos y bebidas, elaborados de diferentes materiales: vasijas de arcilla, cestos de fibras vegetales, hiervas entrelazadas y cueros de animales. Así nació el embalaje, ante la necesidad de disponer de herramientas que permitieran llevar consigo provisiones, mismos que fueron utilizados para transportar mercancías una vez iniciado el comercio (Castillo, Trejo, & Muñoz, 2013).

En años posteriores, surge el papel y comenzó a utilizarse en la industria del packaging o embalaje debido a su ligereza y bajo costo, a pesar de que tardó muchos años en lograr posicionarse en todo el mundo ya que funcionaba para labores de envoltura, protección y empaquetado. El proceso de desarrollo del papel, cuya materia prima proviene de la celulosa extraída de la madera, fue relativamente lento, por lo que su descubrimiento se adjudica a distintos personajes y tiempos.

Sin embargo, la producción de papel mejoró tanto que fue la base para el nacimiento de un material aún mejor en materia de empaques, el cartón. Según Alec Davis (1968), el primer fabricante de cajas de cartón fue M. Treverton en Londres en 1817, quien logró comercializarlas. En 1840, Valréas, Francia, apareció una prospera industria destinada a la producción de cajas de cartón para el transporte de gusanos de seda, consolidándose como la capital europea del cartón. Gracias a sus ventajas económicas, como su bajo costo y alta resistencia, el cartón desplazó a las cajas de madera, popularizándose especialmente en el siglo XX (Rodríguez, 2019).

En fechas más recientes surge el concepto de sustentabilidad, debido a la creciente preocupación por el medio ambiente y a la necesidad de comenzar a cuidar los recursos naturales y mitigar los impactos ambientales generados por la existencia humana, lo que trajo como consecuencia el interés del sector empresarial en la adaptación de sus procesos para hacerlos más sustentables, como la industria de la empaquetecnia.

Los embalajes de material reciclado, los derivados de papel, la búsqueda de nuevos materiales elaborados de materia prima vegetal, la lucha para encontrar un sustituto de plástico biodegradable (bioplástico), entre muchas otros, han sido los intentos de la empaquetecnia por convertirse en una industria verde, sin embargo la naturaleza de esta lo convierte en una misión difícil debido a que los consumidores suelen ver los embalajes como empaques de un solo uso y proceden a desecharlos sin sacarle el mejor provecho a las propiedades de estos, como la capacidad de algunos de ser reutilizados o reciclados.

En la actualidad, con el auge de las compras en línea, el embalaje sobre todo en cajas de cartón, vive su momento de mayor auge. Sin embargo, es usual que estos paquetes vengan embalados con empaque individual, burbujas de plástico, bolsas, plásticos duros, empaque para agrupar varios productos además de la caja de la paquetería; lo cual difiere de la búsqueda de cumplimiento de los objetivos medioambientales de la actualidad. Por todo lo anterior, tiene la necesidad de mejorar los materiales de embalaje que se usan en la actualidad, sustituyéndolos por otros de origen natural con materias primas renovables cuya producción no genere impactos antropogénicos. Además, se anticipa que las empresas se verán presionadas por un mercado más exigente en cuanto a la responsabilidad ambiental, lo que las motivará a adoptar opciones más ecológicas, dejando atrás el uso de plásticos convencionales y priorizando alternativas más responsables como el papel (Rodríguez, 2019).

5.3.2 Importancia de la industria papelera en México

La importancia de la industria papelera radica en el uso de este material en la vida y la sociedad actual; debido a que se ha convertido en uno de los principales materiales de

embalajes en los mercados actuales. Quintas & López (2010), señalan que, en México, el consumo aparente de los artículos elaborados por la industria del papel asciende a 6.7 millones de toneladas. El 55% del consumo corresponde al papel para empaque, 25% a papel para escritura e impresión. El papel de uso higiénico o facial representa el 13% del consumo nacional aparente, y los papeles especiales como las cartulinas, papel de China y otros utilizados en la industria editorial y en las artes gráficas, representan el 7% restante; en este contexto, el sector papelerero mexicano se ha preocupado por diversificarse y estar presente en distintos aspectos de la vida diaria.

Actualmente, la industria de la celulosa y el papel en México genera alrededor de 3,400 millones de dólares al año, que representa un 2% de la producción manufacturera y un 0.4% del Producto Interno Bruto (PIB). Este sector ha crecido anualmente en un 3.5% del año 2003 al 2008, aunque en el primer trimestre del 2009 se observó una reducción del 0.5% respecto al mismo periodo anterior (Quintas & López, 2010).

A pesar de su importancia, la industria papelerera enfrenta algunos retos, como el aumento de los costos de energía, la competencia con otros materiales sustitutos (como plásticos y empaques sintéticos), y las preocupaciones ambientales relacionadas con la deforestación, por lo que requiere realizar mejoras en el proceso confesional que actualmente realizan.

5.3.2.1 La industria del embalaje en México

Según la norma oficial mexicana NOM-EE-148-1982, el embalaje es todo aquello que envuelve, contiene, protege y facilitan el transporte y manejo, e identifica los productos contenidos. Desde sus orígenes, cuando el ser humano buscaba formas de conservar y transportar alimentos, el embalaje ha evolucionado con las necesidades propias del mercado. Durante años, la madera fue el material predominante hasta que fue reemplazada por plástico debido a su versatilidad hasta que se consolidó como el material dominante en la industria del packaging. Según diversos autores, este sector experimentó un crecimiento significativo para México durante la pandemia por SARS-CoV-2, debido al incremento de compras en línea lo que impulsó su valor de mercado a 17 mil millones de

dólares en el 2020, un incremento del 7% respecto al año anterior. Este crecimiento se reflejó también en el empleo, con 76 mil puestos directos en áreas como madera, metal, papel, cartón, plástico y vidrio. Garcia (2021), indicó que las plazas laborales en esta área productiva del país crecieron 2% en 2019 y 3% en 2020. Lo cual quiere decir que, debido a este dinamismo, no se vio afectado el empleo en este sector industrial.

Solunio (2022) reporta que la producción de envases de plástico también creció, alcanzando 13.9 millones de toneladas en 2021, y se proyecta un aumento continuo en los próximos años. Según la Asociación Mexicana de Envase y Embalaje (AMEE), la industria del embalaje representa aproximadamente el 2% del PIB nacional y se espera un crecimiento anual del 14% hasta 2028. El aumento en la producción de envases refleja la evolución de las demandas de consumo y las tendencias tecnológicas, lo que posiciona a la industria del embalaje como un sector clave en la economía mexicana.

Las predicciones del incremento en el impacto de la industria del embalaje así como sobre el aumento en la producción de envases fueron acertadas ya que el 7 de enero del 2025 a través del sitio web The Food Tech la reportera Guillermina García informó que Hiram Cruz, director general en El Mundo del Envase mencionó que en 2023 esta industria tuvo un crecimiento de 5.2% lo que se traduce en poco más de 15 millones de toneladas de envases, según García Hiram estimaba para 2024 un crecimiento del 5.5%, es decir, más de 16 millones de toneladas de envases.

Toda la evidencia presentada indica que la industria del embalaje seguirá experimentando un crecimiento exponencial, similar al observado en los últimos años. Este crecimiento sostenido refleja tanto la adaptación a nuevas demandas del mercado como la evolución de las tendencias tecnológicas y de consumo. Tal como lo menciona Mordor Intelligence (2024), donde se afirmó que la industria del embalaje en México está preparada para crecer a una tasa compuesta anual del 14% para 2028.

5.3.3 Proceso de producción del papel convencional

Según Gómez (2014) en las fábricas de pasta y papel transforman la fibra celulosa (ya sean troncos o astillas) en productos papeleros acabados. Este proceso de fabricación precisa miles de litros de agua por cada tonelada de material acabado, el uso de distintas sustancias químicas, y altas cantidades de energía. Dentro de los principales factores a considerar en la producción del papel se encuentra la madera utilizada, el consumo y contaminación de agua y aire; los agentes químicos utilizados, altos consumos de energía y las condiciones de trabajo de los empleados.

El proceso de producción del papel inicia con la reducción de la materia prima (troncos o astillas de madera) a pasta. Actualmente son dos los métodos más comunes para obtener la pasta de la madera, mediante el pasteado químico (proceso kraft) y el pasteado mecánico. Durante el método químico se producen fibras destinada a la fabricación de papeles de alta calidad, menciona Tchobanoglour (1994) que este proceso implica la utilización de hidróxido de sodio y sulfuro sódico para extraer la lignina de las fibras de la madera y que requiere el uso de digestores, durante este proceso se utiliza menos energía que el mecánico, pero también genera menos cantidad de fibra utilizable por cada tonelada de materia prima. En cambio, durante el pasteado mecánico se utiliza la fuerza acompañado de calor para lograr la separación de la lignina y la celulosa, los rollos de madera son presionados contra un cilindro de piedra recubierto con una sustancia abrasiva que gira a grandes velocidades, produciendo un incremento de la temperatura que permite separar las fibras, por lo que requiere una mayor cantidad de energía, pero utiliza menos sustancias químicas y menos cantidad de árboles para generar la misma cantidad de pasta que el método químico; los papeles producidos en base a estas pulpas tienen características especialmente ventajosas para ciertos tipos de impresión, como periódicos y guías telefónicas, debido a que los atributos de resistencia de estos papeles son bajos (Gómez, 2014).

Una vez obtenida la pulpa se procede al blanqueo o a añadir color al papel según aplique. Según Sanjuán (1997), en la industria papelera el blanqueo se realiza en condiciones

estrictamente controladas para obtener celulosa blanqueada con alta pureza química, donde se han utilizado diferentes agentes químicos como: cloro gas (Cl_2), dióxido de cloro (ClO_2), hipoclorito de sodio (NaOCl), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), oxígeno (O_2) y ozono (O_3).

Finalmente, se procede a la formación de las hojas de papel mediante una máquina de papel o máquina de prensa. La pulpa líquida se vierte sobre una malla metálica que filtra el agua, permitiendo que las fibras de celulosa se agrupen formando una capa continua. Pocheteca (2021) indica que una vez que se ha secado, la pasta se somete a un proceso prensado donde se introduce en rodillos giratorios calientes para obtener el grosor deseado e imprimirle las marcas al papel de ser necesario y liberarlo al 100% de la humedad.

5.3.3.1 Tipos de cartón y derivados.

El cartón es un material ligero, estructurado por una capa central de papel ondulado (flauta), reforzada por dos capas de papel liso. Su resistencia proviene de la interacción de estas capas, lo que permite su uso en diversas aplicaciones industriales y comerciales. Existen varios tipos de cartón, como el cartón corrugado, nido de abeja, cartoncillo, cartón gris, y cartón compacto, cada uno diseñado para cumplir funciones específicas, como optimizar el espacio, ofrecer resistencia o proporcionar acabados estéticos en el packaging. Los cartones más utilizados incluyen los de tres y cinco capas, los cuales brindan alta rigidez y resistencia.

El cartón reciclado juega un papel crucial en la sostenibilidad, reduciendo la demanda de materias primas vírgenes, evitando la tala de árboles y disminuyendo la contaminación. El reciclaje contribuye a la reducción de la huella de carbono y al ahorro de recursos naturales como agua y energía. México es uno de los principales países recicladores de papel, logrando grandes avances en la reducción de emisiones de CO_2 a través del reciclaje de cartón.

En cuanto a los beneficios del uso del cartón en comparación con el plástico, este último genera mayores impactos medioambientales debido a su dificultad para descomponerse, mientras que el cartón es biodegradable y reciclable. El cartón también es más económico, requiere menos agua y electricidad para su fabricación, y presenta menos impacto ambiental en términos de emisiones de CO₂. Aunque el plástico tiene algunas ventajas en resistencia y estabilidad, el cartón destaca por su menor coste, mayor facilidad de almacenamiento y su carácter sostenible, lo que lo convierte en una opción preferida en muchas aplicaciones, especialmente dentro de la industria del packaging.

5.3.3.2 Repercusiones medioambientales de la producción de cartón convencional.

La producción de papel genera un significativo impacto ambiental, ya que implica el consumo intensivo de recursos naturales y la generación de diversas formas de contaminación. Este proceso contribuye principalmente a la deforestación, que acelera la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas, debido a la alta demanda de madera. Además, la tala indiscriminada de árboles reduce la capacidad de los bosques para absorber dióxido de carbono (CO₂), lo que agrava el cambio climático. A esto se suma el elevado consumo de agua y energía, así como la generación de residuos.

Bustios (2002) indica que el papel y cartón son productos reciclables por excelencia, aunque cada vez que se recicla pierde algunas características, debido a que la fibra reciclada no es igual a la fibra natural como cuando se obtuvo por primera vez en forma de pulpa. Sin embargo, Bustíos (2002) sugiere que si el proceso de reciclado se realiza bajo ciertas condiciones controladas, el papel nuevo puede conservar la calidad del papel reciclado.

El plástico en cambio, según Álvarez (2003), es un polímero constituido por sustancias que tienen la característica de moldearse de forma permite bajo compresión y temperatura. Este material tiene un gran impacto en el deterioro ambiental, ya que su proceso de degradación, especialmente en el caso de plásticos como el PET, es extremadamente lento, lo que genera problemas ambientales a largo plazo. A diferencia de los materiales de origen natural como la madera, la seda o el algodón, que son

degradados por microorganismos tras cumplir su función, el plástico persiste sin ser reciclado adecuadamente (Álvarez, 2003).

Al comparar el impacto ambiental de ambos materiales, el plástico presenta un desafío mucho mayor en relación al cartón. Sin embargo, dado el alto volumen de papel y cartón utilizado como embalaje en la actualidad, es crucial explorar alternativas innovadoras de materia prima que reduzcan tanto el consumo de agua dulce como la tala excesiva de árboles. Una posible solución a esta problemática es la utilización de residuos agrícolas para la obtención de pasta celulosa, lo que permitiría la producción de papel y sus derivados de manera más sostenible, como mencionan diversos autores.

5.3.3.3 Repercusiones medioambientales de la producción de basura en México.

La basura es una problemática mundial que ha adquirido mayor relevancia en los últimos años debido al impacto ambiental y social que genera. La acumulación descontrolada de residuos produce daños en los ecosistemas y la salud pública. Las industrias, responsables de una gran parte de los residuos, son clave en la generación de estos desechos, lo que plantea la necesidad de regulaciones más estrictas. Se sugiere que las empresas adopten materiales reciclables o biodegradables en sus envases y embalajes, especialmente en sectores como el alimentario y textil, este último responsable del 10% de la huella de carbono global anual (Climate Trade, 2023).

El crecimiento de la basura a nivel mundial es alarmante. Según Chi (2014), la producción de residuos ha aumentado significativamente, con un pronóstico de que los países del Hemisferio Norte quintuplicarán la generación de basura para 2025. En México, se generan más de 44 millones de toneladas de basura anuales, cifra que podría alcanzar los 65 millones en 2030 (Visión Nacional Cero Residuos, 2019). A nivel global, cada persona contribuye en promedio con 1.16 kg de basura diaria, lo que equivale a más de 340 kg al año (Waste Atlas).

La problemática de la basura es compleja, ya que se genera en diversos contextos, como en compras, actividades deportivas o consumo de alimentos, lo que hace necesario un enfoque integral para abordar su reducción y gestión efectiva.

5.3.4 Principales residuos agrícolas de Sinaloa

En México, una de las principales actividades económicas y un emblema del país es la agricultura. Según Cortez (2020), señala que el sector agrícola se encuentra confrontado con complejos retos, como la subvaloración económica de la producción agrícola, el desperdicio de alimentos durante el proceso productivo, así como la contaminación ambiental que genera el sector, son tres problemáticas que no han sido cubiertas por los modelos de negocio actuales, por lo que se requiere llenar este vacío, donde las empresas agrícolas sinaloenses se inclinan por adoptar estrategias que las conduzcan a la creación de modelos de negocios innovadores, no usuales, que incorporen principios de economía circular.

La agricultura tiene como objetivo la producción de alimentos, dejando de lado el residuo de la cosecha de la mayoría de los cultivos. En México, el maíz ocupa la mayor superficie cultivada, produciendo rastrojo cuya cantidad varía según diversas fuentes. El diagnóstico nacional para el manejo de residuos agrícolas (2015) indica que el rendimiento de rastrojo de maíz varía entre tres y cinco toneladas por hectárea, con los mayores rendimientos observados en suelos profundos y con fertilización nitrogenada abundante (SAGARPA, 2015). Por su parte, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) reporta un índice de cosecha de 0.45, con 26.24 toneladas de biomasa por hectárea, que incluye 11.76 toneladas de grano y 14.48 toneladas de rastrojo (FIRA, 2019).

SAGARPA (2015) reportó que la cantidad anual de residuos agrícolas oscila alrededor de 45 millones de toneladas de materia seca para los diez principales cultivos (maíz, sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, algodón, cártamo y ajonjolí); los cuales son los principales en el estado de Sinaloa, el rastrojo y olote de maíz (25, 500,000 toneladas), las pajas de sorgo (6,600,000 toneladas) y de trigo (4, 500,000 toneladas) representan

poco más del 81% de los residuos de cultivos. La caña de azúcar es un cultivo que produce una gran cantidad de biomasa en forma muy eficiente y sus productos se emplean en la alimentación humana, al igual que en muchas especies ganaderas. En forma tradicional se emplea en forma limitada y variable a las raciones para rumiantes, en especial para bovinos; en promedio, solamente alrededor de 20% de las puntas de caña y 10 % del bagazo se usan para dicho propósito.

5.3.4.1 El rastrojo de maíz: usos, características y eliminación.

El rastrojo de maíz es, según diversos autores, el principal desecho natural agrícola de Sinaloa y se puede utilizar como alimento para ganado. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que el uso que durante décadas se le ha dado al rastrojo al maíz podría no ser el más conveniente, según Guerra et al. (2017), el rastrojo de maíz es el alimento más abundante para los rumiantes durante parte del año en muchas regiones de México, pero su aporte nutricional es insuficiente para mantenerlos. CIMMYT (2015), sugiere que la nutrición del ganado no solo se base en el consumo de rastrojos, sino debe complementarse con otros elementos que permitan obtener una proteína de mejor calidad y minerales que permitan conseguir un buen desarrollo.

A pesar de la relevancia del rastrojo, este ha sido generalmente abandonado por los sectores académico y gubernamental en México, como se evidencia en la escasa información científica disponible sobre su manejo y aprovechamiento. Además, es evidente que no han sido considerados de manera explícita en las políticas y estrategias orientadas a promover la sustentabilidad en el ámbito rural. Sin embargo, se han realizado diversas investigaciones que sugieren a los agricultores utilizar el rastrojo como abono o mejoradores de suelo, incluso como cobertura (se recomienda un 30% en el suelo), lo que reduce la erosión, conserva la humedad y ayuda a controlar malezas. Gracias al manejo adecuado de rastrojos y la promoción de prácticas sustentables a través de iniciativas como el Hub Bajío, los agricultores experimentan mejoras en el suelo y en los cultivos, así como ahorros en el uso de maquinaria y herbicidas, lo que también beneficia la salud y el medio ambiente. En el caso del maíz, que genera grandes cantidades de

rastrojos (50% de la planta es grano y el resto son hojas, cañas y mazorcas), las quemas han sido la práctica tradicional para eliminar estos residuos de forma económica y rápida, aunque esto también facilita la preparación del terreno para la siembra y la reducción de enfermedades y plagas (Taladriz y Schwember, 2012; Ventrella et al., 2016).

Desde el punto de vista agrícola, la quema de rastrojos influye negativamente en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, reduciendo drásticamente la biomasa microbiana y el contenido de materia orgánica del suelo, lo cual conlleva a la disminución de los niveles de nutrientes y de la calidad del suelo (Glaser et al., 2002; Limon Ortega et al., 2009; Taladriz y Schwember, 2012).

Según datos aportados por la Red de Estudios del Desarrollo Rural (RED, A. C.), en la región La Frailesca del estado de Chiapas, el 27% del rastrojo producido se emplea para la alimentación animal, el 53% permanece en el suelo y en resto recurre a la quema del mismo. Taladriz y Schwember (2012), señala que al realizar quema de rastrojos se desaprovecha del 98 a 100% del nitrógeno contenido en el residuo de cosecha, 20 a 40% del fósforo y potasio, y 70 a 90% del azufre, sin considerar las pérdidas posteriores por arrastre de las cenizas por viento. Se afecta al ecosistema, ya que disminuyen significativamente las poblaciones de agentes bióticos del área quemada como las lombrices, dado que una parte de los organismos muere directamente por acción del fuego, y otra parte por falta de alimento.

5.3.5 Nacimiento del packaging ecológico

Cristóbal (2016) señala que los comerciantes se vieron en la necesidad de inventar unos recipientes llamados ánforas que eran utilizados como envase contenedor de distintos productos, la cual es una vasija hecha de barro o cerámica de cuello largo y dos asas, estructura que era más fácil de manejar. Con el paso del tiempo, su uso fue sustituido por barricas de madera y posteriormente por los materiales naturales como vegetales y animales que comenzaron a utilizarse para proteger alimentos y conforme se identificaban deficiencias en su desempeño, surgía la necesidad de reemplazarlos por otros que pudieran cumplir con los requisitos específicos.

A partir de algodón y el lino se empezó a producir papel, material utilizado para envasar. En 1920 ya era usual encontrar tiendas que vendían más de la mitad de sus productos de forma envasada. Y diez años después, los adelantos de la imprenta beneficiaban la evolución y el desarrollo del packaging (Cristóba, 2016).

Durante mucho tiempo, las cajas de carton no eran consideradas como un material que provocara daños ambientales, hasta que, incrementó el uso de empaques de un solo uso, llamados así debido a que carecen de la resistencia necesaria para ser reutilizados, contribuyendo de esta manera al aumento de la basura y al deterioro ambiental.

Según Caicedo (2020), el uso indiscriminado de empaques sintéticos ha contribuido a la contaminación ambiental provocada por los sólidos que tardan mucho tiempo en degradarse, lo que ha impulsado a la búsqueda de biopolímeros naturales. Aun no se ha logrado el reemplazo total de los plásticos sintéticos por materiales biodegradables para la elaboración de empaques; no obstante, si se han sustituido algunos polímeros sintéticos por otros naturales más amigables con el medio ambiente. Este esfuerzo responde a la necesidad de mitigar el impacto negativo de los empaques tradicionales, promoviendo una mayor sostenibilidad y dando paso al nacimiento del packaging ecológico.

5.3.5.1 El consumo verde, características e impacto

El marketing verde, según Calomarde (2011), citado por López (2014), es una forma de concebir y ejecutar la relación de intercambio con el objetivo de lograr la satisfacción de todas las partes involucradas: sociedad, entorno natural y las personas. Enfoque que promueve la conservación y mejora del medio ambiente, contribuyendo al desarrollo sostenible de la economía y la sociedad.

Por otro lado, Harnecker (2000), citado por López (2014), define el consumo sostenible como el uso de bienes y servicios que satisfacen las necesidades básicas y mejoran la calidad de vida, y que además, minimizan el uso de recursos naturales, materiales tóxicos y emisiones contaminantes durante su ciclo de vida. Lo que asegura satisfacer las

necesidades de futuras generaciones. López (2014) señala que, el consumo sostenible se caracteriza por satisfacer las necesidades humanas, favorecer una buena calidad de vida, actuar tomando en cuenta las generaciones futuras, considera el impacto el proceso de elaboración de los productos hasta su degradación y minimizar el uso de recursos, los residuos y la contaminación.

Según datos del Ministerio del Ambiente (2013), citados por López (2014), el consumo desmedido genera una sobreexplotación de los recursos naturales como el suelo, agua y aire, lo que a su vez provoca cambios en los sistemas locales de vida y el agotamiento de estos recursos. Muchos modelos de producción no tienen en cuenta el impacto ambiental, lo que agrava la situación (López, 2014).

El consumo verde es una filosofía que busca reducir el impacto ecológico de las decisiones diarias de los consumidores, promoviendo la elección de productos y servicios sostenibles. Esto implica optar por artículos fabricados con materiales reciclables, biodegradables o de fuentes renovables, además de favorecer la eficiencia energética y la reducción de residuos y emisiones. Su principal ventaja es mitigar los efectos negativos de la actividad humana en el planeta, apoyando prácticas de producción respetuosas con el medio ambiente y las comunidades, como la compra de productos orgánicos que favorecen la agricultura sostenible y la biodiversidad.

5.3.6 Procesos productivos amigables con el planeta

Los procesos productivos son esenciales para la economía y la sociedad, ya que permiten transformar la materia prima en productos comercializables. Leal (2005) citado por López (2010) distingue entre "producción más limpia", una estrategia pública que promueve el cumplimiento ambiental, y eco eficiencia, una estrategia privada que busca mejorar tanto el desempeño ambiental como económico de las empresas. La aplicación de prácticas eco eficientes beneficia a las empresas al reducir su huella ecológica, incrementar su competitividad y contribuir al desarrollo sostenible. López (2010) resalta que las empresas que adoptan la eco eficiencia buscan constantemente mejorar sus prácticas, obteniendo tanto beneficios ambientales como económicos. La WBCSD propone siete acciones clave

para lograr procesos productivos sostenibles: reducir el consumo de materiales y energía, minimizar la dispersión de sustancias tóxicas, mejorar el proceso de reciclado, maximizar el uso de recursos renovables, extender la durabilidad de los productos y aumentar los servicios proporcionados. Estos enfoques integrales promueven la sostenibilidad y benefician tanto al medio ambiente como a la eficiencia y reputación corporativa de las empresas.

5.4 Aspecto contextual del proyecto

La investigación se desarrolla en la región de Guasave, Sinaloa, México, su economía se basa en la agricultura t es reconocida como “el corazón agrícola de México”, debido a su producción de maíz, trigo, sorgo y hortalizas. Según el Censo de Población y Vivienda 2020, la población de Guasave era de 289,370 habitantes, con una estimación de 327,012 para 2024. La agricultura ocupa el 70% de la superficie del municipio, con más de 346,441 hectáreas dedicadas a cultivos y otros usos, y es uno de los sectores más importantes para su desarrollo económico (Gobierno Municipal de Guasave, 2017).

Sinaloa, el principal productor de maíz en México, ocupó en el 2017 el quinto lugar nacional en volumen de producción agrícola, tuvo una contribución significativa al PIB del estado (CIEGSIN, 2019). En particular, Guasave destacó con el 22.72% del total estatal de maíz producido, lo que resalta la importancia de la agricultura en la región.

A pesar de su potencial agrícola, la cultura sustentable en Guasave es limitada, pero se considera una necesidad creciente. Por ello, se propone un modelo de negocio B2B (empresa a empresa) para mejorar las prácticas de consumo sin necesidad de convencer a cada familia individualmente. Con el crecimiento de Guasave y la llegada prevista de empresas extranjeras, se visualiza la oportunidad de diversificar la economía local mediante la creación de una industria ecológica que impulse el empleo y la competitividad regional.

En cuanto al mercado, la industria del papel en México mostró un crecimiento en el primer trimestre de 2023, con 6,444 unidades económicas registradas (DENUE, 2022), lo que

sugiere un mercado no explotado para productos ecológicos que podrían aprovechar los residuos agrícolas. Este fenómeno no es exclusivo de Guasave o Sinaloa, sino que es un problema de alcance nacional, lo que motiva el enfoque de la investigación en datos locales, estatales y nacionales.

5.4.1 Aspecto legal

Las normas y regulaciones en las que se basa la propuesta para una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, para el aprovechamiento de subproductos agrícolas que contribuya a la mitigación del cambio climático considerando los criterios de los indicadores ambientales en lo que impactaría directamente para la elaboración, escalamiento, producción y comercialización del producto en el mercado objetivos son: NORMA ISO 14001:2015, NOM-024-SCT2/2010, NORMA ISO 9001:2015, NOM-050-SCFI-2004, NORMA OHSAS 18001:2007, NMX-N-107-SCFI-2010 , NORMA ISO 11607, NOM-CCA-015-ECOL/1993, NMX-N-009-SCFI-2005. Estas normas nacionales e internacionales establecen los requisitos legales y regulatorios para la fabricación y comercialización de productos de papel y cartón así como otros generales que toda industria productora o empresa deben cumplir por el simple hecho de serlo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1 Materiales

Para realizar la presente investigación se utilizaron diferentes materiales, equipos e instrumentos: Como materia prima, se utilizó rastrojo de maíz (*Zea mays*), previamente triturado y seco, así como rastrojo de frijol para la elaboración de un prototipo prueba. Además, se utilizó agua destilada e hidróxido de sodio (NaOH) como agente deslignificante.

Durante el procesamiento se utilizaron distintos equipos como: una trituradora industrial, licuadora semi-industrial de uso alimenticio, tamices de diferentes tamaños de partículas, olla o recipiente de cocción, un contenedor de plástico, prensa mecánica, trituradora manual, 2 moldes de madera y una superficie absorbente.

Para realizar las mediciones se utilizaron variados instrumentos de medición: balanza digital de precisión, termómetro digital, cronómetro e higrómetro.

6.2 Método de investigación

La presente investigación adoptó un enfoque mixto, combinando metodologías cualitativas y cuantitativas para abordar los objetivos establecidos para el desarrollo de esta investigación. Por lo que se estructuró en tres fases principales:

1. Investigación documental: Se revisaron diversas fuentes de información de fuente confiable sobre la industria papelera, el uso de residuos agrícolas en la elaboración de papel y procesos utilizados para la fabricación de papel.
2. Experimentación: Se desarrolló el prototipo de papel a base de rastrojo de maíz mediante un proceso de prueba y error, hasta estandarizar el proceso de producción. También, se evaluó la calidad del prototipo obtenido aplicando la metodología establecida en la normatividad vigente aplicable.

3. Análisis y discusión de resultados: Se realizó la evaluación de la viabilidad técnica, económica y ambiental del prototipo.

6.2.1 Metodología para la elaboración del prototipo

6.2.1.1 Proceso 1.

Para la elaboración del prototipo, se inició con un proceso de prueba y error, que consistió principalmente en dos procesos físicos: la pulverización y el prensado del rastrojo de maíz. Se utilizaron 75 gr de rastrojo de maíz, el cual fue previamente triturado en dos ocasiones en una máquina trituradora industrial hasta alcanzar un tamaño de partícula de aproximadamente 3 cm. Posteriormente este material se sometió a una licuadora semi industrial de uso alimenticio durante 4 minutos y luego se sometió a un proceso de tamizado para separar las partículas de diferente tamaño. Las partículas más grandes se sometieron nuevamente a licuado durante 5 minutos, hasta lograr la homogenización de su tamaño.

A continuación, se utilizó una prensa casera, y el material se sometió a presión manual con el objetivo de compactar las fibras. Para la mezcla se utilizó pegamento blanco comercial ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), agua, carbonato ácido de sodio (NaHCO_3) y miel de abeja, variando cantidades en cada prueba. Sin embargo, ninguna de las combinaciones obtenidas generó los resultados esperados.

6.2.1.2 Proceso 2

Se basó en la metodología descrita en el video de Doxa Producciones (2019), titulado "Juan Barbé: Papergilea". El proceso comenzó con la trituración del rastrojo durante 5 minutos utilizando una trituradora industrial, repitiendo la operación en dos ocasiones. Posteriormente, se procedió a extraer la lignina utilizando el método alcali, mediante una solución de hidróxido de sodio (NaOH). La cocción se realizó en una olla casera, en la que se vertieron 200 gramos de rastrojo, 3 litros de agua y 50 gramos de hidróxido de sodio (NaOH). Esta mezcla se dejó cocer durante 15 minutos y luego se dejó reposar

hasta alcanzar la temperatura ambiente. Sin embargo, el proceso fue descartado, ya que no se observó una separación efectiva de la lignina y la pasta de celulosa.

6.2.1.3 Proceso 3

Se utilizó como base la metodología descrita en el video de Doxa Producciones (2019), titulado “Juan Barbé: Papergilea”, con algunas modificaciones. Para el proceso, se empleó rastrojo previamente triturado en una trituradora industrial, y se procedió a la extracción de la lignina mediante el método alcalino, utilizando hidróxido de sodio (NaOH) como medio alcalino. La cocción química se llevó a cabo en una olla casera con tapadera de vidrio, utilizando una estufa semiindustrial en el laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Guasave (ITSG).

Se vertieron 100 gr de rastrojo triturado en 1.5 litros de agua con 30 gr de NaOH. La mezcla se coció sin tapar durante 90 minutos, durante los primeros 70 minutos se mantuvo en agitación constante con una espátula de madera para evitar el derrame de la espuma. Cuando la espuma estaba a punto de derramarse se apagaba el fuego durante 30 segundos y posteriormente se retomaba la cocción. Una vez transcurridos los 90 minutos se dejó enfriar hasta el día siguiente.

Al día siguiente, se hizo el lavado con agua común, sin tener cuidado de preservar la pulpa debido al desconocimiento de cómo identificarla. Se priorizó lavar la fibra visible misma que posteriormente se colocó en una tina de plástico con 30 litros de agua común y 5 gotas de colorante vegetal verde.

Utilizando marcos de madera cubiertos con tela fina, se extrajo la fibra del agua y se desmoldó, colocándola sobre toallas de papel para dejarla secar de manera natural al sol. De este modo, se obtuvo el primer prototipo.

6.2.1.4 Proceso 4

Basándose en el prototipo obtenido en proceso 3, se procedió a realizar algunas modificaciones de procesamiento. Se trituró el rastrojo de maíz utilizando una máquina

tritурadora industrial en dos repeticiones. Se procedió a la extracción de lignina mediante una solución álcali, se vertieron 1.5 litros de agua en una olla casera con tapadera y se agregaron 35 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) en presentación de escamas, se agitó hasta disolverse completamente; la mezcla se calentó hasta hervir en una estufa semiindustrial en el laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Guasave (ITSG), se le añadieron 100 gramos de rastrojo de maíz previamente triturado. Se dejó cocer durante 60 minutos bajo supervisión y sometiéndose a agitación para evitar derrames, después se dejó en reposo hasta el día siguiente.

La mezcla obtenida se sometió a lavado utilizando agua de uso común, asegurándose de preservar la pulpa, se colocó una tela fina en el fondo del lavabo y se lavó la pulpa sobre esta hasta que el agua salió clara. Posteriormente, se añadió el proceso de licuado de la fibra en una licuadora casera con agua común durante el tiempo necesario. La mezcla se transfirió a una tina de plástico con 30 litros de agua común y 5 gotas de colorante vegetal verde.

Se utilizaron marcos de madera cubierto con tela fina para extraer la pulpa del agua, se desmoldó sobre más tela fina y se dejó secar al sol hasta que fue fácilmente desmoldable. Como producto final se obtuvo la primera película de papel, que sirvió como base para el proceso. A partir de este punto, se realizaron modificaciones mínimas para estandarizar el proceso y mejorar el producto.

6.2.1.5 Modificaciones realizadas al proceso base.

1. Sustitución del agua dulce por agua salada. Se realizó el proceso 4 utilizando agua salada en todas las etapas del proceso. Como resultado, se obtuvo un prototipo con propiedades similares al prototipo original.
2. Sustitución del NaOH por C_2H_6O . Se realizó el proceso 4 solo que se sustituyó el uso de NaOH por C_2H_6O . Como resultado se obtuvo un proceso deficiente, ya que se removió poca lignina, lo que impidió tener suficiente pulpa y afectó el proceso de adhesión.

3. Sustitución la estufa semi-industrial por estufa casera. Se realizó el proceso 4 utilizando una estufa casera durante la cocción. El resultado fue un prototipo con propiedades aparentemente similares al original.
4. Eliminación del colorante vegetal. Se siguió el proceso 4 sin agregar el colorante. Como resultado, se obtuvo un prototipo aparentemente mejores propiedades sensoriales.
5. Reducción del tiempo de reposo posterior al enfriamiento. Se siguió el proceso 4, se omitió el tiempo de reposo después del enfriamiento, se dejó enfriar la pulpa hasta alcanzar la temperatura ambiente. Como resultado se obtuvo un prototipo aparentemente con las mismas propiedades del prototipo original.
6. Sustitución del rastrojo de maíz por rastrojo de frijol. Se siguió el proceso 4, pero se utilizó rastrojo de frijol en lugar de maíz. Se obtuvo como resultado un prototipo con aspecto rugoso y con características que se consideraron de menor valor. Sin embargo, se logró obtener un prototipo que indica posibilidades de obtención de uno mejor haciendo adaptaciones en el proceso.

6.2.2 Estandarización del proceso de elaboración del prototipo

Para estandarizar el proceso de producción del prototipo, se llevó a cabo el proceso de prueba y error, tomando como base el proceso 4 y haciendo combinaciones con las modificaciones mencionadas en el punto 6.2.5 (modificaciones 1,3,4 y 5) así como otras adaptaciones menores.

La materia prima utilizada para todos los prototipos se obtuvo del campo experimental del Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Guasave. El rastrojo de maíz se trituró hasta obtener un tamaño de partícula de 3 cm aproximadamente, se adoptó un filtro de verificación de la materia prima para la eliminación manual de impurezas. Se extrajo la lignina mediante el método álcali, se vertieron 1.5 litros de agua de mar en una olla de uso común y se añadieron 35 g de NaOH en escamas, disolviéndolos con agitación constante, se calentó la mezcla a fuego máximo y se agitó hasta que alcanzó su punto de ebullición; se agregaron 100 g de rastrojo triturado y durante 5 minutos se mantuvo a

fuego y en agitación constante. Se continuó la cocción a fuego medio durante 40 minutos. Posteriormente, se dejó enfriar durante 90 minutos en el mismo recipiente antes de proceder al lavado.

El lavado se realizó con agua de mar en tres repeticiones. Para esta etapa, se colocó una tela fina en el fondo y toda la pulpa se lavó sobre ella. Después de cada lavado, se exprimió la pulpa con una tela fina y una vez recolectada, se licuó durante 3 minutos en una licuadora casera 50 gr de pulpa por cada litro de agua de mar.

Finalmente, la pulpa se transfirió a un contenedor de plástico con 20 litros de agua salada. Para el moldeado, se utilizaron dos marcos de madera: uno cubierto con tela fina y otro sin cubrir. El marco sin tela se colocó sobre el que tenía tela, y luego, presionando con fuerza, se sumergió en la tina. Se extrajo la pulpa con el molde, realizando pequeños movimientos para distribuirla uniformemente. Después, se dejó escurrir el exceso de agua en el recipiente. Finalmente, al desmoldar, la pulpa se colocó sobre una tela fina y se dejó secar al sol.

6.3 Evaluación de la viabilidad técnica

Para evaluar la viabilidad técnica de una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, se realizó una investigación documental y se analizaron una serie de factores clave, incluyendo la pregunta fundamental: ¿es posible hacer papel usando como materia prima subproductos agrícolas?

La investigación documental se realizó durante el semestre agosto-diciembre de 2022. Como resultado se encontró poca información, aunque algunos estudios indicaron la posibilidad de producir papel a base de rastrojo. Basándose en estos hallazgos, se inició la investigación de campo, el desarrollo de prototipos y análisis de calidad de los mismos.

Posteriormente, se evaluó la disponibilidad de materia prima (MP) en el municipio de Guasave, Sinaloa, para determinar si es suficiente para sostener una industria papelería.

Para ello, se determinó el rendimiento de rastrojo producido con del cultivo de maíz por hectárea y se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad de MP} = \text{MP producida anualmente} - \text{MP utilizada en otros usos}$$

Utilizando un plan de negocios basado en datos de industrias similares, se estimó la producción anual y se escalaron las cantidades de materia prima requeridas para la fabricación del prototipo. Además, se determinó la demanda de rastrojo requerido considerando factores como la disminución constante del uso de rastrojo para alimento de ganado y la posibilidad de importar rastrojo de otros municipios de Sinaloa e incluso de otros estados.

También se analizó de manera subjetiva la disponibilidad de recurso humano y el impacto que esta industria podría generar en una ciudad en vías de desarrollo como Guasave, Sinaloa. Se concluyó que la región cuenta con un gran número de profesionistas capacitados para para impulsar esta iniciativa.

Por último, para evaluar la sostenibilidad del proyecto, se consideraron aspectos como la reducción de la huella de carbono mediante el uso de materiales locales y reciclables, la eficiencia energética de la planta y el manejo adecuado de los residuos generados durante el proceso de fabricación del papel y sus derivados.

6.2.3 Evaluación de calidad del prototipo

Para evaluar la calidad de los prototipos de cartón elaborados se aplicó la metodología sugerida por la normatividad aplicable vigentey se determinó que tanto el prototipo, el proceso productivo y la industria propuesta cuentan con las características necesarias para cumplir con la normatividad vigente aplicable. Se analizaron las propiedades físicas del papel en cuanto a resistencia, gramaje, absorción de agua y degradabilidad. Los valores obtenidos se contrastaron con las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) para determinar su factibilidad técnica.

6.3 Evaluación de la viabilidad económica

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto, se realizaron diversos análisis financieros y de mercado, combinando enfoques cuantitativos y objetivos con interpretaciones subjetivas basada en la percepción y el conocimiento de la autora. Este enfoque integral permitió obtener una visión más completa y detallada de la factibilidad del proyecto.

Los métodos de análisis empleados fueron los siguientes:

- Matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), para identificar los factores internos y externos que afectan el proyecto.
- Análisis PESTEL, que evaluó los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que influyen en la viabilidad del negocio.
- Estudio de mercado, con el objetivo de conocer la demanda potencial y la aceptación del producto.
- Modelo Canvas, para definir la propuesta de valor, la estructura de costos y las fuentes de ingresos.
- Análisis de las 13 P's del marketing, que permitió una visión estratégica de los elementos clave en la comercialización del producto.
- Estudio económico, en el que se analizaron los costos de producción, fijación de precios y proyecciones financieras.
- Evaluación financiera, que incluyó cálculos de rentabilidad, retorno de inversión y análisis de escenarios.

Todos los estudios se realizaron bajo el supuesto de un proceso semi-industrializado, ubicado en una fase intermedia entre la producción artesanal a pequeña escala (como la utilizada para la elaboración de los prototipos) y un proceso industrial avanzado e inteligente. Esta aproximación permitió analizar los costos, ingresos y rentabilidad de la propuesta en una fase de transición, considerando tanto las limitaciones tecnológicas actuales como las oportunidades de mejora en términos de eficiencia y escalabilidad.

Para la propuesta de marca, se realizó un análisis fonético y figurativo dentro de la clase 16 de la Clasificación Internacional de Niza, correspondiente a productos de papel y cartón. La búsqueda determinó que no existían nombres ni logotipos similares registrados, lo que respalda la viabilidad del registro de la marca.

El estudio de mercado se basó en una encuesta en línea dirigida a una muestra de consumidores finales potenciales. Se tomó como referencia una demanda estimada de 2233 personas y 2940 empresas que podrían interesarse en el producto propuesto. Para la recolección de los datos, se utilizaron las plataformas *SurveyMonkey* y *Google Survey*, lo que permitió obtener información estructurada sobre las preferencias del mercado y la aceptación del producto.

Para el estudio económico y la evaluación financiera, se emplearon hojas de cálculo de Microsoft Excel, permitiendo un análisis detallado de costos, proyecciones de ingresos y evaluación de rentabilidad. Además, para la presentación visual de los datos y la elaboración de gráficos e imágenes, se utilizaron programas de diseño básico, siendo Canva la principal herramienta empleada.

6.4 Evaluación del impacto social

La metodología de evaluación social se enfocó en realizar un análisis cómo la instalación de esta industria contribuye al desarrollo económico, social y ambiental de la región. En particular, se evaluaron aspectos como la generación de empleos, la inclusión social, el aprovechamiento de recursos locales, y la sostenibilidad. Este enfoque permitió obtener una visión integral del impacto del proyecto en la comunidad, tanto en términos de desarrollo económico como de bienestar social.

Para lo cual, se realizaron las siguientes actividades:

- Entrevistas con consumidores potenciales: Se realizaron entrevistas con posibles usuarios del producto para comprender cómo la industria podría influir en sus hábitos de consumo y en su percepción sobre la sustentabilidad. Además, se

exploró la disposición de la población a modificar sus hábitos en favor de productos más ecológicos. (Se incluye en los anexos el formato del cuestionario aplicado).

- Impacto en la economía local: Se evaluó la generación de empleos directos e indirectos, el aumento de los ingresos familiares y la mejora en las condiciones económicas de los proveedores locales y regionales. Se analizaron los sectores beneficiados y el efecto multiplicador del proyecto en la comunidad.
- Análisis de la cadena de suministro: Se identificó que la selección de proveedores locales no solo fortalecería el desarrollo económico de la región, sino que también mejoraría la eficiencia en el suministro de materia prima. Además, se analizó cómo la incorporación del rastrojo de maíz (anteriormente considerado un desecho) optimiza la rentabilidad y la sostenibilidad del modelo productivo.
- Promoción de la equidad de género: Se evaluaron las oportunidades laborales para mujeres dentro de la industria, considerando su participación en puestos de liderazgo, acceso a capacitación y percepción de salarios equitativos. También se analizaron estrategias para fomentar la inclusión y reducir brechas de género en el sector.
- Aprovechamiento de materia prima local y su impacto ambiental: Se examinó el impacto ambiental del uso de rastrojo de maíz como insumo para la producción de papel. Este material, que anteriormente se quemaba como desecho agrícola, ahora se transforma en un recurso útil y renovable. El análisis incluyó la reducción de emisiones contaminantes derivadas de la quema de residuos agrícolas, así como los beneficios para la calidad del aire y la salud de la comunidad.

6.5 Evaluación del impacto ambiental

Se analizaron los efectos ambientales del proyecto, destacando su contribución en la mitigación del cambio climático, la sustentabilidad y su comparación con procesos convencionales de producción de papel. Para ello, se empleó la metodología combinando un análisis cuantitativo y cualitativo, lo que permitió evaluar el impacto de la industria en los tres pilares de la sustentabilidad: ambiental, económico y social.

- Estrategia de sustentabilidad: Se diseñó un plan estratégico enfocado en la eficiencia de recursos, manejo de residuos, selección de proveedores, uso de medios de transporte sostenible, uso de tecnologías 4.0, gestión de residuos, educación ambiental, reducción de emisiones y colaboración con proyectos sociales y ambientales. Esto incluyó la evaluación de la viabilidad de integrar energías renovables.
- Evaluación de los tres pilares de la sustentabilidad: Se analizó la alineación del proyecto con los pilares de la sustentabilidad económica en tres dimensiones clave: económica (creación de empleo y flujo económico), social (beneficios para las comunidades locales, especialmente la comunidad indígena) y ambiental (conservación de recursos y reducción de basura).
- Comparación con el proceso convencional de la producción de papel: Se realizó un análisis comparativo entre el impacto ambiental del proceso propuesto y el proceso convencional de fabricación de papel, considerando indicadores clave como: consumo de materia prima, el uso de agua y energía y la generación de residuos y emisiones.
- Impacto en el sector estratégico y alineación con la ODS: Se analizó cómo el aprovechamiento de subproductos agrícolas contribuye a la economía local, reduciendo la quema de residuos agrícolas (principales fuentes de contaminación de la región) y generando un ingreso adicional para los proveedores de rastrojo de maíz. También se presenta cómo la propuesta se alinea a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la ONU establecidos en la agenda 2030, contribuyendo a metas como: ODS 8, ODS 9, ODS 12, ODS 13.

6.6 Evaluación del nivel de madurez de la tecnología

Para determinar el nivel de madurez tecnológica del prototipo, se utilizó la escala TRL (Technology Readiness Level), que abarca desde el nivel TRL 1 hasta el TRL 9. En este análisis, se consideraron las características del prototipo y las pruebas realizadas, tanto en ambientes reales como simulados. Aunque el prototipo ha sido validado en ambos

entornos, aún no se encuentra completamente optimizado para operar en las condiciones reales a las que está destinado.

- Prueba de biodegradabilidad (entorno real): El prototipo ha sido validado en condiciones cercanas a las del mundo real mediante ensayos que simulan su comportamiento en un entorno natural, evaluando factores como el suelo, la luz y la humedad.
- Pruebas físicas de laboratorio (entorno simulado): Las pruebas realizadas en laboratorio consisten en un análisis controlado de las propiedades del prototipo bajo condiciones específicas definidas por la normatividad vigente aplicable.

NIVEL	ENTORNO	DESCRIPCIÓN	QUÉ SE ESPERA	AVANCE
TRL 1	LABORATORIO	Nivel de madurez más bajo de un proyecto de innovación donde comienza la idea investigación científica básica y se inicia la transición a la investigación o idea aplicada.	Principios básicos observados y reportados	Invención
TRL 2		La idea o investigación ya se ha aterrizado y los principios científicos están enfocados en áreas específicas de aplicación para definir el concepto.	Resultados validados al menos a nivel de prueba de concepto, en donde se espera al menos tener definidas algunas aplicaciones.	
TRL 3		Actividades de I+D incluyendo pruebas analíticas, pruebas de concepto a escala de laboratorio, orientadas a demostrar la factibilidad técnica de los proyectos de innovación.	Lograr resultados a nivel cuantitativo, si bien los resultados están a nivel laboratorio, se espera contar algunos datos específicos de la eficiencia y efectividad de la tecnología.	Validación del concepto
TRL 4	SIMULACIÓN	Los componentes que integran determinado proyecto de innovación han sido identificados y se busca establecer si dichos componentes individuales cuentan con las capacidades para actuar de manera integrada, funcionando conjuntamente en un sistema.	Prototipo a nivel banco de laboratorio, en donde se pueda medir con algún grado de seguridad, que dicho prototipo puede ser escalable cuyas ventajas competitivas y comparativas pueden ser medibles.	Validación del prototipo
TRL 5		Los elementos básicos de la innovación son integrados de manera que la configuración final es similar a su aplicación final, es decir que está listo para ser usado en la simulación de un entorno real. Se mejoran los modelos tanto técnicos como económicos del diseño inicial, se ha identificado adicionalmente aspectos de seguridad, limitaciones ambientales y/o regulatorios entre otros.	El prototipo ya cuente con validaciones en un ambiente real simulado y el usuario de la tecnología conoce los beneficios.	
TRL 6		Se cuenta con prototipos piloto capaces de desarrollar todas las funciones necesarias dentro de un sistema determinado, habiendo superado pruebas de factibilidad en condiciones de operación o funcionamiento real.	La tecnología o prototipo pueda ser capaz de funcionar en las condiciones reales en las que se pretende este funcione, por ejemplo, a nivel industrial.	
TRL 7	REAL	El sistema se encuentra o está próximo a operar en escala pre-comercial. Es posible llevar a cabo la fase de identificación de aspectos relacionados con la fabricación, la evaluación del ciclo de vida, y la evaluación económica de las tecnologías, contando con la mayor parte de funciones disponibles para pruebas.	La tecnología se ha perfeccionado y se cuenta con datos relacionados con las valoraciones financieras, validaciones de prototipos en entorno real y ciclo de vida.	Producción piloto y demostración
TRL 8		los sistemas están integrados, han sido probados en su forma final y bajo condiciones supuestas, habiendo alcanzado en muchos casos, el final del desarrollo del sistema.	El prototipo ya cuenta con resultados medibles y reales en condiciones de operación a nivel piloto, minimizando los riesgos asociados a la transferencia.	
TRL 9		En esta fase la innovación está en su fase final y es operable en un sin número de condiciones operativas, está probada y disponible para su comercialización y/o producción disponible para la sociedad. Entrega de producto o tecnología para producción en serie y comercialización.	En esta etapa ya se cuentan con aliados estratégicos interesados la tecnología ya ha sido vendida y testeada por el usuario final.	Llegada a mercado

Tabla 1 Niveles de Madurez de la Tecnología (TRL)
Fuente: Elaboración propia en base a Salazar (2020).

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1 Proceso de producción de prototipos

Rafael León en un artículo publicado en 2022 menciona que estandarizar un proceso en una organización básicamente significa que los colaboradores tienen un proceso establecido y aprobado para usar y cuando se aplica de forma adecuada puede disminuir la ambigüedad y las conjeturas, garantizar la calidad e impulsar la productividad. El autor menciona también que un proceso estandarizado permite conocer los costos de operación e incluso reducirlos. Por su parte la Secretaría de Economía (2015) coincide con que estandarizar contribuye a la reducción de costos de producción entre otros beneficios que esta actividad técnica especializada ofrece a la sociedad mexicana dentro de los que destaca facilitar el avance en la tecnología y permitir a las empresas acceder a mercados internacionales.

El proceso de producción de los prototipos logró estandarizarse realizando el proceso en repetidas ocasiones, mejorando las áreas de oportunidad detectadas hasta definir las condiciones para realizar cada etapa del procesamiento y definir los tiempos empleados en cada una de ellas, para asegurarse de obtener prototipos con la misma calidad.

Para el proceso de producción de papel y derivados se utilizaron diferentes materiales y equipo y equipos, entre ellos se encuentran: rastrojo de maíz, agua de mar, hidróxido de sodio en escamas, espátula de madera, olla, tina, esponja, tela fina, pegamento blanco, brocha, palillos de madera, cuadro de madera cubierto con tela fina tensada, cuadro de madera del mismo tamaño sin tela, trituradora industrial, pesa, estufa casera, licuadora casera, corregidora manual, secadora, atomizador, guantes, cubre bocas, lentes y bata de laboratorio; los cuales son los mismos para cada proceso de producción implementado.

7.1.1 Proceso estandarizado de producción de papel

En la ilustración N° 1 se muestra el proceso estandarizado para la producción de papel, dicho proceso consistió en una serie de etapas y periodos de tiempos definidos.

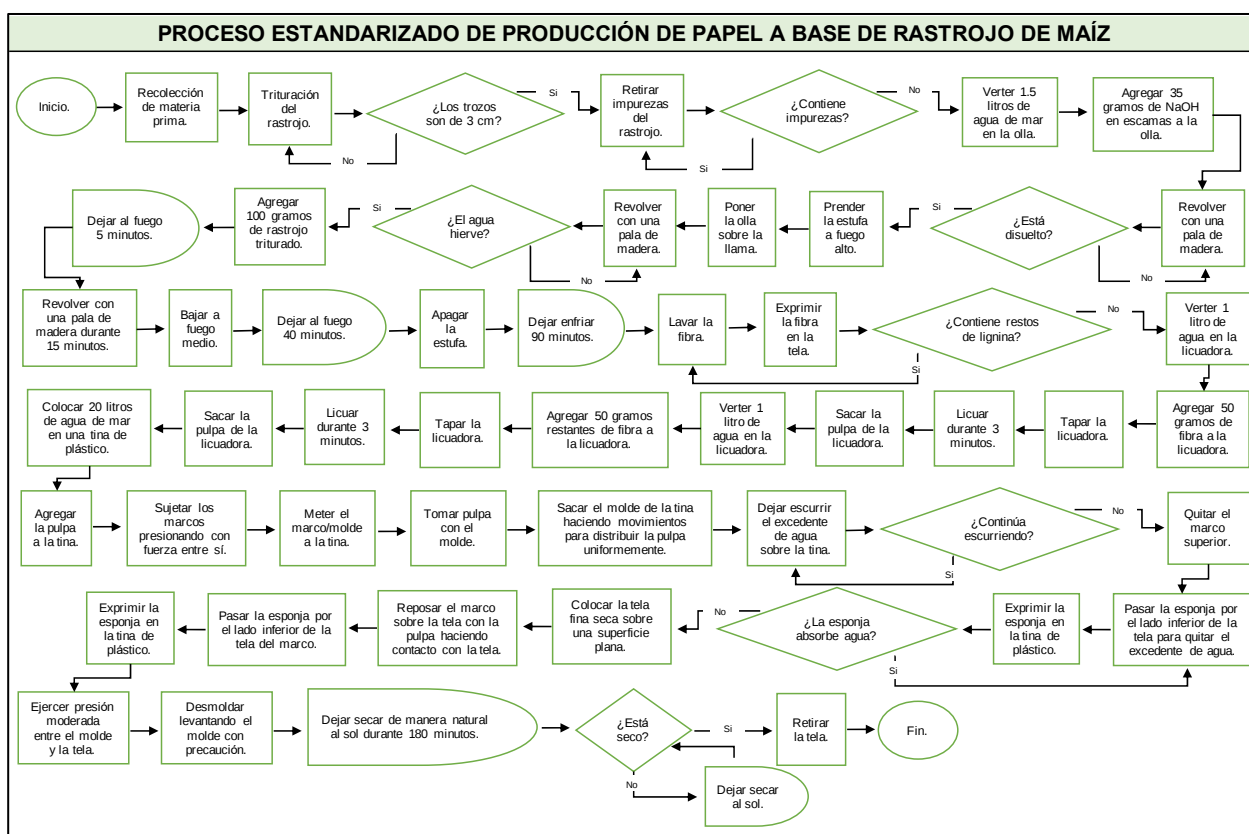
El proceso de fabricación de papel comienza con la recolección del rastrojo, que se tritura en dos ocasiones o hasta obtener trozos pequeños de alrededor de 3 cm (ilustración N° 21). Una vez teniendo la materia prima (MP), se retiran las impurezas visibles y se procede a disolver 35 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) en 1.5 litros de agua de mar a diferencia del proceso convencional en el que se utilizarían 225 litros de agua dulce entre este y otros procesos de producción del papel según Fundación Canal (2009).

Esta mezcla se calienta a fuego alto hasta que hierve, momento en el que se añade el rastrojo triturado, cocinándose durante 5 minutos para posteriormente revolver constantemente durante los siguientes 15 minutos. Después de bajar el fuego, la mezcla se cocina a temperatura media por 40 minutos y se deja enfriar durante 90 minutos. Posteriormente, la pulpa se lava en tres ocasiones o hasta eliminar restos de lignina, exprimiéndola con la tela fina.

Una característica del proceso de producción de de papel a base de rastrojo de maíz que lo diferencia del proceso convencional es la omisión del proceso de blanqueo de pasta que Bellver (2013) asegura que genera aguas residuales con una elevada carga contaminante. Esto debido a que se hace usando cloro elemental (proceso contaminante que se usa para el blanqueo del 10.5% de la pasta química mundial), dióxido de cloro (proceso que se usa para el blanqueo del 84% de la pasta química mundial) o existe la alternativa sin cloro que es la menos contaminante pero también la menos utilizada (5.5% de la pasta química mundial) esto según datos de la organización CPRAC (2005).

La pulpa (ilustración N° 23) se licúa con agua de mar y se vierte en una tina, donde se recoge usando marcos de madera. Tras escurrir el exceso de agua, se pasa una esponja para eliminar más líquido y se deja secar al sol (ilustración N° 25) a diferencia del proceso

Finalmente, una vez seco, el papel se desmolda y se retira la tela, obteniendo así un papel hecho de manera artesanal y ecológica como se muestra en la ilustración N° 1.



cada onda inferior de la hoja, colocar un palillo de madera en cada onda superior de la hoja, ejercer presión manual en los palillos hasta que esté corrugada, secar con la secadora en aire caliente durante 5 minutos o hasta que se seque y retirar los palillos de madera obteniendo así una flauta corrugada (ilustración N° 22) como se refleja en el resultado 2 de la ilustración N° 2.

En la ilustración N° 2 se muestra detalladamente el proceso de estandarizado de producción de cartón a base de rastrojo de maíz, donde se describe las etapas para la formación del cartón en las que se utiliza el papel/liner (ilustración N° 16) y la hoja/flauta corrugada (ilustración N° 22).

El proceso comienza con el recorte de los liners (resultado 1) a la medida exacta de la hoja corrugada (resultado 2). Luego, se aplica pegamento blanco en uno de los liners utilizando una brocha, asegurándose de cubrirlo de manera uniforme. Después de aplicar el pegamento, se deja reposar durante 30 segundos para que adquiera la consistencia adecuada. Una vez transcurrido este tiempo, se coloca el liner con el pegamento hacia arriba sobre una superficie plana y se coloca la hoja corrugada sobre él. Es importante ejercer presión suave solo en las esquinas y el centro de la hoja, dando toques ligeros sin arrastrar ni aplastar las ondas de la flauta.

A continuación, se repite el proceso con el segundo liner: se aplica pegamento blanco en él, se deja reposar durante otros 30 segundos, y luego se coloca sobre una superficie plana con el pegamento hacia arriba. Se coloca la hoja corrugada con el primer liner (ilustración N° 10) boca arriba sobre el pegamento del segundo liner, es decir colocando la cara de la flauta corrugada restante sobre el pegamento del segundo liner. Nuevamente, se aplica presión suave en las esquinas y el centro, sin arrastrar. Finalmente, se deja reposar durante 3 minutos o hasta que el pegamento se haya secado por completo, asegurando que ambas capas de liner queden firmemente adheridas a la hoja corrugada obteniendo así cartón corrugado simple (ilustración N° 12).

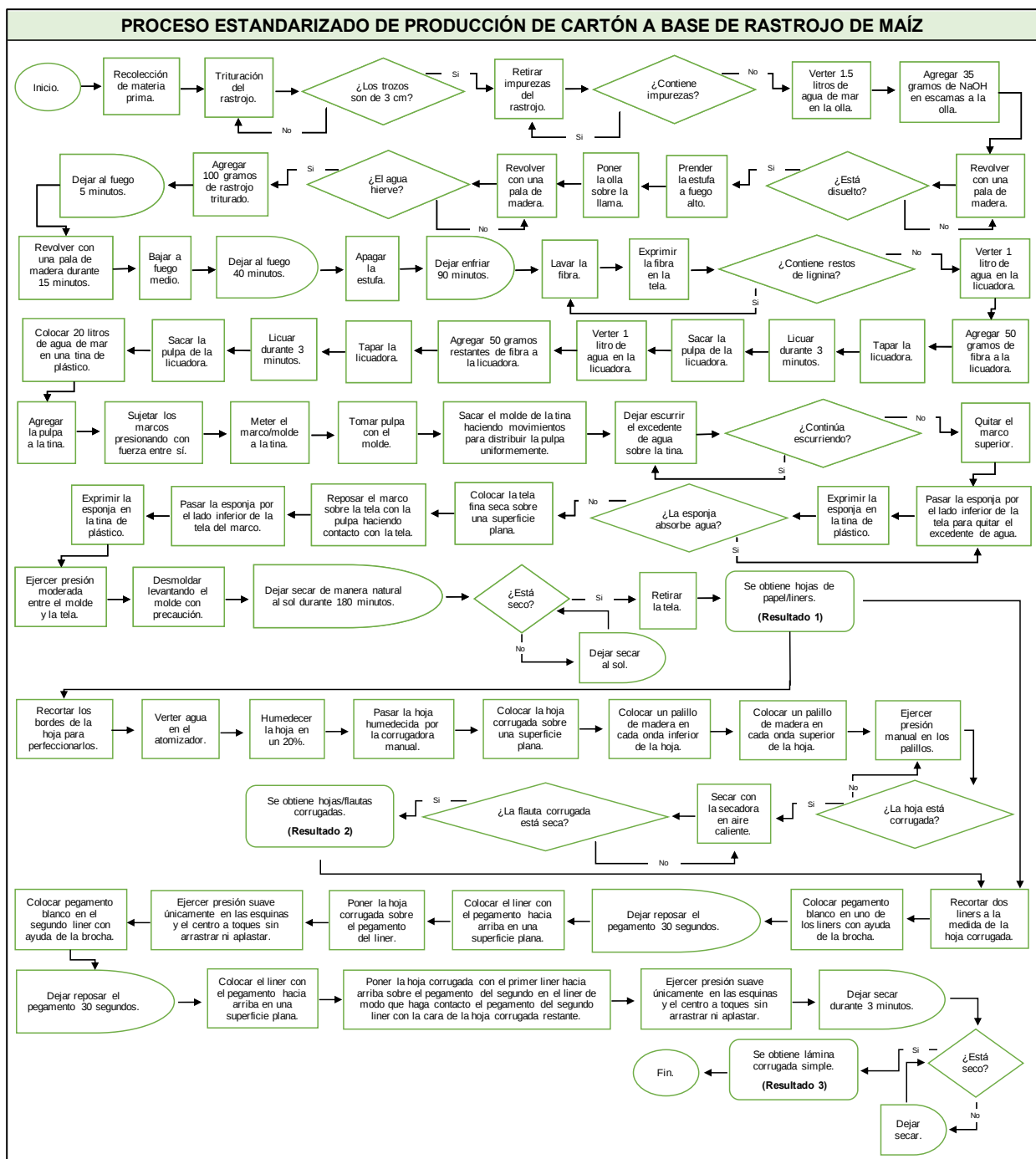


Ilustración 2 Diagrama de flujo del proceso de producción de papel a base de rastrojo de maíz.
Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Prototipos obtenidos

A partir de la investigación realizada, se desarrollaron prototipos de cinco de los seis productos más recurrentes en el embalaje cartonero, los cuales incluyen: Cartón corrugado simple (A), cartón corrugado doble (B), cartón corrugado triple (C), cartón corrugado mínimo (D), cartoncillo (G). Además de estos productos, se logró crear un prototipo base de papel (E), que constituye la materia prima fundamental para los productos anteriores.

Los resultados obtenidos demostraron la viabilidad de iniciar una nueva industria de manufactura de materiales derivados del papel, utilizando otros subproductos agrícolas como materia prima. Un avance significativo en este proceso fue el desarrollo del primer prototipo de liner hecho con rastrojo de frijol (F), lo cual representa un paso importante en el aprovechamiento de residuos agrícolas.

En cuanto a la producción de derivados del papel, se lograron avances en la fabricación de liners de papel reciclado tras una (H), dos (I) y tres (J) reutilizaciones, así como en la producción de pulpa de papel con una composición del 50% de material reciclado y 50% de fibra nueva. Asimismo, se desarrolló un liner compuesto por un 50% de pulpa reciclada de cartón convencional y un 50% de pulpa reciclada de papel a base de rastrojo de maíz, lo que fortalece la sostenibilidad del proyecto. Estos resultados confirman que el papel y cartón fabricados con rastrojo de maíz no representarían un obstáculo para la industria del reciclaje, facilitando su integración en los procesos actuales de reutilización de materiales.

En la tabla 2 se muestran los resultados de la evaluación de los prototipos obtenidos, la evaluación se realizó de manera subjetiva utilizando el criterio de la autora tomando como referencia una escala de 5 valores: Insuficiente, suficiente, bueno, muy bueno y excelente.

En cuanto a la resistencia, se evaluó la capacidad de los prototipos para soportar presión y desgaste tras 22 meses desde su elaboración, comparándolos con su estado inicial.

Dado que la resistencia está directamente relacionada con la naturaleza del prototipo, es esperable que el cartón corrugado triple presente mayor resistencia que el papel. Para obtener una evaluación más objetiva, se tomaron como referencia dos criterios: primero, la comparación con el material convencional semejante y, segundo, la comparación entre los distintos prototipos obtenidos dentro de la misma categoría, es decir, cartoncillos entre sí y en relación con el cartoncillo convencional.

La textura se evaluó considerando como excelente una superficie lisa, similar al papel convencional, y como insuficiente una textura rugosa, semejante a la de una caja de huevos. Este parámetro es el más subjetivo y el de menor importancia, ya que depende directamente del tipo de tela utilizada en los marcos de fabricación. Se reportó variabilidad en las texturas obtenidas debido a diferencias en las telas empleadas. Además, dado que la evaluación se realizó en un proceso artesanal con un nivel de madurez tecnológica TRL 5, se estima que en un proceso industrializado este aspecto no representaría una limitación.

Respecto al color, se calificó como excelente un tono verde tenue, ya que este se alineaba con la imagen de sustentabilidad y reflejaba un producto amigable con el ambiente. Además, un tono tenue facilita el proceso de blanqueo, lo que, aunque no forma parte de la propuesta actual, es un factor de valor para otros productores de papel. Tonos amarillentos se calificaron como buenos o suficientes, mientras que tonos café fueron considerados insuficientes. Es importante señalar que los tonos más claros indican una menor presencia de lignina, por lo que este parámetro podría modificarse mediante ajustes en el proceso de deslignificación.

Por último, la calidad de la pulpa se evaluó considerando como excelente aquella que presentaba una textura uniforme, viscosa, sin grumos y con una tonalidad amarillo verdoso. En contraste, una pulpa con grumos, reseca y en tonos oscuros se calificó como insuficiente. Este aspecto es de gran relevancia, ya que influye directamente en todas las propiedades del papel obtenido. La evaluación se realizó bajo las mismas condiciones y con los mismos equipos para todos los prototipos, sin embargo, se destaca que la calidad

de la pulpa podría mejorar significativamente al industrializar el proceso mediante el uso de mejor maquinaria y la implementación de filtros adicionales para la eliminación de impurezas.

Prototipo			Características observadas			
Identificador	Nombre	Materia prima	Resistencia	Textura	Color	Pulpa
A	Cartón corrugado simple	Rastrojo de maíz.	Muy buena	Muy buena	Bueno	Muy buena
B	Cartón corrugado doble	Rastrojo de maíz.	Muy buena	Muy buena	Bueno	Muy buena
C	Cartón corrugado triple	Rastrojo de maíz.	Excelente	Muy buena	Bueno	Muy buena
D	Cartón corrugado mínimo	Rastrojo de maíz.	Insuficiente	Suficiente	Bueno	Muy buena
E	Papel/liner	Rastrojo de maíz.	Excelente	Excelente	Bueno	Muy buena
F	Papel/liner	Rastrojo de frijol.	Muy buena	Suficiente	Insuficiente	Suficiente
G	Cartoncillo	Rastrojo de maíz.	Excelente	Buena	Bueno	Muy buena
H	Cartoncillo	Papel de rastrojo de maíz.	Excelente	Buena	Bueno	Muy buena
I	Cartoncillo	Papel de rastrojo de maíz reciclado.	Excelente	Buena	Bueno	Buena
J	Cartoncillo	Papel de rastrojo de maíz reciclado 2.	Excelente	Buena	Bueno	Buena
K	Cartoncillo	50% papel de rastrojo de maíz 50% rastrojo de maíz.	Muy buena	Buena	Bueno	Muy buena
L	Cartoncillo	50% papel de rastrojo de maíz 50% cartón convencional.	Buena	Suficiente	Insuficiente	Buena

Tabla 2 Características observadas en los prototipos obtenidos.

Fuente: Elaboración propia.

El prototipo F presenta propiedades de calidad inferior comparado con los diferentes prototipos, lo que podría deberse a que el proceso no se adaptó a las necesidades de deslignificación de su fibra, por lo que estos parámetros podrían mejorar en un proceso adecuado a sus características específicas.

Se considera que los prototipos A, E y G como los de mayor valor (mejor calidad aparente) debido a sus características, usos, relevancia en la industria y a ser considerados una base para el desarrollo de otros derivados del papel.

En cuanto al **prototipo D**, su evaluación reflejó valores poco aceptables. Sin embargo, esta situación está directamente relacionada con las limitaciones de la maquinaria y las técnicas empleadas en su fabricación. En particular, la elaboración de la hoja o flauta corrugada resultó compleja y no se obtuvo el resultado esperado, lo que afectó el desempeño general del prototipo. No obstante, dado que está compuesto por los mismos liners que el resto de los prototipos, se estima que su calidad y valor mejorarían significativamente con el uso de una máquina corrugadora industrial.

El color del prototipo L se evaluó como insuficiente considerando los parámetros esperados sin embargo es la naturaleza de su composición de 50% cartón convencional reciclado lo que lo lleva a tener una tonalidad café, lo que es inherente a su composición

Por otro lado, los **prototipos H, I y J** no mostraron una reducción significativa en su capacidad de resistencia a pesar de haber sido reprocesados en múltiples ocasiones. No obstante, se observó una ligera disminución en la calidad visual de la pulpa, atribuida al uso de una licuadora casera durante su procesamiento. A pesar de este detalle, la calidad del prototipo final no se vio afectada de manera considerable.

Estos resultados evidencian el potencial para establecer una industria que no solo aproveche los subproductos agrícolas de manera eficiente, sino que también contribuya a la reducción de residuos y al fomento de una economía circular en la región.

7.2 Evaluación de la viabilidad técnica

Para evaluar la viabilidad técnica del producto se analizaron diferentes factores como la disponibilidad de la materia prima en la región, el rastrojo de maíz es un desecho agrícola que se le dará valor agregado al utilizarse para fabricar derivados del papel de buena calidad, reciclables, biodegradables, reutilizables y comportables, características que hacen que pueda ser considerado una competencia directa con los papeles y cartones elaborados convencionalmente, pero sin afectar al medio ambiente por la utilización de energía completamente renovable.

El recurso humano cuenta con los conocimientos necesarios para que la industria propuesta sea una empresa de mejora continua: el diseño, elaboración, materia prima utilizada, innovación en el proceso de producción sin utilizar agua dulce, tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de oxidación, escalamiento del proyecto, implementación de controles de calidad rigurosos y el buen diseño de la estrategia para llegar al mercado objetivo respaldan la experiencia y competitividad del recurso humano para que este proyecto sea exitoso y cuente con viabilidad técnica.

El producto además garantiza el cumplimiento con la normatividad vigente aplicable considerando los criterios de los indicadores ambientales en lo que impacta directamente para su elaboración, escalamiento, producción y comercialización en el mercado objetivo. Esta propuesta fomenta la Ley General Del Cambio Climático, teniendo como objetivo la protección al ambiente y el equilibrio ecológico, ya que este prototipo al momento de su descomposición no genera emisiones de metano, además que, el proyecto propone medidas de mitigación para reducir fuentes de contaminación para la mejora del medio ambiente y la calidad de vida de las personas.

Considerando el acceso a la tecnología clave necesaria para su producción y desarrollo de manera efectiva y oportuna. La industria propuesta haría uso de tecnologías disruptivas 4.0 en varias etapas de su desarrollo como en almacenamiento, inventarios y pronósticos financieros lo que permite potenciar su impacto y eficiencia en la producción.

7.2.1 Características Físico-químicas del prototipo

Para evaluar la viabilidad técnica de una industria papelera que utilice el rastrojo de maíz se evaluaron las características físico-químicas de los prototipos A y E, los cuales mostraron resultados prometedores, como se puede observar en la Tabla 3. Las pruebas realizadas al prototipo A mostraron un valor de pH de 8, valor que se encuentra dentro del rango aceptable establecido por diversos autores, que va de 7.5 a 8.5, factor importante para la viabilidad del papel en aplicaciones como la impresión. En cuanto a la absorción de agua para este mismo prototipo fue de 320 g/m^3 , valor encontrado en el rango establecido por la NMX-N-041-SCFI-2007 ($300 - 450 \text{ g/m}^2$) se determinó un tiempo de penetración de 45 segundos, comparable con papeles reciclados utilizados en envases biodegradables; en cuanto al contenido de humedad fue de 4.6, cumpliendo con el rango establecido por la norma ISO 278, que permite un contenido de humedad entre 0 – 10%. En cuanto al gramaje, el papel y cartón fabricados a partir de rastrojo de maíz demostraron adaptarse a las necesidades del proceso, por lo que es posible ajustarlos a un uso deseado.

La prueba de resistencia de carga para el prototipo A fue de 348.5 N que, de acuerdo a las indicaciones de la norma NMX-N-047-SCFI-2013, al compararlo con un cartón corrugado convencional que obtuvo una medición de 263.5 N, por lo que se evidenció una mayor resistencia en el prototipo A. En cambio, el prototipo E presentó una resistencia de 229.86 N que, aunque no tiene una comparativa ni rango de referencia específico supera el valor del cartón convencional. En cuanto a la resistencia a la tracción, el prototipo A soportó una extensión de 3.7 mm, lo que indica una adecuada cohesión de las fibras, mientras que su comparativa fue inferior, de 2.85 mm. Sin embargo, el prototipo E superó los valores anteriores, se obtuvo una resistencia a la extensión de 5.86 mm, lo que puede entenderse que tiene un mayor soporte antes de romperse.

La compostabilidad del prototipo A se probó mediante la integración de muestras de aproximadamente 4 cm en una pila de composta, donde se observó que las muestras se desintegraron por completo en menos de una semana. En cuanto al reciclaje, el prototipo

E se integró al proceso el material al 100% hasta 3 ocasiones y se lograron obtener los prototipos H, I, J y K, los cuales demostraron conservar su calidad. Sin embargo, esta prueba no se continuó hasta definir la cantidad de veces que es reciclable el prototipo, pero dado a los resultados de infiere que puede reciclarse en igual o mayor cantidad de veces que el papel convencional, el cual diversos autores coinciden en que es reciclable entre 5 y 8 ocasiones.

Uno de los parámetros de mayor relevancia para la investigación y para el alcance de los objetivos es la biodegradabilidad, la cual se probó bajo 3 condiciones de luz y humedad: Sombra-húmedo, sol-seco y sol-húmedo. Bajo las 3 condiciones los prototipos E se integraron al suelo en menos de una semana. Además, se realizó una prueba de resistencia al agua, en la que un trozo de 3 cm por 2 cm del prototipo E se sumergió en agua durante varios días. El prototipo no solo resistió la inmersión, sino que se secó naturalmente y pudo ser reutilizado sin daños. Esta prueba se repitió con el mismo prototipo, obteniendo el mismo resultado, lo que demuestra que el prototipo puede tolerar la exposición al agua en dos ocasiones sin romperse.

PRUEBA	PROTOTIPO	AMBIENTE	RESULTADO	RANGO O COMPARATIVA	REFERENCIA
PH	A	Laboratorio	8.0	7.5 - 8.5	Fuentes diversas
Absorción de agua	A	Laboratorio	320 g/m ²	300 - 450 g/m ²	NMX-N-041-SCFI-2007
Humedad	A	Laboratorio	4.6%	0 - 10%	ISO 287
Gramaje	A	Laboratorio	Ajustable	Ajustable	NMX-N-001-SCFI-2011
Resistencia carga	A	Laboratorio	348.5 N	263.5 N	NMX-N-047-SCFI-2013
Resistencia extensión	A	Laboratorio	3.7 mm	2.85 mm	NMX-N-047-SCFI-2013
Compostabilidad	A	Ambiente real	- 1 semana	-	-
Resistencia carga	E	Laboratorio	229.86 N	-	NMX-N-047-SCFI-2013
Resistencia extensión	E	Laboratorio	5.86 mm	-	NMX-N-047-SCFI-2013
Reciclaje	E	Ambiente real	+ 3 veces al 100%	7 veces al 50% (mínimo)	NMX-N-107-SCFI-2010
Biodegradabilidad	E	Ambiente real (3 condiciones)	- 1 semana	1 año	Fuentes diversas

Tabla 3 Resultados de las pruebas realizadas en los prototipos.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones previas sobre el uso de residuos agrícolas en la fabricación de papel, como los estudios de Rendón-Pozo (2021) y Cortez Vega (2014), quienes encontraron propiedades similares en papel elaborado a partir de residuos de banano y otros subproductos agrícolas. Lo que permite validar que ambos prototipos evaluados cumplen con los valores de referencia establecidos en las normativas técnicas y de calidad aplicables a la industria del papel. Asimismo, se verificó que los prototipos cumplen con los requisitos especificados en la legislación vigente sobre materiales de embalaje, garantizando su idoneidad tanto para el uso comercial como para el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad.

7.2.2 Proyección del proceso de producción industrializado

7.2.2.1 Maquinaria

Para llevar a cabo la industrialización del proceso y lograr una producción a gran escala, se requiere reemplazar los equipos caseros por maquinaria y equipos de capacidad industrial que aseguren una mayor eficiencia, consistencia y rendimiento. Este cambio es necesario para optimizar cada etapa del proceso de fabricación y garantizar la viabilidad comercial del producto en el mercado. Por lo que, se debe mantener la esencia de los seis procesos básicos de producción, mostrados en la ilustración N° 3:



Ilustración 3 Proceso de producción de papel y cartón propuesto.
Fuente: Elaboración propia.

La primera etapa, es la de trituración, se requiere una trituradora industrial que permita procesar grandes volúmenes de materia prima de manera rápida y uniforme. Esto implica máquinas de mayor potencia y eficiencia, capaces de reducir el tamaño de las fibras y materiales de manera eficiente.

Para el proceso de cocción química, es necesaria una caldera o reactor industrial de gran capacidad que garantice un proceso de cocción controlado y uniforme. Este equipo debe estar diseñado para procesar grandes volúmenes y temperaturas altas, además, debe considerarse que sea de un material adecuado para que no se dañe con facilidad por la sal del agua de mar o bien, una alternativa es someter a tratamiento para desalinizar el agua previo al proceso de cocción.

En la etapa de lavado es necesario un sistema de lavado industrial que emplee tecnologías como lavadoras rotativas o sistemas de extracción a presión para eliminar impurezas, químicos residuales y residuos de la materia prima (El lavado manual conserva restos de lignina que impactan de manera directa en la calidad y propiedades del producto). Además, el lavado industrial permitirá disminuir el uso de agua en este proceso.

Para realizar la etapa de licuado: Se requieren licuadoras industriales que permitan procesar grandes cantidades de pulpa a alta velocidad y con la consistencia necesaria para los siguientes procesos de moldeo, en el cual se debe de utilizar maquinaria especializada en moldeo de pulpa para la producción de papel, esta sería la máquina principal y posiblemente requiera ser fabricada con las especificaciones de la industria propuesta. Estos equipos permitirían la producción en serie de las piezas de papel en las dimensiones requeridas.

Finalmente, para el proceso de secado, se requieren secadores rotativos que puedan manejar grandes cantidades de material y asegurar un secado uniforme y eficiente sin afectar la calidad del producto. Se pueden emplear secadores de vapor o calor como la mayoría de las papeleras.

La industrialización del proceso permitirá como primer punto aumentar la producción a niveles mucho más altos que los procesos caseros, lo que facilita satisfacer una demanda más amplia del mercado. Garantizaría una mayor uniformidad en la calidad del producto, lo que es fundamental para garantizar la satisfacción del cliente y cumplir con las normativas del mercado. Por otra parte, un proceso industrial en serie permite a largo plazo la reducción de los costos operativos al aumentar la eficiencia, disminuir los tiempos de proceso y minimizar los desperdicios, esta reducción de costos le permitiría a la industria seguir en constante investigación y desarrollo para la mejora continua hacia la sustentabilidad.

7.2.2.2 Mapa de flujo de valor

El mapa de flujo de valor permitió detectar las áreas de oportunidad que deben considerarse para reducir los tiempos, esto debido a la naturaleza del proceso artesanal y de las máquinas caseras utilizadas. En las ilustraciones N° 4 y N° 5 se presenta la comparativa de tiempos del proceso artesanal y la diferencia con referencia a un proceso semi industrializado, es decir, este diagrama no toma como referencia el proceso industrial sino uno mejor al actual.

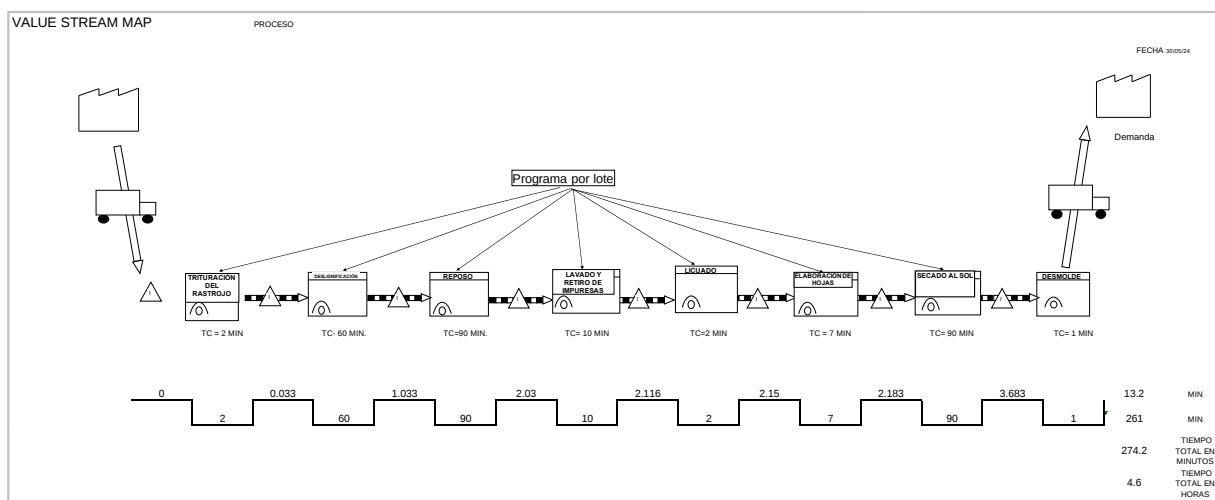


Ilustración 4 Mapa de Flujo de Valor Actual (VSM).

Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de fabricación de papel utilizado, una de las etapas en la que se requiere tiempo es el de espera durante el secado de las hojas, lo que afecta la eficiencia global

del proceso, alargando innecesariamente la producción. Una posible solución, es la implementación de una secadora de calor manual para acelerar el secado de las hojas. Este dispositivo aplicará calor de manera controlada sobre las hojas, reduciendo significativamente el tiempo de secado y aumentando la velocidad de producción. Este proceso de secado ya fue probado por la autora por lo que el resultado de tiempo presentado es real, sin embargo, en búsqueda de la mayor conveniencia en temas de sustentabilidad no se consideró como proceso principal. Además, se propone integrar una máquina de apoyo para el lavado automático que sustituya el proceso manual permitiendo lavar cantidades superiores y hacer lotes de mayor impacto.

Por otra parte, el tiempo dedicado a la elaboración de las hojas se ve afectado por el uso de moldes que no están optimizados para el proceso de producción, se sugiere los moldes actuales por unos más adecuados para el proceso industrializado (pueden utilizarse los empleados por la industria papelerera tradicional). En la ilustración N° 5, se presentan las variaciones de tiempo en el mapa de flujo de valor tras realizar estas adaptaciones.

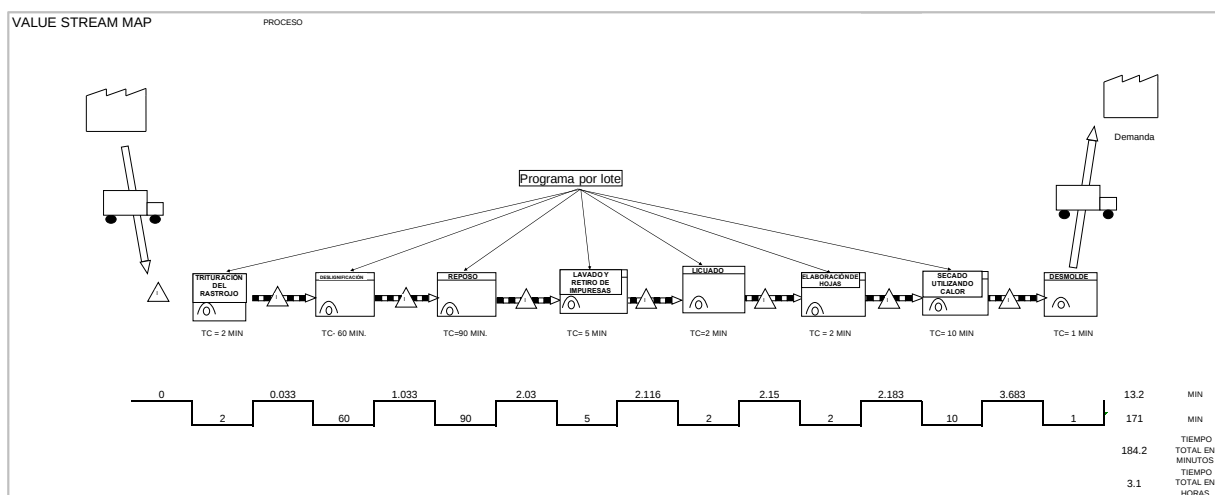


Ilustración 5 Mapa de Flujo de Valor Futuro (VSM).

Fuente: Elaboración propia.

Se proyecta que el tiempo de lavado se reduciría de 10 a 5 minutos es decir un 50% y el tiempo de elaboración de las hojas se reduciría en un 71.43% al variar de 7 minutos con los moldes actuales a 2 minutos con los moldes especiales. Por último, se demostró que

el tiempo de secado se puede reducir de 90 a 10 minutos mediante el uso de una secadora manual, esta herramienta permite enfocar el aire caliente en las áreas de mayor humedad además de aumentar la resistencia de las flautas corrugadas; esta mejora reduciría el tiempo de secado en un 88.89% lo que lo cataloga como la variación principal.

En general, las mejoras propuestas en este diagrama reducen el tiempo de producción por lote de 274.2 minutos a 184.2 minutos presentando una diferencia de 90 minutos que en términos porcentuales refleja un decremento del 32.8%, es decir, casi una tercera parte del tiempo total de producción por lote mejorando únicamente 3 procesos.

Si el proceso se industrializa en su totalidad el mapa de flujo de valor presentará resultados sumamente diferentes y favorables. Este último mapa deja en evidencia un proceso que no agrega valor y que está representando casi una tercera parte del tiempo: el tiempo de reposo después de la cocción química, o tiempo de enfriamiento, este se puede reducir utilizando maquinaria especializada o propiciando las condiciones que aceleren el enfriamiento de la fibra.

7.2.2.3 Tratamiento de agua residual

Con el objetivo de mejorar el proceso productivo y alinear la propuesta con los principios de la economía circular, así como para cumplir con la normatividad ambiental vigente y reducir el impacto ambiental de las operaciones industriales, se propone la incorporación de un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en lagunas de oxidación.

Las lagunas de oxidación se consideraron como la opción ideal por ser una tecnología natural y de bajo costo para tratar aguas residuales industriales (Cortés et al., 2017). Su implementación no solo ayudará a reducir el impacto ambiental, sino también permitirá reutilizar de recursos, alineando la propuesta de una nueva industria de papel y derivados en Guasave a los principios de sostenibilidad y economía circular.

En la Tabla N° 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis de muestras del agua residual, donde se encontró que tiene un 12.5% de sólidos totales y un pH de 11, resultados que muestran que los residuos del proceso no pueden ser desechados al

ambiente sin previo tratamiento, debido a que es una mezcla muy alcalina que puede afectar la calidad del agua poniendo en peligro la salud de la población y además, acabar con parte del ecosistema.

Prueba	Muestra	Ambiente	Resultado
Sólidos totales	Agua residual	Laboratorio	12.5%
PH	Agua residual	Laboratorio	11.0

Tabla 4 Resultados obtenidos de análisis de agua residual.

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta de integrar esta tecnología contribuirá a posicionar a la empresa propuesta como un líder en prácticas industriales sostenibles, mejorando la competitividad y responsabilidad ambiental en el mercado. Lo que se traduce en beneficios tanto económicos como ecológicos a largo plazo.

7.2.2.4 Bosquejo de diseño de planta

Se buscó que diseño de la planta de producción se encuentre estructurado de manera que sea funcional y eficiente, cuidando que sea completamente sustentable, para ello, se consideraron las necesidades operativas y ambientales del proceso productivo. Las áreas están distribuidas para maximizar el flujo de trabajo, minimizando tiempos de traslado y optimizando el uso de los recursos. Asimismo, se ha considerado la implementación de tecnologías limpias y prácticas de gestión ambiental, como el tratamiento adecuado de aguas residuales.

Este diseño también contempla la flexibilidad y escalabilidad de las instalaciones, permitiendo ajustes conforme la demanda de producción crezca o se amplíen las líneas de productos. En la ilustración N° 6, se muestra el diseño de la planta donde pueden identificarse la distribución de las principales áreas que se describen a continuación:

1. La recepción y evaluación de materia prima: esta área está destinada a la recepción de los subproductos agrícolas (como el rastrojo de maíz, químicos, otros rastrojos, entre otros) que se utilizarán como materia prima en la producción de papel. En esta zona también se llevará a cabo una evaluación inicial de calidad de los materiales

entrantes para asegurar que cumplan con los estándares requeridos para el proceso de fabricación.

2. El almacén: el área de almacén es fundamental para el almacenamiento seguro de la materia prima, productos intermedios y productos terminados. Esta área debe de estar organizada para optimizar el uso del espacio y permitir un acceso rápido y eficiente a los materiales necesarios para el proceso de producción. Además, se incluirán sistemas de control de inventarios para gestionar de manera eficaz las existencias.
3. El área de producción: esta zona constituye el núcleo operativo de la planta, donde se llevarán a cabo todos los procesos de fabricación del papel y sus derivados. Está diseñada para albergar las máquinas de producción, como las de fabricación de pulpa, secado, y conversión de papel en sus diversas presentaciones (papel, liner, cartón corrugado, etc.). Se ha dispuesto de un diseño de planta optimizado para facilitar el flujo continuo de materiales y productos.
4. Baños: para el bienestar y comodidad de los empleados, se incluirán baños distribuidos estratégicamente por la planta, garantizando su accesibilidad desde las diferentes áreas operativas. Estos serán diseñados para cumplir con las normas de higiene y salud laboral. En este bosquejo se presenta uno ubicado en la zona más necesaria y de mejor acceso. Sin embargo, los baños deberán estar distribuidos en distintas zonas y ser una cantidad razonable en función del número de empleados.
5. Sala de juntas: la sala de juntas será un espacio destinado para reuniones de planificación estratégica, negociaciones con proveedores y clientes, y discusiones entre los diferentes departamentos. Estará equipada con tecnología para facilitar la comunicación, la presentación de proyectos y la toma de decisiones grupales.
6. Gerencia: el área de gerencia estará compuesta por oficinas destinadas a la supervisión y toma de decisiones estratégicas dentro de la planta. Aquí se manejarán las operaciones globales de la planta, la planificación de producción y la gestión de recursos para asegurar que los procesos se realicen de manera eficiente y rentable.
7. Contabilidad: el área de contabilidad tendrá la función de gestionar las finanzas de la planta, realizando el registro y control de los flujos financieros, pagos, cobros y otros aspectos contables cruciales para el buen funcionamiento de la empresa. Esta área

estará equipada con sistemas informáticos para asegurar la transparencia y precisión de la información financiera.

8. Recursos humanos: en este espacio se gestionarán las funciones relacionadas con la administración y desarrollo del personal. Se contempla un área destinada a la contratación, capacitación y bienestar de los empleados, asegurando que se cumplan los estándares laborales y se promueva un ambiente de trabajo inclusivo y seguro.
9. Comercialización: este espacio estará destinado a las actividades comerciales de la empresa, como la promoción y venta de los productos derivados del papel. Se gestionarán las relaciones con clientes, contratos de venta, y estrategias de distribución de los productos terminados a los mercados locales y potencialmente a nivel nacional. Además, se analizarán las tendencias del mercado y las oportunidades de expansión.
10. Lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales: con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de la planta, se ha contemplado un área destinada al tratamiento de aguas residuales generadas durante el proceso productivo. Este sistema de lagunas de oxidación permitirá la depuración de aguas contaminadas mediante un proceso biológico, asegurando que los efluentes cumplan con los estándares ambientales antes de ser descargados o reutilizados en el proceso productivo. Estas lagunas se encuentran apartadas del resto de las operaciones debido al espacio necesario para ellas y a la naturaleza del manejo de las mismas.

Es importante destacar que lo presentado corresponde a un bosquejo básico del diseño propuesto para la planta de producción de papel. Este bosquejo tiene como propósito principal ilustrar de manera general el acomodo y distribución funcional de las áreas dentro de la planta, y no contempla las medidas reales ni detalles técnicos específicos que se emplearían en el diseño final de la infraestructura.

El objetivo de este bosquejo es ofrecer una visualización simple y comprensible del proyecto, permitiendo una primera aproximación a la organización de las áreas clave, como la producción, el tratamiento de aguas residuales, el almacenamiento de materia prima, y las zonas administrativas y comerciales. Este diseño es, por lo tanto, una

sugerencia de acomodo que puede ser ajustada en etapas posteriores, tomando en cuenta los estudios técnicos, las necesidades operativas y las normativas locales de construcción y seguridad.



Ilustración 6 Bosquejo de diseño de planta.
Fuente: Elaboración propia.

7.3 Viabilidad económica

La producción de papel a partir de rastrojo de maíz se comparó con los costos de fabricación de papel reciclado y papel virgen. Se determinó que el costo de producción por tonelada es un 30% menor en comparación con el papel tradicional, principalmente debido a la disponibilidad del rastrojo y a la reducción en el consumo de agua y energía durante el proceso de fabricación. Estudios previos han demostrado que el uso de fibras

alternativas reduce significativamente los costos de producción y las emisiones de CO₂ (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Además, la implementación de este proyecto de negocio podría generar empleos y fomentar la economía circular en la región.

En términos de impacto económico, la reducción de costos de producción podría hacer competitiva a esta alternativa frente a los procesos tradicionales. Sin embargo, la implementación a nivel industrial requeriría estudios adicionales para optimizar la escalabilidad del proceso.

7.3.1 Matriz FODA

El análisis FODA (Tabla N° 5) mostró que el proyecto tiene un gran potencial tanto en términos de oportunidades de mercado como en su impacto positivo ambiental y social. Sin embargo, también existen ciertos retos y riesgos que deben ser gestionados, como la dependencia de maquinaria industrial y la competencia con grandes productores. Es esencial aprovechar las fortalezas y las oportunidades de sostenibilidad, mientras que se mitigan las debilidades mediante una planificación financiera adecuada.

MATRIZ FODA			
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Aprovechamiento de desecho agrícola. Cercanía a fuentes de obtención de agua salada. Materia prima abundante y de bajo costo. Cumplimiento de normativa aplicable. Calidad del producto.	Mejora continua de procesos. Apertura de líneas en nuevos productos derivados del papel. Uso de otros desechos agrícolas como materia prima. Ampliación del alcance mediante nuevas fábricas.	Inversión inicial alta. Resistencia al cambio por parte de los clientes. Necesidad de uso de maquinaria industrial. Dificultad para estrategias de propaganda y publicidad. Plantilla laboral nueva.	Resistencia de los clientes potenciales al cambio. Fuerte competencia con más experiencia. Dependencia de la producción agrícola local. Crisis económica. Desconocimiento del mercado sobre

Mano de obra abundante. Ubicación altamente comercial. Amplio mercado y variedad de usos del producto. Relación de co-creación con el cliente. Procesos sustentables y sostenibles. Cumplimiento de 7 objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.	Certificaciones de calidad y medioambiente. Aumento de tendencias de comercio ecológico. Presencia nacional. Posibilidad de exportación.	Falta de una empresa similar para benchmarking.	los beneficios del producto. Competencia en búsqueda de objetivos similares.
---	--	--	--

Tabla 5 Matriz FODA.
Fuente: Elaboración propia.

Entre las principales fortalezas del proyecto se encuentran el aprovechamiento de los desechos agrícolas, lo que permite reducir la contaminación ambiental y fomentar la economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Considerando que el acceso a la materia prima es abundante en la región y además, es de bajo costo, disminuye considerablemente los costos operativos. La ubicación de esta propuesta de industria papelera, es una zona de alta actividad comercial, sobre todo de productos agrícolas, lo que permite el acceso a un amplio mercado.

Otra de las fortalezas de importancia es que esta industria cumple con la normatividad ambientales y de calidad, que garantiza la viabilidad legal del proyecto (ISO, 2015). Además de la relación de co-creación con los clientes, lo que favorece la satisfacción del mercado por la fácil adaptación de los productos a sus necesidades. Además, el

implementar procesos sostenibles en su operación y su alineación con siete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 refuerzan el compromiso con la sostenibilidad global (ONU, 2015).

En cuanto a las oportunidades identificadas, se identificó que el proyecto cuenta con diversas oportunidades de crecimiento, como la posibilidad de implementar mejora continua en los procesos productivos establecidos, por lo que, según Deming (1986) permitirá optimizar la eficiencia del proceso y la calidad del producto. Además de que existe la posibilidad de desarrollar nuevas líneas de productos derivados del papel, aprovechando diferentes residuos que se producen en la región, contribuyendo al cuidado ambiental.

Atendiendo certificaciones de calidad y medio ambiente y logrando una expansión de nuevas fábricas es posible incrementar la competitividad de la industria papelera propuesta, considerando que, según Nielsen (2021) las tendencias hacia el comercio ecológico van incrementando, lo que genera una demanda creciente para los productos de papel y derivados.

Uno de los principales retos identificados para este proyecto fue la alta inversión inicial requerida, por lo que se puede esperar una limitación en su desarrollo, sobre todo durante las primeras etapas. La necesidad de maquinaria industrial también representa un desafío, ya que implica altos costos de adquisición y mantenimiento, además de que será necesario implementar estrategias efectivas de publicidad para dar a conocer al mercado los beneficios que esta industria generará en la región.

Entre las principales amenazas identificadas para el desarrollo de este proyecto se encuentra la resistencia de los clientes potenciales al cambio, lo que pudiera dificultar la penetración del mercado, tal como lo señala Rogers (2003); y la competencia con empresas más consolidadas.

La operación de la industria papelera propuesta en el proyecto depende directamente de la producción agrícola, lo que representa una amenaza porque depende de las

condiciones climáticas, ambientales y disponibilidad de recursos hídricos para el desarrollo adecuado de los cultivos.

7.3.2 Análisis PESTEL

El análisis PESTEL de la propuesta para la nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, revela una serie de factores externos que inciden directamente en la viabilidad, sostenibilidad y potencial de éxito del proyecto. A través de la evaluación de los componentes políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales, se pueden identificar tanto oportunidades clave como desafíos a mitigar para asegurar un desarrollo exitoso a largo plazo.

El análisis PESTEL, como se muestra en la Tabla N° 6, indica que el proyecto tiene una base sólida para prosperar, respaldado por un entorno favorable en términos políticos, económicos y sociales. Las oportunidades derivadas de los incentivos gubernamentales, la aceptación del mercado y las tecnologías disruptivas refuerzan su viabilidad. No obstante, existen desafíos, como las fluctuaciones en el entorno político y las altas tasas de interés, que deberán ser gestionados de manera adecuada.

En términos ecológicos, el proyecto se presenta como altamente sostenible y alineado con los objetivos globales de cambio climático, lo que le otorga una ventaja competitiva significativa en un mercado que valora cada vez más la responsabilidad ambiental. Además, el cumplimiento de las normas legales asegura que la empresa operará dentro del marco regulatorio, lo que minimiza riesgos legales.

En el ámbito económico, el proyecto se presenta como altamente competitivo, con precios en promedio 50.06% por debajo de la competencia, lo que posicionaría favorablemente a la empresa en el mercado. La materia prima de bajo costo, proveniente de subproductos agrícolas como el rastrojo de maíz, representa una ventaja significativa. No obstante, los altos costos de financiamiento debido a altas tasas de interés y el aumento de impuestos podrían afectar la rentabilidad a corto plazo.

ANÁLISIS PESTEL		
POLÍTICOS	ECONÓMICOS	SOCIALES
• Programas gubernamentales de financiamiento a nuevas industrias. • Clima político cambiante. • Acuerdos comerciales con diversos países. • El actual gobierno busca incentivar la industria. • Beneficios de apoyos e iniciativas de gobierno.	• Precios en un promedio 50.06% por debajo de la competencia. • Materia prima de muy bajo costo. • Banca comercial con variedad de oportunidades de financiamiento. • Impuestos en aumento. • Brindar un ingreso extra a productores de maíz. • Ayudar al desarrollo económico local y regional. • Altas tasas de interés. • Moneda mexicana cobrando valor con respecto al dólar.	• Sociedad en búsqueda de cambio ambiental. • Estudio de mercado con un 100% de aceptación al proyecto. • Creación de nuevos empleos. • Ubicación en comunidad de una ciudad en vías de desarrollo. • Mejorar los hábitos de consumo de quienes compren en empresas asociadas. • Apoyo al movimiento ambientalista con enfoque empresarial. • Amplio mercado.
TECNOLÓGICOS	ECOLÓGICOS	SOCIALES
• Uso de tecnologías disruptivas 4.0 en algunas etapas del proceso. • Proceso automatizable. • Constante investigación y desarrollo de nuevos productos. • Avances tecnológicos constantes. • Mejora continua de procesos. • Uso de TIC's.	• Reducción de la tala de árboles. • Uso de un 85% menos agua con respecto a la industria convencional. • Uso de 0% agua dulce. • Posibilidad de adquirir vehículos ecológicos. • Reducción de emisiones de dióxido de carbono. • Planeación de uso de energías renovables hasta en un 100%. • Tratamiento de agua residual. • Cumplimiento de la normatividad. • Posibilidad de certificación ISO 14001.	• Cumplimiento de las leyes ambientales. • Búsqueda de licencias especializadas. • Regulaciones de la Ley Federal del trabajo. • Reglas sanitarias. • Normas internacionales para exportación. • Normas mexicanas aplicables. • NORMA ISO 9001:2015, NORMA ISO 14001:2015, NORMA ISO 22001:2005, NORMA OHSAS 18001:2007 y la NMX-N-107-SCFI-2010 para las

		Industrias de Celulosa y papel.
--	--	---------------------------------

Tabla 6 Análisis PESTEL
Fuente: Elaboración propia.

7.3.3 Estudio de mercado

El mercado objetivo para la industria propuesta son principalmente las empresas dedicadas a la fabricación de cajas para embalaje y otros productos derivados del papel y cartón, los proveedores son productores de maíz y paqueros locales, mientras que otros socios clave son las empresas cartoneras y futuros colaboradores.

Posterior a la evaluación de los métodos de obtención de datos de mercado y de las plataformas electrónicas, se decidió utilizar la aplicación surveyplanet, en la que se elaboró la encuesta y por medio de un link se aplicó en línea a distintas personas.

Para la obtención de la muestra se investigó en la página del INEGI el número de personas que habitan en Guasave, lo que arrojó un total de 320,000 personas. Después con ayuda de la aplicación survey monkey se calculó una muestra haciendo uso de una herramienta dentro de la aplicación en la que, introduciendo la población antes mencionada, el nivel de confianza, en el que se decidió un 85%; y el margen de error que se marcó en 13% dio como resultado un total de 31 personas. Una vez obtenida la muestra, se procedió a realizar la encuesta (Ilustración N° 27) en la aplicación survey planet para para conocer la opinión de los consumidores finales potenciales.

En la Tabla N° 7, se observan los resultados obtenidos, donde se muestra que la mayoría de las personas encuestadas tienen entre 15 y 30 años de edad, con un total de 29 individuos dentro de este rango. En contraste, solo una persona pertenece al grupo de 30 a 45 años y otra al de 45 a 60 años.

En cuanto a la ocupación de los encuestados, se observa que la mayoría son estudiantes, con un total de 27 personas, lo que representa el 87.1% de la muestra. Además, se identificaron tres profesionistas y una ama de casa. El propósito de esta pregunta era

conocer mejor a los posibles futuros clientes y utilizar estos datos para generar ideas estratégicas en el desarrollo del proyecto.

Sobre los hábitos de compra en línea, los resultados muestran que 17 personas realizan entre 0 y 1 compra al mes, 8 personas compran de 2 a 4 veces, 5 personas de 4 a 6 veces y solo una persona supera las 6 compras mensuales. Esto indica que aproximadamente el 45% de los encuestados hacen compras en línea con suficiente frecuencia, lo que sugiere que las paqueterías son una excelente opción para la distribución del producto.

En relación con los servicios de paquetería utilizados, el 51.06% de los encuestados (16 personas) afirmaron que Estafeta es la empresa que normalmente les entrega sus paquetes. En segundo lugar, con un 25.08% (8 personas), se encuentra DHL. Otras paqueterías como Paquete Express (2 personas), Redpack (1 persona) y diversas opciones adicionales (4 personas, 12.09%) también fueron mencionadas.

Un hallazgo relevante es que todas las personas encuestadas, independientemente de su edad u ocupación, están dispuestas a contribuir al cuidado del medio ambiente utilizando el producto propuesto. Aunque inicialmente se pensó que la aceptación podría tomar tiempo, estos resultados indican que, con los aliados adecuados, el producto podría ser bien recibido en el mercado.

Las razones principales por las que los encuestados preferirían este producto son su precio, calidad y su impacto ambiental. En total, 15 personas (48.4%) lo elegirían por una combinación de estos factores, mientras que 12 personas (38.7%) priorizan el beneficio ecológico y 4 personas (12.9%) se inclinan únicamente por la calidad. Estos resultados muestran que, aunque el aspecto ambiental es importante, el precio y la calidad siguen siendo factores determinantes en la decisión de compra.

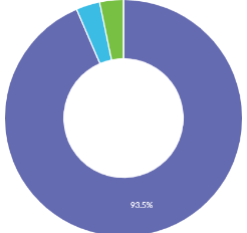
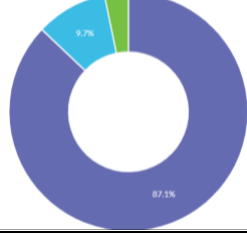
Sobre el reciclaje y reutilización de cartón, los resultados indican que la mayoría de los encuestados (58.1%, es decir, 18 personas) le dan otro uso al cartón después de desocuparlo. Sin embargo, 13 personas (41.9%) no lo reutilizan. En cuanto a los usos

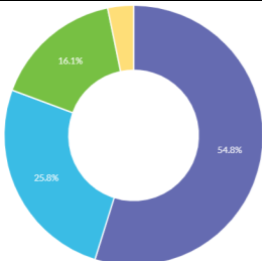
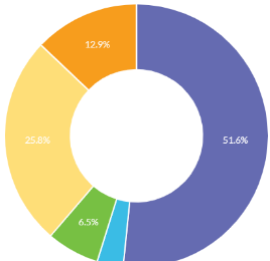
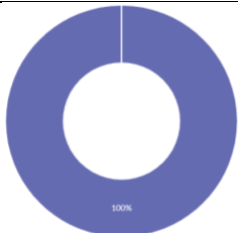
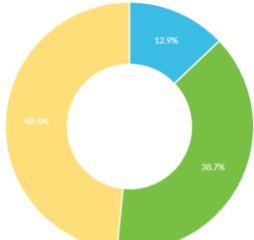
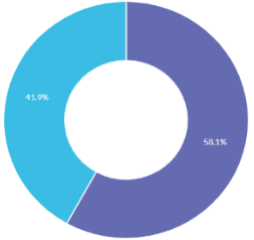
específicos, 15 personas lo emplean para guardar objetos, 11 lo utilizan para tirar basura, 4 simplemente lo desechan y una persona lo recicla y vende. Estos datos refuerzan la viabilidad del cartón a base de desechos agrícolas, ya que es resistente para almacenar productos, biodegradable y reciclable, ofreciendo ventajas tanto ecológicas como prácticas para los consumidores.

Otro aspecto clave del estudio fue determinar el precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar por el cartón. La opción más económica, de \$20, recibió 14 votos, seguida de la opción de \$30 con 20 votos, mientras que 6 personas pagarían \$40 y solo una persona consideraría un precio superior a \$50.

Todos los encuestados manifestaron su interés en probar productos derivados del papel a base de rastrojo de maíz, lo que sugiere una oportunidad para expandir el proyecto en el futuro e incluir productos como papel u hojas fabricadas con este material.

Finalmente, se observó que solo 7 personas conocen empresas cartoneras mexicanas, mientras que 24 no tienen conocimiento al respecto. Esto refleja que la industria cartonera en el país aún es poco conocida. Por ello, el proyecto busca establecerse inicialmente en Guasave, con la meta de expandirse y posicionarse a nivel nacional en el futuro.

Pregunta	Respuestas	Gráfico
¿Cuántos años tiene?	Elección 15 a 30 30 a 45 45 a 60 60 o más Total 29 1 1 0	
¿Cuál es su ocupación?	Elección Estudiante Profesionista Ama de casa Total 27 3 1	

¿Con que frecuencia realiza compras por medio de paquetería?	Elección 0 a 1 vez al mes 17 2 a 4 meses al mes 8 4 a 6 veces al mes 5 Más de 6 veces al mes 1	
¿De qué paquetería entregan sus productos comprados online?	Elección Estafeta 16 Redpack 1 Paquetexpress 2 DHL 8 Other 4	
¿Le interesaría la idea de cuidar el planeta prefiriendo el uso de cartón de desecho de maíz?	Elección Si 31 No 0	
¿Cuál sería la principal razón por la que preferiría nuestro producto?	Elección Precio 0 Calidad 4 Cuidado al medio ambiente 12 Todas las anteriores 15	
Ya que desocupa un cartón, ¿Le da otro uso?	Elección Si 18 No 13	

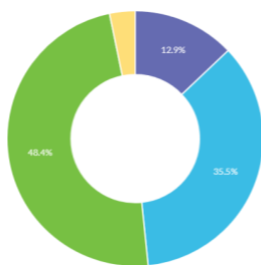
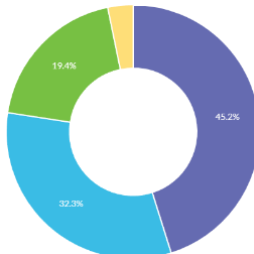
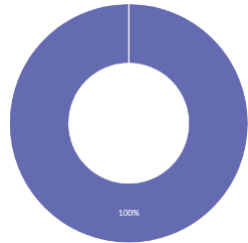
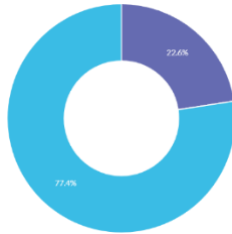
¿Qué otro uso le das al cartón?	<table><thead><tr><th>Elección</th><th>Total</th></tr></thead><tbody><tr><td>Ninguno, lo desarmo y lo tiro</td><td>4</td></tr><tr><td>Para tirar basura</td><td>11</td></tr><tr><td>Para guardar objetos</td><td>15</td></tr><tr><td>Lo reciclo y lo vendo</td><td>1</td></tr></tbody></table>	Elección	Total	Ninguno, lo desarmo y lo tiro	4	Para tirar basura	11	Para guardar objetos	15	Lo reciclo y lo vendo	1	
Elección	Total											
Ninguno, lo desarmo y lo tiro	4											
Para tirar basura	11											
Para guardar objetos	15											
Lo reciclo y lo vendo	1											
¿Entre que rango estaría dispuesto a pagar por una caja de cartón medida estándar (1 kg a 5 kg) de las de forma convencional?	<table><thead><tr><th>Elección</th><th>Total</th></tr></thead><tbody><tr><td>\$ 20</td><td>14</td></tr><tr><td>\$ 30</td><td>10</td></tr><tr><td>\$ 40</td><td>6</td></tr><tr><td>\$50 o más</td><td>1</td></tr></tbody></table>	Elección	Total	\$ 20	14	\$ 30	10	\$ 40	6	\$50 o más	1	
Elección	Total											
\$ 20	14											
\$ 30	10											
\$ 40	6											
\$50 o más	1											
¿Compraría otros productos derivados del desecho de maíz como papel u hojas?	<table><thead><tr><th>Elección</th><th>Total</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>31</td></tr><tr><td>No</td><td>0</td></tr></tbody></table>	Elección	Total	Si	31	No	0					
Elección	Total											
Si	31											
No	0											
¿Conoces alguna empresa mexicana productora de cartón?	<table><thead><tr><th>Elección</th><th>Total</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>7</td></tr><tr><td>No</td><td>24</td></tr></tbody></table>	Elección	Total	Si	7	No	24					
Elección	Total											
Si	7											
No	24											

Tabla 7 Resultados obtenidos en el estudio de mercado.
Fuente: Elaboración propia.

Las preguntas del estudio de mercado se basaron en conocer la opinión del consumidor final quien recibirá sus productos en cajas elaboradas con el papel a base de residuos agrícolas o aquel cliente que utilizará en su día a día otros derivados del papel de rastrojo. Puesto que la industria cartonera se divide en dos tipos de empresa: la que produce el rollo de papel y la que lo transforma en cajas de cartón, esta propuesta de industria corresponde a una empresa del tipo uno; sin embargo, se aplicó la encuesta al

consumidor final para saber si se encuentra interesado en utilizar productos fabricados con el papel a base de rastrojo, obteniendo resultados satisfactorios ya que el 100% de los encuestados respondió que le interesa el cuidado del planeta y que le gustaría cuidarlo prefiriendo el uso de papel a base de residuos agrícolas, lo que indica una aceptación social excelente. Conocer las características de los clientes y consumidores finales propiciará la creación de estrategias de mercadotecnia enfocadas a la satisfacción de dicho mercado.

El papel a base de rastrojo se diferencia de la competencia principalmente por su precio debido a que este oscila en un 50.06% por debajo de la competencia. De igual manera existe una clara diferencia entre los impactos causados por la producción del mismo.

7.3.4 Modelo CANVAS

El modelo canvas se considera importante para entender la viabilidad del proyecto propuesto, ya que permite realzar sus principales bloques de valor, como la propuesta de valor, los canales de distribución, las fuentes de ingresos, y las relaciones con los clientes, entre otros. Este análisis permite tener una visión clara y concreta de cómo operar la nueva industria de manera eficiente, sustentable y rentable.

El análisis a través del modelo canvas, como se muestra en la Tabla N° 8, demuestra que la propuesta para establecer una nueva industria de papel y derivados a base de desperdicios agrícolas, particularmente el rastrojo de maíz, tiene un gran potencial de viabilidad tanto económica como social y ambiental. Los diferentes bloques del modelo permiten visualizar una propuesta de valor sólida basada en la sostenibilidad y la innovación, lo que responde a las crecientes demandas de un mercado en busca de productos ecológicos y reciclables. Se propone comercializar el producto creando alianzas con los clientes directos a quienes se les deberá concientizar sobre los múltiples beneficios del papel a base de residuos agrícolas cuya distribución se propone que sea por vía terrestre y teniendo siempre apertura a las necesidades de los clientes directos con quienes la atención debería ser personalizada y en un ambiente de co-creación.

MODELO CANVAS				
SOCIOS CLAVE	ACTIVIDADES CLAVE	PROPUESTA DE VALOR	RELACIÓN CON CLIENTES	SEGMENTOS DE CLIENTES
Agricultores locales. Paqueros. Empresas del mismo giro.	Capacitación frecuente.	Agregar valor a residuo solido desperdiciado. Rápida biodegradación. Uso de materia prima regional. Cuidado del medio ambiente. Precio accesible. No uso de agua dulce en el proceso. Mejora de la economía local.	Atención personalizada de calidad.	Empresas cartoneras y otros que produzcan productos a base de papel.
	Planeación, organización y control de actividades.		Co-creación.	
	Gestión de la producción y calidad.		Asistencia personal a clientes directos.	
	Investigación y desarrollo.			
	RECURSOS CLAVE		CANALES	
	Recursos humanos.		Proveedores locales.	
	Recursos financieros.		Empresas de embalaje.	
	Recursos intelectuales y tecnológicos.		Distribución terrestre.	
	Materia prima.			
ESTRUCTURA DE COSTOS			FUENTES DE INGRESO	
Inversión inicial: \$263,614.13 PRI: 3 años. COSTOS MENSUALES Costos de producción: \$173,565.00 Costos de operación: \$400.00 Sueldos y salarios: 33,154.17 Gastos de administración: \$3,339.00			Ventas del producto. Fuentes de financiamiento privado. Apoyo gubernamental a empresarios.	

Tabla 8 Modelo CANVAS.

7.3.5 Análisis de las 13 P

A continuación, se presentan los resultados del análisis de las 13 P.

1. Proceso (process): Desde el punto de vista de empresa, se considera importante todos los procesos que involucren la comercialización de los productos propuestos, desde la selección de la materia prima hasta la entrega del producto al cliente final, considerando procesos estandarizados que aseguren la calidad y beneficios esperados por parte de los clientes directos.
2. Producto (product): El producto está diseñado para cumplir las expectativas de los clientes potenciales, ya que su principal elemento diferenciador es la calidad en los procesos e insumos con los que se elabora, mismos que son respaldados por normas de carácter nacional e internacional, asegurando de esta manera la satisfacción del cliente.
3. Precio (price): Dentro de las bondades del producto se considera que una de las más significativas es el bajo precio, ya que se encuentra hasta en un 50% por debajo de su competencia, considerando esto como una ventaja competitiva.
4. Promoción (promotion): Al ser un producto novedoso en el mercado podrá hacer conciencia de la importancia de elegirse ante la competencia utilizando estrategias como envío de muestras a clientes potenciales, redes sociales, marketing digital, anuncios publicitarios, publicidad de boca en boca, entre otros.
5. Lugar (place): La planta de producción deberá estar en un lugar estratégico de donde obtener la materia prima, por eso es que la propuesta se sitúa en una comunidad del municipio de Guasave, Sinaloa. De igual manera se tendrá presencia no física en las redes de internet y sitios web.
6. Personas (people): Para el desarrollo del recurso humano que forme parte del proyecto se presentaría un plan de carrera, buscando con esto generar una cultura organizacional que distinga a los colaboradores de las demás empresas, de esta

manera, se lograría tener una relación genuina con los clientes inspirando lealtad y respeto entre ambas partes.

7. Proyección (partitioning): Los clientes potenciales son las 5,772 unidades económicas de producción de papel y cartón a lo largo de la República Mexicana y clientes de la industria cartonera dedicadas a la fabricación de cajas y otros productos para embalaje.
8. Posicionamiento (positioning): A pesar de ser una marca que no se encuentra de manera activa en el mercado, se proyecta que cause impactos positivos en la región, ya que los productores podrían tener un ingreso por vender su desecho agrícola, así mismo, la diferenciación con respecto al resto de las empresas similares, se centraría en el precio, calidad, durabilidad, su impacto con el medio ambiente, tiempo de biodegradación, entre otros.
9. Prueba (probing): De acuerdo con las pruebas realizadas, podemos afirmar que el prototipo resultante de la propuesta es un producto que cumple con todos los estándares de calidad necesarios, ya que se encuentra respaldado por las normas TAPPI, ISO y NMX, lo cual proporciona una gran confianza a los clientes en cuanto a la calidad de cartón, papel y celulosa. Dentro de las mismas se encuentran pruebas como humedad, absorción de humedad, gramaje, biodegradación, entre otras.
10. Beneficio (profit): La propuesta no solo tiene un compromiso con el medio ambiente al utilizar un desecho como ingrediente principal en su producto, sino que además de utiliza el 80% menos de agua en su proceso, erradica la tala de árboles, aporta valor a 7 de los 17 objetivos del desarrollo sostenible, impacta de manera significativa en los tres ejes del desarrollo sustentable, logra una economía circular con su proceso, entre otros muchos beneficios.
11. Planear (planning): La propuesta adoptaría una filosofía de calidad basada en el ciclo PHVA, ya que al trabajar en la co-creación de los productos con el cliente final, estaría modificando de manera constante el tipo de producción, buscando mantener el mismo nivel de calidad para cada uno de ellos, apoyándose en las diferentes normatividades y en la estandarización de los procesos.

12. Propuesta de valor (prioritizing): La propuesta se basa en que la materia prima que utiliza es un desecho agrícola al que se le brinda valor agregado al convertirlo en cartón de buena calidad que además de cumplir con la normatividad aplicable; es reciclable, biodegradable, reutilizable y compostable, además de hacer uso de tecnologías disruptivas 4.0 en su proceso productivo.
13. Planeta (planet): La propuesta está planteada bajo un modelo de economía circular gracias al tratamiento de agua residual y a que los productos son 100% reciclables, de igual manera, se afirma que impacta de manera significativa en los tres ejes del desarrollo sustentable, lo cual lo hace una empresa sostenible con el tiempo.

Los elementos que componen la muestra de la mercadotecnia 13 P fue principalmente el sitio que estará ubicado en Las Culebras, Guasave, Sinaloa. El proyecto aportará un beneficio social, económico y ambiental debido a que su producción es 100% en base a un desecho agrícola que se obtiene en grandes cantidades en México y principalmente en Sinaloa además de tener un precio accesible. En cuanto a promoción será implementando un modelo de negocios B2B, colaborando con clientes que usarán el papel a base de desechos agrícolas para su transformación, logrando que el producto resultante de esta nueva industria llegue al consumidor final por medio de estos.

7.3.6 Estudio económico

Para la puesta en marcha del proyecto de una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, para el aprovechamiento de subproductos agrícolas que contribuya a la mitigación del cambio climático se requiere una inversión inicial de \$3,662,947.46, la cual es necesaria para su adecuado funcionamiento. Esta inversión se divide en tres categorías como muestra la Tabla N° 9: activo fijo con un monto de \$747,640.00, activo diferido con un monto de \$100,743.73 y capital de trabajo con un monto de \$2,814,549.73.

Para la creación de la nueva industria se proponen utilizar fuentes de financiamiento por lo que para el estudio económico se consideraron dos fuentes de financiamiento plasmadas en la Tabla N° 9, de las cuales el 30% se consideró por participación de los

socios y el 70% por medio de la banca comercial, mismo que al ser un proyecto de carácter sustentable cuenta con una tasa de interés preferencial que oscila entre el 9 y el 9.9% de acuerdo al monto solicitado y al periodo de solicitud de crédito.

El punto de equilibrio para la industria propuesta se proyecta que se comportaría de la siguiente manera: para el año 1 se tendría un punto de equilibrio de \$857,496.76 pesos, en el año 2 disminuiría a \$709,558.62 y para el año 3 alcanzaría la cantidad de \$617,773.56 (Tabla N° 9).

Así mismo, se realizó una proyección de ingresos reflejada en la Tabla N° 9 donde indica que en el primer año se obtendrían \$9,288,000.00, en el segundo año \$10,216,800.00 y para el tercer año \$11,238,480.00

De acuerdo con el análisis de sensibilidad expuesto en la Tabla N° 10 podemos decir que la propuesta de una nueva industria de papel y sus derivados en Guasave podría soportar un incremento de hasta el 15.01% en costos de producción, podría tener un soporte de hasta un 11.45% y las fluctuaciones de mercado podría sobrellevarlas hasta en un 30.39% en disminuciones de demanda de producto, en cada uno de los escenarios podemos observar que se tiene una TIR y una relación beneficio/costo sumamente aceptable, de igual manera, en todos los casos se consideró el 4.64% de inflación como indicador macroeconómico para la industria a la que pertenece la propuesta.

ESTUDIO ECONÓMICO	
INVERSIÓN INICIAL	
Activo fijo	\$747,640.00
Activo diferido	\$100,743.73
Capital de trabajo	\$2,814,549.73
Inversión inicial	\$3,662,947.46
PUNTO DE EQUILIBRIO	
Año 1	\$857,496.76

Año 2	\$709,558.62
Año 3	\$617,773.56
PROYECCIÓN DE INGRESOS	
Año 1	\$9,288,000.00
Año 2	\$10,216,800.00
Año 3	\$11,238,480.00
ESTIMACIÓN DE VENTAS	
Año 1	108,000 rollos
Año 2	118,800 rollos
Año 3	130,680 rollos
FINANCIAMIENTOS	
Banca comercial	\$2,930,357.97
Socios e inversionistas	\$732,589.49

Tabla 9 Resultados del estudio económico.

Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	
Incremento en los costos de producción	15.01%
Valor Actual Neto (VAN)	-\$38.98
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9.89%
Costo – Beneficio (B/C)	\$1.0001
Fluctuaciones en precios de mercado	11.45%
Valor Actual Neto (VAN)	-\$10.25
Tasa Interna de Retorno (TIR)	8.74%
Costo – Beneficio (B/C)	\$1.0001
Variación en la demanda	30.39%
Valor Actual Neto (VAN)	-\$21.17
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9.97%
Costo – Beneficio (B/C)	0.99991

Tabla 10 Resultados del análisis de sensibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

7.3.7 Evaluación financiera

A lo largo del presente documento se abordan una gran cantidad de datos sobre la forma en la que la propuesta lograría producir papel a base de un desecho agrícola, donde lo importante no solo es la producción, sino también la calidad en la que sustenta el producto final.

De acuerdo con los datos obtenidos en el estudio financiero, como se muestra en la Tabla N° 11, se puede afirmar que el costo beneficio del proyecto es de 1.12, obteniendo un margen de utilidad neta del 13%, en la que se estima obtener la cantidad de \$1,243,270.70 en el primer año, en el segundo año \$1,759,699.80 y en el tercer año \$1,337,133.10, de igual manera, se obtuvo un valor presente neto de \$2,665,208.09 y una tasa interna de retorno del 44%, lo que indica que el proyecto tiene una rentabilidad lo suficientemente aceptable para incursionar en el mercado.

EVALUACIÓN FINANCIERA	
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	
Valor Actual Neto (VAN)	\$2,655,208.09
Tasa Interna de Retorno (TIR)	44%
Costo – Beneficio (B/C)	\$1.12
UTILIDAD ESTIMADA	
Año 1	\$1,243,270.70
Año 2	\$1,759,699.80
Año 3	\$2,665,208.09

Tabla 11 Resultados de la evaluación financiera.

Fuente: Elaboración propia.

Pero no solo los datos financieros aseguran que la puesta en marcha de la industria propuesta es algo viable, el estudio de mercado, el estudio técnico y el estudio económico sustentan que podría ser un proyecto sumamente factible.

7.3.8 Propuesta de marca

Se presenta la propuesta de nombre, isotipo y eslogan para una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, para el aprovechamiento de subproductos agrícolas que contribuya a la mitigación del cambio climático.

El nombre propuesto para la empresa es **BIOCARSIN** (Ilustración N° 8), resultado de la combinación de las primeras tres letras de las palabras *cartón* y *Sinaloa*, con la adición

del prefijo *bio* para mantener el enfoque hacia la sustentabilidad. La elección del término *cartón* en lugar de *papel* obedece al pronóstico de que, aunque el papel constituye el producto base, el cartón será el derivado de mayor impacto. Asimismo, se optó por utilizar el nombre *Sinaloa* en lugar de *Guasave*, ya que esta industria tiene el potencial de escalar a nivel nacional y ser reconocida en el ámbito estatal ya que la producción de maíz es de gran relevancia social, económica y cultural en todo el estado, lo que refuerza la pertinencia de la denominación.

Se propone un isotipo (Combination Mark) (Ilustración N° 7), en el cual la parte gráfica (icono) representa una caja de la que emerge una planta, simbolizando la relación armoniosa entre los elementos. Este diseño visualiza cómo el cartón, material representativo de la empresa, y la naturaleza, representada por la planta, se combinan y coexisten de manera sustentable. La parte textual del logotipo incorpora el nombre de la marca, BIOCARSIN, y refuerza el mensaje de integración entre lo ecológico y lo industrial. De esta forma, el isotipo no solo destaca la identidad de la empresa, sino que también subraya su compromiso con la sustentabilidad y la innovación.



Ilustración 7 Propuesta de isotipo.
Fuente: Elaboración propia.

El eslogan “Empaquetado responsable, una vida de calidad.” refleja la propuesta de valor de la empresa: utilizar el rastrojo de maíz para fabricar papel y sus derivados siendo el principal las cajas de cartón; de manera sustentable, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo un futuro más responsable. Al mismo tiempo, conecta esta filosofía con un beneficio tangible y directo para los consumidores y el entorno, sugiriendo que elegir un

producto responsable no solo es una acción ética, sino que también mejora la calidad de vida de todos.



Ilustración 8 Propuesta de nombre de marca.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.9 Planeación estratégica

Se presenta la propuesta de misión, visión y valores para una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, para el aprovechamiento de subproductos agrícolas que contribuya a la mitigación del cambio climático.

Misión: Somos una empresa Guasavense que busca aprovechar el residuo de las actividades agrícolas locales, transformándolo en un material útil que atienda las necesidades de embalaje de los mercados mexicanos actuales, buscando mitigar el impacto medioambiental causado por ciclo de vida del cartón convencional.

Visión: Ser pioneros en la implementación de nuevos procesos y productos como papel, cartón y sus derivados en la región, así como en brindar valor al desecho de la actividad predominante en el estado, contribuyendo así a mitigar el impacto ambiental ocasionado por la industria papelera e innovar en embalajes.

Valores: Transparencia, solidaridad, responsabilidad social, calidad, constancia y dedicación.

Grupos de interés: Accionistas, directivos, trabajadores, clientes, proveedores, financieras y comunidad local.

7.4 Impacto social

7.4.1 Trabajo

Con base en la información recolectada y el análisis realizado, se puede afirmar que la industria de papel a base de rastrojo en Guasave generará un impacto social significativo en la región, con especial énfasis en la creación de empleo y la mitigación de la discriminación de género. Este impacto no solo será visible en Guasave, sino también en las comunidades circundantes, mejorando las condiciones sociales y económicas de la zona.

En la región, históricamente, las actividades económicas han estado predominantemente ocupadas por hombres. Sin embargo, la propuesta de establecer una industria que involucra la producción de papel a partir de desecho agrícola plantea un enfoque inclusivo en el proceso de selección de personal, garantizando que tanto hombres como mujeres tengan acceso a las oportunidades laborales. Esta inclusión contribuirá a reducir la brecha de género en el ámbito laboral, promoviendo la igualdad de oportunidades y fomentando la participación activa de ambos sexos en una industria emergente y sustentable.

La creación de empleos en la industria no solo generará ingresos directos para los trabajadores, sino que también tendrá un efecto multiplicador en la economía local. Al emplear a personas de las comunidades cercanas, se incrementará el ingreso familiar, lo que, a su vez, contribuirá a la mejora de la calidad de vida de las familias en la región. Este aumento en el poder adquisitivo permitirá una mayor circulación de dinero dentro de la economía local, estimulando el crecimiento del comercio y otros sectores económicos.

La ubicación de la planta en Guasave y su posible expansión hacia comunidades colindantes ofrece una oportunidad para el desarrollo de localidades indígenas y otras comunidades cercanas. Al generar empleos directos en la planta y en la cadena de suministro, se fomenta el desarrollo económico regional, contribuyendo a la

diversificación de las fuentes de ingreso en una zona históricamente dependiente de sectores primarios como la agricultura.

De acuerdo a la infraestructura de proyectada para las instalaciones y a la viabilidad financiera, se puede determinar que la capacidad máxima de producción es de 12,000 metros cuadrados de papel al mes y por su parte, la capacidad mínima sería de 7,000 metros cuadrados, que si bien, una disminución en la producción podría tener una afectación en los ingresos de la empresa, de acuerdo al análisis de sensibilidad no representan riesgo alguno ya que se encuentra en el porcentaje aceptable en la disminución de la demanda sin afectar de manera considerable los ingresos de la empresa.

7.4.2 Ubicación y entorno

La empresa propuesta para la producción de papel a base de rastrojo agrícola, se localizaría en Las Culebras, Guasave, Sinaloa, México. Esta elección responde a una serie de beneficios estratégicos que favorecen tanto la sostenibilidad económica como la eficiencia operativa de la planta de producción.

- Costo de terreno favorecedor. La zona de Las Culebras ofrece precios de terreno considerablemente más bajos en comparación con la zona industrial de Guasave, lo que representa una ventaja económica significativa para la empresa en términos de reducción de costos iniciales de inversión. Este factor también facilita una expansión futura más accesible en caso de ser necesario.
- Posibilidad de expansión. Las Culebras cuenta con suficiente espacio disponible para la expansión de la planta en el futuro, lo cual es un aspecto clave a medida que la demanda de los productos crezca. Esto garantizaría la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, permitiendo una ampliación gradual sin necesidad de mudar la operación a otra ubicación.

- Proximidad a la materia prima. La comunidad se encuentra en una zona agrícola de Guasave, lo que garantiza el suministro constante de rastrojo de maíz y otros subproductos agrícolas necesarios para la producción de papel. La proximidad a la materia prima reduce los costos logísticos.
- Disponibilidad de mano de obra local. Las Culebras y sus alrededores cuentan con una fuerza laboral dispuesta a participar en la industria. La disponibilidad de mano de obra local asegura la integración de la comunidad en el proyecto, contribuyendo a la creación de empleo y al desarrollo económico regional. Además, las personas que viven en este tipo de comunidades generalmente tienen que trasladarse a la cabecera municipal para encontrar mejores condiciones de empleo, pero aumentando sus gastos y el riesgo por la distancia de transporte diario.
- Cercanía con la Playa Las Glorias para el suministro de agua. La planta se encuentra a una distancia cercana de la Playa Las Glorias, que será utilizada como fuente de agua salada para el proceso de producción. La proximidad a esta fuente de agua reduce costos asociados al suministro y tratamiento del agua, favoreciendo la eficiencia en el uso de los recursos.

7.4.3 Proveedores

Los principales proveedores de materia prima para el proyecto serán los productores locales y regionales de Sinaloa, quienes actualmente no disponen de un uso específico para los desechos agrícolas, como el rastrojo de maíz. Este material, que en muchos casos es considerado desperdicio de la siembra, será aprovechado de manera eficiente en el proceso de producción de papel, brindando a los agricultores una fuente adicional de ingresos por algo que normalmente sería quemado o descartado.

Además, al incorporar estos desechos agrícolas en la producción de papel, se ofrece una solución a los problemas relacionados con la limpieza de las parcelas, ya que los agricultores ya no tendrán que incurrir en costos adicionales o realizar actividades que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente, como la quema de residuos. Este

modelo también garantiza a los proveedores que están contribuyendo directamente a la mejora de la economía local al apoyar una industria sustentable de papel que valoriza los recursos que previamente se consideraban inútiles.

7.5 Impacto ambiental

El análisis de impacto ambiental indicó que la fabricación de papel utilizando como materia prima el rastrojo de maíz genera una reducción hasta del 40% en el consumo de agua y una disminución del 35% en la emisión de gases de efecto invernadero, en comparación con los procesos convencionales de fabricación de papel a partir de pulpa de madera, según lo señalado por Bustios (2002).

El uso de este residuo agrícola evita la quema del rastrojo, una práctica común que contribuye a la contaminación del aire y la emisión de partículas perjudiciales para la salud humana (CIMMYT, 2015). La incorporación de estas estrategias en la industria papelera podría mejorar la gestión de residuos agrícolas y reducir la presión sobre los recursos forestales. Según Deckymn, (2018), desde la perspectiva ambiental, los beneficios observados en la reducción de consumo de agua y energía refuerzan la importancia de desarrollar tecnologías más sostenibles. Iniciativas como la economía circular y la reutilización de residuos en procesos productivos podrían ser clave para la transición hacia una industria papelera más sustentable (Deckymn, 2018).

7.5.1 Estrategia de sustentabilidad

Para la consolidación de la industria papelera propuesta se plantearon las siguientes estrategias para lograr la sustentabilidad:

- Controlar y disminuir el consumo energético. Inculcar cultura sobre el cuidado de la energía con las pequeñas acciones cotidianas dentro de las instalaciones como apagar luces y equipos cuando no se utilicen, ajustar la temperatura de la climatización, etc. Buscando reducir los costos en esta área y a su vez formando colaboradores que puedan llevar estas prácticas a su vida cotidiana externa a la laboral.

- Seleccionar los proveedores. Elegir solo aquellos proveedores que tengan la misma conciencia social y ambiental que la industria propuesta promueve y busca, haciendo que el proceso sea sustentable desde la entrega de materia prima hasta el consumidor final.
- Promover la utilización de medios de transporte sostenibles. Fomentar el transporte colectivo de trabajadores, la utilización de transporte público, contar con una logística precisa y el transporte de mercancía máximo que sea seguro trasladar.
- Ahorrar papel. Llevar el control de las finanzas, el intercambio de información y demás documentos de manera electrónica buscando utilizar el mínimo de papel posible o utilizar los productos que la misma industria produce.
- Gestionar eficientemente los residuos. Poner en práctica la regla de las 3R en el siguiente orden: reducir el volumen de residuos generados, reutilizar los residuos y si no es posible realizar las 2 anteriores reciclar.
- Promocionar la educación y formación ambiental. Realizar campañas de educación y formación ambiental entre los trabajadores que capaciten y concienticen a los empleados.
- Incentivar los comportamientos responsables de los clientes finales. Por medio del producto generar conciencia al consumidor final añadiéndole un sello característico que indique que fue diseñado de manera sustentable, dando el mensaje de que si continúa comprando a través de esta plataforma (cliente de directo) ayuda al medio ambiente, ya que dicha organización utiliza materiales biodegradables para el embalaje de sus productos.
- Colaborar con acciones de sociales. Hacer colaboraciones con entidades que promuevan acciones con un beneficio socio-ambiental. Por ejemplo, campañas de reforestación, limpieza de áreas verdes o playas, eventos deportivos o culturales, etc.
- Medir y reducir la huella ambiental o huella de carbono. Por supuesto medir constantemente y replantear qué es a lo que se debe ajustar y modificar en los procesos rumbo a un desarrollo ecoeficiente que permita generar ingresos sin comprometer los recursos naturales y dañar los ecosistemas.

7.5.2 Los 3 pilares de la sustentabilidad

En la Tabla N° 12 se presenta cómo la propuesta se alinea no solo al ámbito ambiental sino a los tres pilares de la sustentabilidad. Esto garantiza que el impacto de la iniciativa es positivo, duradero y equilibrado. Cada uno de estos pilares juega un rol crucial en el desarrollo del proyecto ya que no solo se busca el beneficio inmediato o económico, sino que también consideren su influencia en el bienestar humano y el entorno natural.

PILARES DE LA SUSTENTABILIDAD		
ECONÓMICO	SOCIAL	AMBIENTAL
Dar un ingreso extra a los productores locales o regionales.	Brindar a las generaciones presentes y futuras una vida de calidad.	Evitar la práctica de la quema de rastrojo.
Crear empleos.	Mejorar los hábitos de consumo de quienes compren en empresas asociadas.	Conseguir una alternativa de embalaje ecológico que ataque el tema de la basura y contaminación.
Mejorar precios y generar competitividad.	Apoyar el movimiento ambientalista con enfoque empresarial.	Aminorar el consumo de agua dulce.
Asegurarle al sector empresarial un embalaje para sus productos amigable con el planeta.	Contribuir a que la actividad económica característica de la región no genere residuos.	Dar valor y uso a los desechos agrícolas convirtiéndolos en materia prima valiosa.
Apoyar al desarrollo económico de la región.	Reducir los problemas de salud asociados a la quema de rastrojo.	Disminuir la tala de árboles.

Tabla 12 Impacto en los tres pilares de la sustentabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

7.5.3 Comparativa con el proceso convencional

La comparación entre el impacto ambiental de la producción de una tonelada de papel convencional y una tonelada de papel de rastrojo de maíz pone en evidencia las diferencias significativas en cuanto a uso de recursos naturales no renovables.

Como se muestra en la Tabla N° 13, en cuanto a materia prima 2.4 toneladas de madera (equivalente a la tala de 17 árboles aproximadamente) son necesarias para producir una tonelada de papel convencional según Fundación Canal (2009). La tala de árboles

contribuye a la deforestación, pérdida de biodiversidad y emisiones de gases de efecto invernadero debido a la destrucción de bosques. Por el contrario, el papel de rastrojo de maíz en lugar de talar árboles; se utiliza 1.7 toneladas de residuo agrícola (rastrojo de maíz), un subproducto de la agricultura. Esto implica un aprovechamiento eficiente de los residuos de las cosechas, evitando la quema o el desecho de estos materiales. Esta práctica ayuda a reducir la presión sobre los ecosistemas forestales y promueve la economía circular al darle un valor útil a lo que de otro modo sería considerado desperdicio.

COMPARATIVA DE LOS IMPACTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA TONELADA		
PARÁMETRO	PAPEL CONVENCIONAL	PAPEL DE RASTROJO
Materia prima	2.4 Toneladas de madera (17 árboles).	1.7 Toneladas de residuo agrícola (rastrojo de maíz).
Consumo de agua	7,000 kilovatios hora (kWh).	Uso de energía renovable hasta en un 100%.
Consumo de energía	150,000 a 200,000 litros de agua dulce.	30,000 litros de agua salada.

Tabla 13 Comparativa del proceso propuesto con el proceso convencional.

Fuente: Elaboración propia.

En tema de uso de agua la producción de una tonelada de papel convencional requiere entre 150,000 y 200,000 litros de agua dulce según Fundación Canal (2009). Este es un recurso limitado y costoso en muchas regiones, y su uso intensivo puede causar problemas en áreas donde el agua es escasa, además de generar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos debido a la contaminación de las aguas residuales. En contraste, la producción de una tonelada de papel de rastrojo de maíz se proyecta que utilizaría solo 30,000 litros de agua salada como se muestra en la Tabla N° 13. Esta es una ventaja importante en términos de conservación de recursos hídricos, además, la utilización de agua salada minimiza el impacto en los ecosistemas de agua dulce.

En materia de consumo de energía la producción de una tonelada de papel convencional (Tabla N° 13) requiere 7,000 kWh de energía según Fundación Canal (2009). Esto se asocia principalmente a la necesidad de procesar la madera (incluyendo la trituración, cocción química, y secado), lo que implica un alto consumo de energía no renovable (en muchos casos). Este consumo de energía, a su vez, contribuye a la emisión de gases de

efecto invernadero. En el caso del papel de rastrojo de maíz, no se consiguió evaluar datos sobre la cantidad de consumo de energía pero se estima que la producción se puede hacer utilizando energía renovable hasta en un 100%. Esto se debe a que el proceso es más eficiente, y es posible incorporar fuentes de energía limpias, como la solar, eólica o biogás. Esto resulta en un menor impacto en términos de huella de carbono y un uso más responsable de los recursos energéticos.

7.5.4 Impacto en el sector estratégico

La industria propuesta contribuye al cumplimiento de 7 de los objetivos de desarrollo sostenible planteados en la agenda 2030 de la ONU, los cuales son:

- ODS 6 agua limpia y saneamiento.
- ODS 7 energía asequible y no contaminante.
- ODS 8 trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS 12 producción y consumo responsables.
- ODS 13 acción por el clima.
- ODS 14 vida submarina.
- ODS 15 vida de ecosistemas terrestres.

Esto es posible mediante el modelo de economía circular donde además de no utilizar agua dulce en los procesos productivos, el posterior tratamiento del agua en lagunas de oxidación permite reincorporarla al proceso o la naturaleza, a diferencia de la industria convencional que suele afectar los ecosistemas marinos con el vertido de aguas residuales a los ríos y con el uso de agua dulce a pesar de la problemática mundial por la escasez de este recurso. La acción por el clima es el principal propósito de la industria que de implementarse debería estar en constantes mejoras en pro del cuidado medioambiental, su éxito reducirá significativamente la tala de árboles, ya que históricamente se ha deforestado para cubrir la necesidad de materias primas de la industria papelera, afectando con ello los ecosistemas terrestres.

BENEFICIOS	
• 85% gasto de agua menos. • 0% tala de árboles. • 0% uso de agua dulce. • 100% reciclable. • 100% compostable.	• Gran calidad. • Mejores precios. • Procesos sustentables. • Uso de energía renovable. • Valoración del desecho agrícola.

Tabla 14 Beneficios de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta incluye utilizar hasta un 100% de energía renovable, además de estar situarse en un pueblo indígena ubicado en una ciudad en vías de desarrollo, lo que permitirá brindar empleos y beneficiará a la región.

Por otra parte, los productos elaborados con pulpa de rastrojo son 100% reciclables, reutilizables, biodegradables y compostables, por lo que pueden ser utilizados para producir más cartón o servir como abono en la producción agrícola.

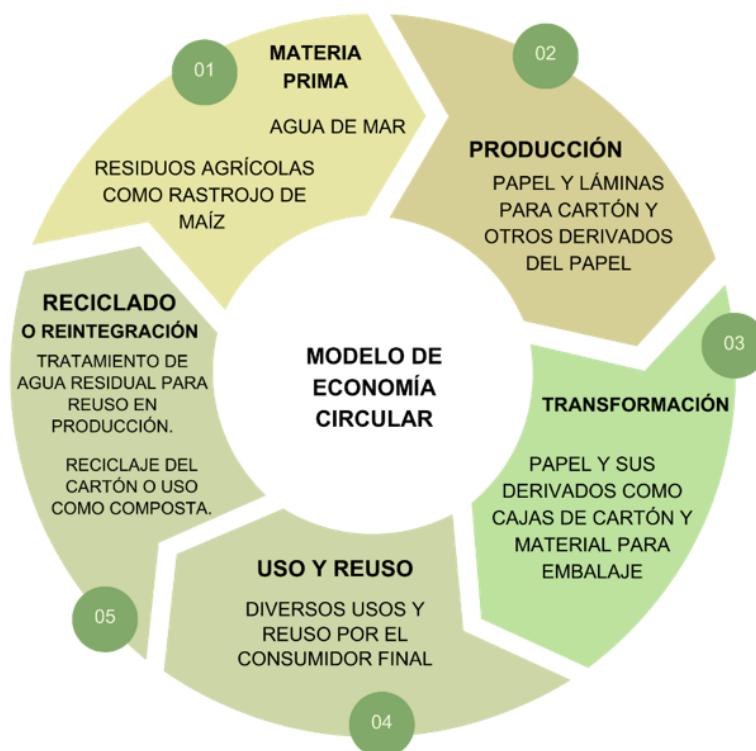


Ilustración 9 Modelo de economía circular.

Fuente: Elaboración propia.

7.6 Nivel de madurez de la tecnología

En cuanto al nivel de madurez tecnológica (Tabla N° 1), la propuesta se desarrollo hasta un nivel TRL 5 en desarrollo tecnológico, se ha validado el prototipo en laboratorio y en condiciones que simulan un ambiente relevante real.

La producción fue realizada de manera artesanal donde se consiguió establecer una fábrica casera que permitió producir prototipos de calidad que demuestran la posibilidad de realizarse a escalas industriales mejorando su calidad, eficientando el proceso y aminorando costos; dado que la industria papelera requiere maquinaria especializada no fue posible tener acceso a ella en la etapa de desarrollo.

Al ser el papel la producción directa y el cartón la finalidad del proyecto por ser el principal derivado del papel; se han sometido dichos prototipos a pruebas de laboratorio en base a la normativa aplicable obteniendo en todos resultados satisfactorios dentro de los rangos establecidos y en comparativa al cartón comercial. Por otra parte se han realizado pruebas de biodegradación en ambiente real.

La investigación ha dado a conocer que el papel y cartón a base de rastrojo de maíz no se encuentran dentro de los registros existentes, sin embargo existen patentes sobre otros productos que hacen uso de dicha materia prima y algunos investigadores han logrado hacer papel a base de otros subproductos agrícolas.

8. CONCLUSIONES

Tras la evaluación integral de la viabilidad técnica, económica, social y ambiental de la propuesta para una nueva industria de papel y derivados en Guasave, Sinaloa, para el aprovechamiento de subproductos agrícolas que contribuya a la mitigación del cambio climático se llegó a las siguientes conclusiones:

Viabilidad técnica: El prototipo de papel elaborado utilizando como materia prima el rastrojo de maíz demostró ser técnicamente viable. Los resultados de los análisis realizados confirmaron que el rastrojo de maíz puede producir diferentes tipos de papel y derivados, todos de buena calidad debido a que cumplen con los estándares normativos. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora durante el proceso de secado y en la optimización del consumo energético. Se recomienda explorar otras alternativas de deslignificación y buscar utilidad de la lignina debido a que podría ser útil para otras industrias.

Viabilidad económica: El uso del rastrojo de maíz como materia prima reduce significativamente los costos de producción, con un ahorro estimado del 50% respecto a los precios del proceso convencional, por lo que puede ser un producto altamente competitivo en el mercado. Además, la empresa genera un impacto positivo en la economía local a través de la creación de empleos directos e indirectos, la inclusión de la economía circular y el incremento de los ingresos económicos de los productores agrícolas al transformar en un subproducto lo que anteriormente representaba un desperdicio.

Impacto social: La industria propuesta ofrece un impacto positivo en la sociedad Guasavense, debido a la generación de empleo local, la inclusión de ambos géneros y la contribución al desarrollo de localidades rurales e indígenas. Esta iniciativa también beneficia a las familias de la región, fomentando la cohesión social y la mitigación de la discriminación de género. Además, los productores agrícolas al formar parte de una industria sostenible, experimentan un sentido de pertenencia y desarrollo colectivo, fortaleciendo la imagen de Guasave ante el comercio regional.

Viabilidad ambiental: El uso del rastrojo de maíz como materia prima permite disminuir el impacto ambiental asociado con la tala de árboles, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático. Mediante este proceso se estima una reducción en el consumo de agua (hasta un 85% menos) en comparación con los procesos convencionales de la industria papelera. La posibilidad de utilizar energía renovable, el uso de agua salada y un tratamiento adecuado de aguas residuales mediante lagunas de oxidación contribuye al cumplimiento de las normativas ambientales establecidas, así como la posibilidad de reúso y reciclaje del producto refuerzan el compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

La instalación de una industria con estas características en Guasave y su cercanía con comunidades rurales representa una oportunidad de desarrollo a largo plazo, debido a que tiene el potencial de transformar la economía local a través de la complementación de la principal actividad económica y la creación de empleos verdes. El impacto ambiental, además de positivo en términos de reducción de residuos, también contribuye a la conciencia ambiental de la población local y regional.

Aceptación en el mercado: La plantación de una empresa de este giro que utilice el rastrojo de maíz, un desecho agrícola abundante, ofrece una ventaja competitiva en actividades comerciales, específicamente por el valor simbólico y cultural que tiene este cereal a nivel local, estatal y nacional. Lo que mejora la percepción del consumidor, facilitando su aceptación en el mercado y contribuye a un impacto social más amplio.

En conclusión, la creación de una industria de papel a partir de rastrojo de maíz en Guasave representa una oportunidad única para generar beneficios económicos, sociales y ambientales. Este proyecto no solo contribuirá a la mitigación del cambio climático, sino que también promoverá el desarrollo económico local y la creación de empleos verdes, fortaleciendo el compromiso con la sostenibilidad.

9. RECOMENDACIONES

- Mejoras en el proceso de producción: Se recomienda continuar con la investigación y desarrollo de técnicas más eficientes para el proceso de secado y la optimización energética del proceso. Además, buscar métodos innovadores para el tratamiento de la lignina y su posible uso en otros sectores industriales.
- Establecer la industria papelera cerca de la materia prima: Se recomienda establecer la planta en una zona donde la materia prima sea abundante y de fácil acceso, lo que permitirá reducir los costos de transporte y minimizar los impactos ambientales producidos durante el traslado.
- Desarrollar estrategias de comercialización de los productos adaptado a los gustos, usos y costumbres de los consumidores. Además de considerar la creación de empaques sostenibles que refuercen la imagen ecología del producto y que contribuyan a reducir la contaminación por empaques de un solo uso.
- Promover la contratación de personal local, asegurando la inclusión de ambos géneros y beneficiando a las comunidades rurales e indígenas, para contribuir directamente con la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la región.
- Fomentar la investigación con el desarrollo de proyectos que busquen nuevas formas de reducir el consumo de recursos naturales; agua y energía, y explorar alternativas de energías renovables. Estas actividades aseguran la viabilidad ambiental y posicionará a la industria como líder en sostenibilidad en la región.
- A medida que la industria crezca, se recomienda diversificar la producción de otros derivados de papel, como el papel higiénico, servilletas, hojas de cuadernos y otros, con el objetivo de aprovechar las instalaciones y expandir el mercado.

10. REFERENCIAS.

- Aicedo, M. M. (2020). *MARKETING ECOLÓGICO: INCIDENCIA DEL EMPAQUE BIODEGRADABLE EN LA LOCALIDAD DE CHAPINERO*. Magíster en Mercadeo. Universidad EAFIT, Bogotá.
- AIMPLAS. (12 de marzo de 2021). *Valorización de subproductos agrarios y forestales*. *Aimplas*. <https://www.aimplas.es/blog/valorizacion-subproductos-agrarios-forestales/>.
- ANOBIUM BLOG. (04 de octubre de 2019). *VENTAJAS DEL RECICLAJE DE PAPEL*. ANOBIUM.ES <https://anobium.es/blog/ventajas-del-reciclaje-de-papel#:~:text=El%20reciclaje%20de%20las%20celulosas,vertedero%20o%20en%20la%20incineradora.>
- Bellver Navarro, CG. (2013). *Buenas prácticas ambientales para el consumo de papel*. Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/33734>.
- Bustios, J. (2002). *Impacto ambiental de la producción de papel y cartón*. Editorial Universitaria.
- Bustíos, J. C. (15 de junio de 2002). *ANÁLISIS DEL RECICLAJE DE PAPEL Y CARTÓN EN LA CIUDAD DE CHICLAYO*. Universidad de Piura. <https://www.copresam.gob.gt/wp-content/uploads/2023/05/ANALISIS-DEL-RECICLAJE-DE-PAPEL-Y-CARTON-EN-LA-CIUDAD-DE-CHICLAYO.pdf>.
- Cámara de papel. (s.f.). *Historia del papel*. Cámaradelpapel.com. <https://camaradelpapel.com.mx/historia-del-papel.php>.
- Castillo, A., Trejo, C., & Muñoz, V. (2013). *Envase y embalaje: a través de la historia*. Observatorio de la Economía Latinoamericana, 185. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2013/embalaje.html>.
- Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Sinaloa. (2019). *AGRICULTURA: INDICADORES POR TEMA*. <https://estadisticas.sinaloa.gob.mx/eBooks/Temas/AGRICULTURA.pdf>
- CEPAL. (12 de mayo de 2019). *Acerca de desarrollo sostenible*. Cepal.org. <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>.
- Chávez Sifontes, M., & Domine, M. E. (2013). *Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial*. *Avances en ciencias e Ingeniería*, 4(4), 15-46.
- Chi, J. D. (2014). *LOS TIRADEROS DE BASURA Y SUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES EN LA POBLACIÓN CIRCUNVECINA*. [Tesis de posgrado en Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México]. México, D.F.

- CIMMYT. (2015). Prácticas agrícolas sustentables para la gestión del rastrojo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- CIMMYT. (30 de junio del 2015). *Los rastrojos y la nutrición del ganado*. Organización CIMMYT desarrollo estratégico. <https://idp.cimmyt.org/los-rastrojos-y-la-nutricion-del-ganado/>
- Climate Trade (2023). *Las industrias más contaminantes del mundo*. Climatetrade.com. <https://climatetrade.com/es/las-industrias-mas-contaminantes-del-mundo/#:~:text=El%20sector%20m%C3%A1s%20contaminante%3A%20los%20combustibles%20f%C3%B3siles&text=A%20pesar%20de%20este%20conocimiento,40%2C5%20gigatoneladas%20de%20CO2.>
- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., & Tomasini Ortiz, A. C. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. imta.gob. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/files/assets/common/downloads/publication.pdf.
- Cortez Angulo, L. A. (2020). *Innovación en modelos de negocio basados en economía circular para las empresas agrícolas exportadoras sinaloenses* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2022/07/TESIS-...-LILIA-ARTEMISA-CORTEZ-ANGULO.pdf>.
- Cortez Vega, A. E. (2014). *Elaboración de papel a base de residuos de banano*. [Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Comercio y Finanzas Internacionales Bilingüe de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1706/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-7.pdf>.
- Cortez Vega, A. E. (2014). *Elaboración de papel a base de residuos de banano*. Revista de Ingeniería Agroindustrial.
- CPRAC. (2005). *CÓMO SE BLANQUEA EL PAPEL*. Regional Activity Centre For Sustainable Consumption And Production. <http://www.cprac.org/consumpediamed/sites/all/documents/link-blanqueo.htm>
- Cristóba, A. A. (2016). *EL PACKAGING COMO INSTRUMENTO*. TRABAJO DE FIN DE GRADO. Campus público María Zambrano Cegovia, Valladolid.
- Cuervo, L., Folch, J. L., & Quiroz, R. E. (2009). *Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol*. BioTecnología, 13(3), 11-25.
- Deckymn, L. (2018). *Economía circular y producción sustentable*. Oxford University Press.
- Doxa Producciones. (23 de agosto del 2019). *Juan Barbé, Papergilea* [Archivo de Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=mNCtQFDLIdI>.

- D-waste. (15 de febrero de 2019). *Waste management for everyone*. <http://www.atlas.d-waste.com>.
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Sustainable fiber strategies in the paper industry*. Ellen MacArthur Foundation Publications. Ellen MacArthur Foundation/SYSTEMIQ. (2017). *Achieving Growth Within*. Londres.
- Enlace Gráfico. (7 de agosto de 2019). *Tipos de cartón corrugado*. Revista enlace gráfico. <https://revistaenlacegrafico.com/tipos-de-carton-corrugado/#:~:text=El%20cart%C3%B3n%20corrugado%20es%20una,las%20crestas%20de%20la%20onda>.
- Fernández, J. (2003). *Energía de la biomasa. Energías renovables para el desarrollo*. Thomson-Paraninfo, 2-20.
- FIRA. (2019). *Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura*. Panorama agroalimentario. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/11/Panorama-Agroalimentario-Ma%C3%ADz-2019.pdf>.
- Fonteyne, S. (15 de octubre de 2019). *El rastrojo: ¿basura o tesoro?*. Organización CIMMYT desarrollo estratégico. <https://idp.cimmyt.org/el-rastrojo-basura-o-tesoro/>
- Franco, A. G., Yépes, P. N. M., & Sánchez, H. A. V. (2009). *Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación*. Scientia et technica, 15(42), 284-289.
- Fundación canal. (2009). *Programa manos en el agua segunda edición*. <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wpcontent/uploads/2015/08/Cuestionario-consumo-indirecto-de-Papel.pdf>.
- Gama, I. (27 de octubre de 2020). *México, cuarto país reciclador del mundo de papel y cartón*. Global industries. <https://globalindustries.mx/mexico-cuarto-pais-reciclador-del-mundo-de-papel-y-carton/#:~:text=M%C3%A9xico%20es%20el%204%C2%BA%20pa%C3%ADs,la%20mayor%20econom%C3%ADa%20circular%20de>.
- García, G. (10 de diciembre de 2021). *Crece la industria de envases y embalajes durante la pandemia*. TheFoodTech. <https://thefoodtech.com/disenio-e-innovacion-para-empaque/crece-la-industria-de-envases-y-embalajes-durante-la-pandemia/#:~:text=La%20industria%20de%20envases%20y%20embalajes%20genera%20alrededor%20de%2076,2019%20y%203%25%20en%202020>.
- García, G. (7 de enero de 2025). *Así está evolucionando la industria de envase y embalaje*. TheFoodTech. <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/asi-esta-evolucionando-la-industria-de-envase-y-embalaje/#:~:text=La%20industria%20de%20envases%20y%20embalajes%20es%20una%20industria%20en,millones%20de%20toneladas%20de%20envases>.

- Gasa, J. & Castrillo, C. (2006). *CRITERIOS DE UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion, Hojas Divulgadoras, 13. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1991_13.pdf.
- Gobierno Municipal de Guasave. (2017). Agricultura. Guasave.gob. <http://guasave.gob.mx/s/agricultura/#>.
- Gómez, P. B. (2014). *Fabricación de paneles de papel reciclado para el diseño parcial o total*. Estado de Mexico.
- Gutiérrez Rojas, I., Moreno Sarmiento, N., & Montoya, D. (2015). *Mecanismos y regulación de la hidrólisis enzimática de celulosa en hongos filamentosos: casos clásicos y nuevos modelos*. Revista Iberoamericana de Micología, 32(1), 1-12.
- Ibarguren, L., Bertona, A. & Rebora, C. (2019). *Siembra directa: el rol de los rastros*. Revista de Divulgación Científica Facultad de Ciencias Agrarias – Uncuyo, 10. https://experticia.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=85:siembra-directa-el-rol-de-los-rastros&catid=17&Itemid=136.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>.
- Jaramillo Valle, F. E., Corral Ruiz, A. Y., Fois Lugo, M. M. & Reyes Pincay, B. L. (2017). *Elaboración de papel vegetal que cumpla las normas TAPPI para el diseño e impresión a partir de la fibra de la cascara del plátano verde*. Polo del Conocimiento (Edición núm. 7) Vol. 2, No 6, 499-515. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/145>.
- Jaramillo, F., et al. (2017). *Materiales alternativos para la producción de papel*. Journal of Environmental Science.
- López, P. (15 de julio de 2021). *Empaque sostenible: ¿Por qué el cartón debería reemplazar al plástico?*. BBVA.com. <https://www.bbva.com/es/pe/sostenibilidad/empaque-sostenible-por-que-el-carton-deberia-reemplazar-al-plastico/>.
- López, S. M. (2010). *DISEÑO DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN LIMPIA PARA LA INDUSTRIA DE ENSAMBLE DE ELECTRÓNICOS*. [Tesis de Maestría en Administración Integral del CICESE]. Tijuana, B.C, México.
- Maceda, A., Soto Hernández, M., Peña Valdivia, C. B., Trejo, C., & Terrazas, T. (2021). *Lignina: composición, síntesis y evolución*. Madera Y Bosques, 27(2), e2722137. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>.
- Maram, L. (20 de noviembre del 2012). *¿Qué es un empaque sustentable?*. Epok portal de Comunicación de Sustentabilidad y RSE. <https://www.expoknews.com/que-es-un-empaque-sustentable/>.

- Marco, E. (2009). *Guía de acondicionamiento y Embalaje*. Lima, Perú.
- MME. (2025). *Embalaje: significado, tipos de embalaje y características*. Maquinaria y Materiales de Embalaje. <https://todoembalaje.com/embalaje-significado-y-tipos.html#significado-de-embalaje>.
- Naciones Unidas. (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?*. Un.org. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Pérez Matías, A. (2015). *PRODUCCIÓN DE CAJAS DE CARTÓN* [Tesis de maestría]. Universidad Tecnológica Nacional.
- Pochteca Papel. (25 de mayo del 2021). *¿Cómo se fabrica el papel?*. <https://tiendapapel.pochteca.com.mx/blog/como-se-fabrica-el-papel.html?srsId=AfmBOopVf8WdoAaJk3uoaWqdBGy-so52h-QJrLlk8g6ylsEzSxr-iA2x>
- PROFECO. (2019). *El problema de la basura en México: Las 5 R's del Consumo*. Secretaría de economía. <https://promotores.profeco.gob.mx/pdf/Meducativo/5-ERRES-DEL-CONSUMO.pdf>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (12 de marzo del 2024). *¿Qué es la mitigación del cambio climático y por qué es urgente?*. Climatepromise.undp.org. <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-es-la-mitigacion-del-cambio-climatico-y-por-que-es-urgente>.
- Quintas Ornelas, J. & López Santos, R. (2010). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE PAPEL RECICLADO*. [Tesina de Licenciatura en Administración Industrial del Instituto Politécnico Nacional]. México. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8398/A7.1835.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ramos, S. (13 de marzo de 2023). *La importancia del rastrojo en tu parcela*. Organización CIMMYT desarrollo estratégico. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/la-importancia-del-rastrojo-en-tu-parcela/#:~:text=De%20hecho%2C%20de%20acuerdo%20con,16%20mil%20pesos%20por%20hect%C3%A1rea>.
- Rendón Pozo, S. M. (2021). *Evaluación del material celulósico proveniente de residuos derivados de la agroindustria del maíz (Zea Mays), para el proceso de elaboración de cartón*. [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Quevedo. UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/1f924fc9-4454-4293-9853-97c12e764b57>.
- Rendón-Pozo, J. (2021). *Uso de material celulósico de residuos agroindustriales en la fabricación de cartón*. Revista de Ciencia y Tecnología.

- Reyes Muro, L., Camacho Villa, T. & Guevara Hernández, F. (Coords.). (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p.
https://www.zef.de/uploads/tx_zefportal/Publications/tbeuchelt_download_Rastrojos%20manejo,%20uso%20y%20mercados%20en%20el%20centro%20y%20sur%20de%20M%C3%A9xico.pdf.
- Rodríguez, S. (31 de agosto de 2019). *Origen del cartón: la historia del cartón corrugado*. Rusketa. <https://www.rusketa.com/cual-es-el-origen-del-carton/>.
- Ruiz, C., Wolf, M. & Claret, M. (2015). *Rastrojos de cultivos anuales y residuos forestales*. Ruiz (ed.) Rastrojos de cultivos y residuos forestales. Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío. Boletín INIA N° 308, 196 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- SADER. (2020). *Maíz blanco o amarillo es cultivo de tradición y desarrollo*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-blanco-o-amarillo-es-el-cultivo-de-tradicion-y-desarrollo#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20se%20produce%20un,superficie%20de%20553%20mil%20hect%C3%A1reas>.
- SAGARPA. (octubre de 2015). *Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional*. Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346963/Manejo_de_Residuos_Reporte_Ejecutivo.pdf.
- Salazar, O. (2020). *¿Qué es la escala de madurez tecnológica (TRL)?*. Euro-funding. <https://euro-funding.com/es/blog/que-es-la-escala-de-madurez-tecnologica-trl/>.
- Salinas Vargas, D., Maldonado Peralta, M., Rojas García, A., Graciano Obeso, A., Ventura Ríos, J. & Maldonado Peralta, R. (2022). *Evaluación de rastrojo y de grano en maíces nativos en Guasave Sinaloa*. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 13(8), 1481–1488. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i8.3354>.
- Sanjuán Dueñas, R. (1997). *Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel*. Universidad de Guadalajara. Departamento de madera, celulosa y papel CUCEI
- Santamaría Naranjo, A. F. (2015). *LOS MATERIALES CONVENCIONALES EN LA ELABORACIÓN DE PACKAGING Y SU INCIDENCIA EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEL CANTÓN BAÑOS*. [Tesis de Licenciatura en Ingeniera en Diseño Gráfico Publicitario de la Universidad Técnica de Ambato]. Ambato, Ecuador. <https://repo.uta.edu.ec/items/ec2da902-1969-466a-8a1a-dfab43c15a79>.

Secretaría de economía. (30 diciembre de 2015). *¿Qué es la Estandarización?* gob.mx. <https://www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-estandarizacion>.

SEMARNAT. (2015). *Informe del Medio Ambiente en México*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/index.html#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%2C%20la%20p%C3%A9rdida,algunos%20de%20las%20m%C3%A1s%20importantes>.

SEMARNAT. (2015). *RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: la otra cara de la basura*. CDMX: Gobierno de la Republica.

Solunion. (27 de marzo de 2022). *La industria del embalaje: un indispensable desde que inició la pandemia*. SOLUNION. <https://www.solunion.mx/blog/la-industria-del-embalaje-un-indispensable-desde-que-inicio-la-pandemia/>

Suárez Matallana, G. A., Sánchez Atahualpa, S. R., Lazaro Riquez, A., & Rodríguez Zúñiga, U. F. (2022). *CONCEPTOS DE BIOCATÁLISIS DE LA LIGNOCELULOSA DESDE UN ENFOQUE DE INGENIERÍA DE PROCESOS Y SISTEMAS: UNA REVISIÓN*. Perfiles, 1(28), 36-49.

Taladriz, A. & Schwember, A. (2012). *¿Qué hacer con los rastrojos?*. Agronomía y Forestal, 46, 25-29.

Tchobanoglour, G. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Mc Graw Hill.

Tollenaar, M., Deen, W., Echarte, L., & Liu, W. (2006). *Efecto del estrés por hacinamiento en la acumulación de materia seca y el índice de cosecha en maíz*. Agronomy Journal , 98 (4), 930-937.

TotalWinePack. (17 de octubre de 2016). *Envases de plástico vs envases de cartón*. TotalSafePack. <https://www.totalsafepack.com/envases-plastico-vs-envases-carton/>

UCMA. (21 de abril de 2024). *¿Qué es la industria sostenible y por qué es crucial para nuestro futuro?*. Universitatcarlemany.com. <https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/industria-sostenible/>

Vanguardia Industrial. (01 de mayo de 2022). *En 2022, la industria mexicana de envase y embalaje crecerá entre 4.7 y 5.1%: AMEE*. Vanguardia Industrial. <https://www.vanguardia-industrial.net/en-2022-la-industria-mexicana-de-envase-y-embalaje-crecera-entre-4-7-y-5-1-amee/>.

Venegas Sepulveda, A., Carrasco Jimenez, J. & Aguirre Aguilera, C. (2018). *Rastrojos del cultivo del Maíz: elementos a considerar para su manejo*. Rengo: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 385. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6735>

- Ventrella, D., Stellacci, A., Castrignanó, A., Charfeddine, M. & Castellini, M. (2016). *Effects of crop residue management on winter durum wheat productivity in a long-term experiment in Southern Italy*. European Journal of Agronomy, 77, 188
- Zaman, A. (2010). *Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method*. International Journal of Environmental Science and Technology, vol. 7, Berlín, Springer.

11. ANEXOS.

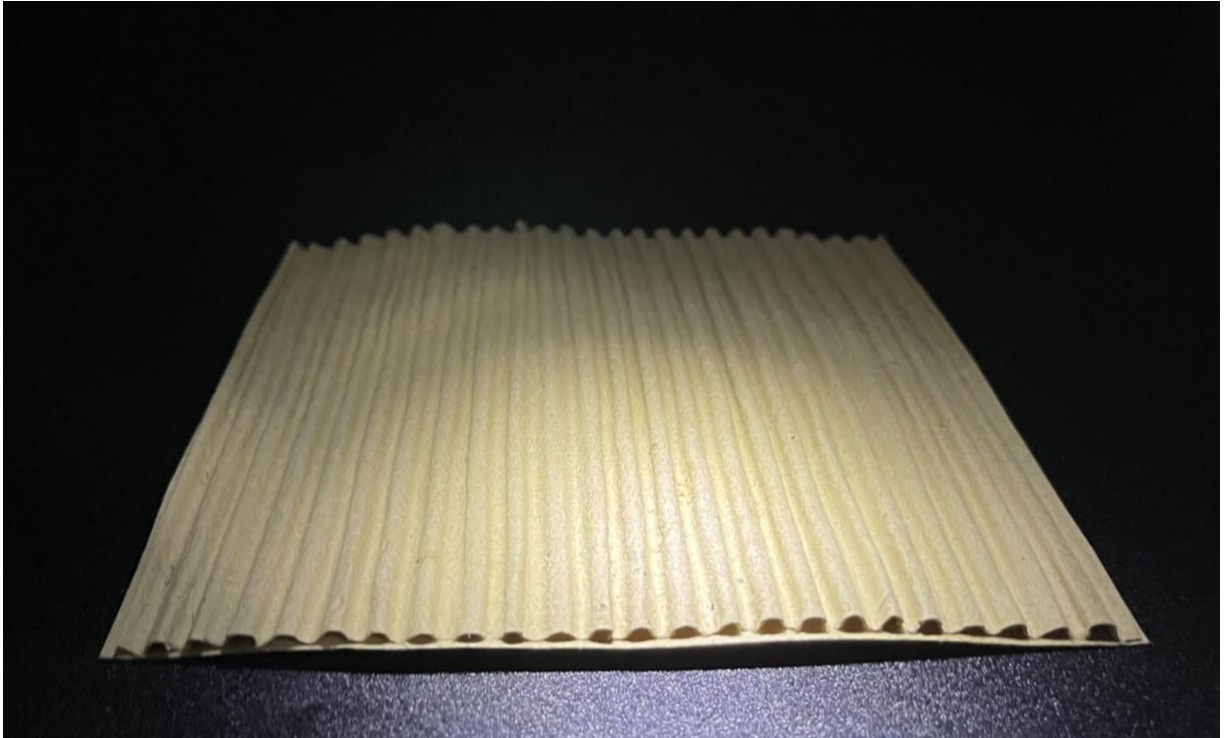


Ilustración 10 Prototipo de liner más flauta corrugada.



Ilustración 11 Prototipo de cartón corrugado doble.

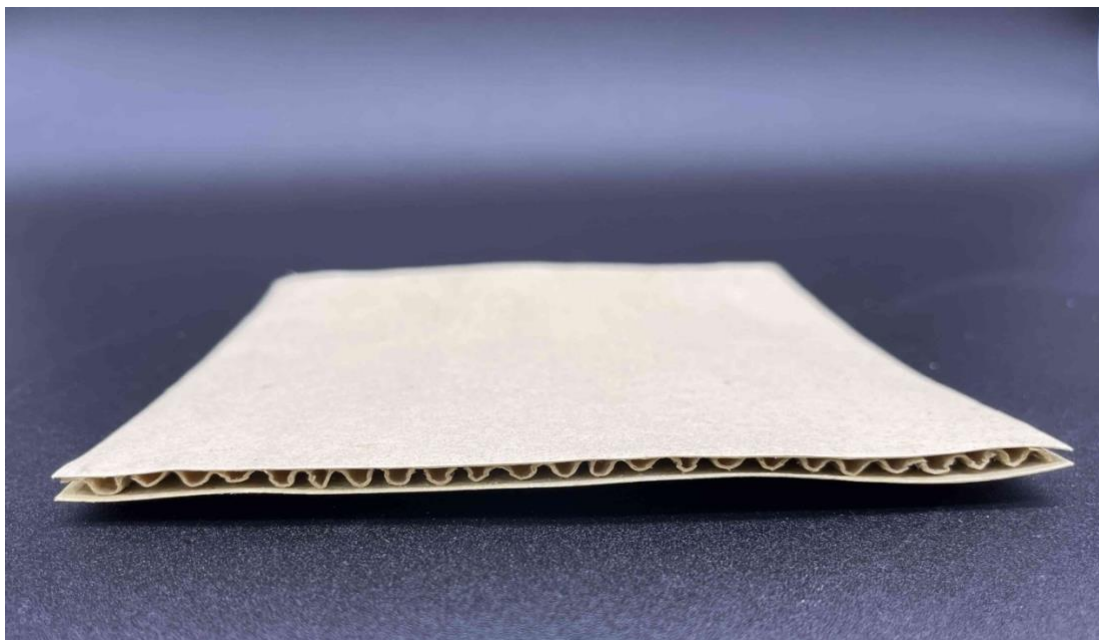


Ilustración 12 Prototipo principal: Cartón corrugado simple.

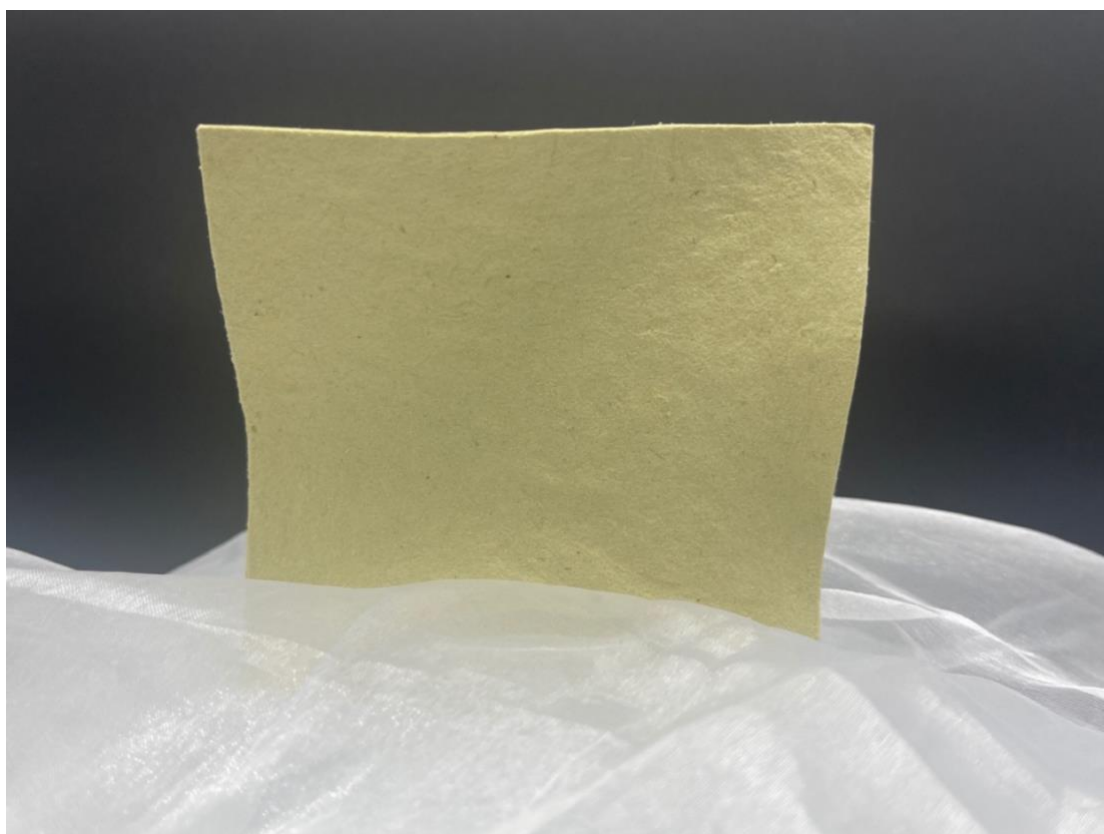


Ilustración 13 Prototipo de cartoncillo a base de rastrojo de maíz.

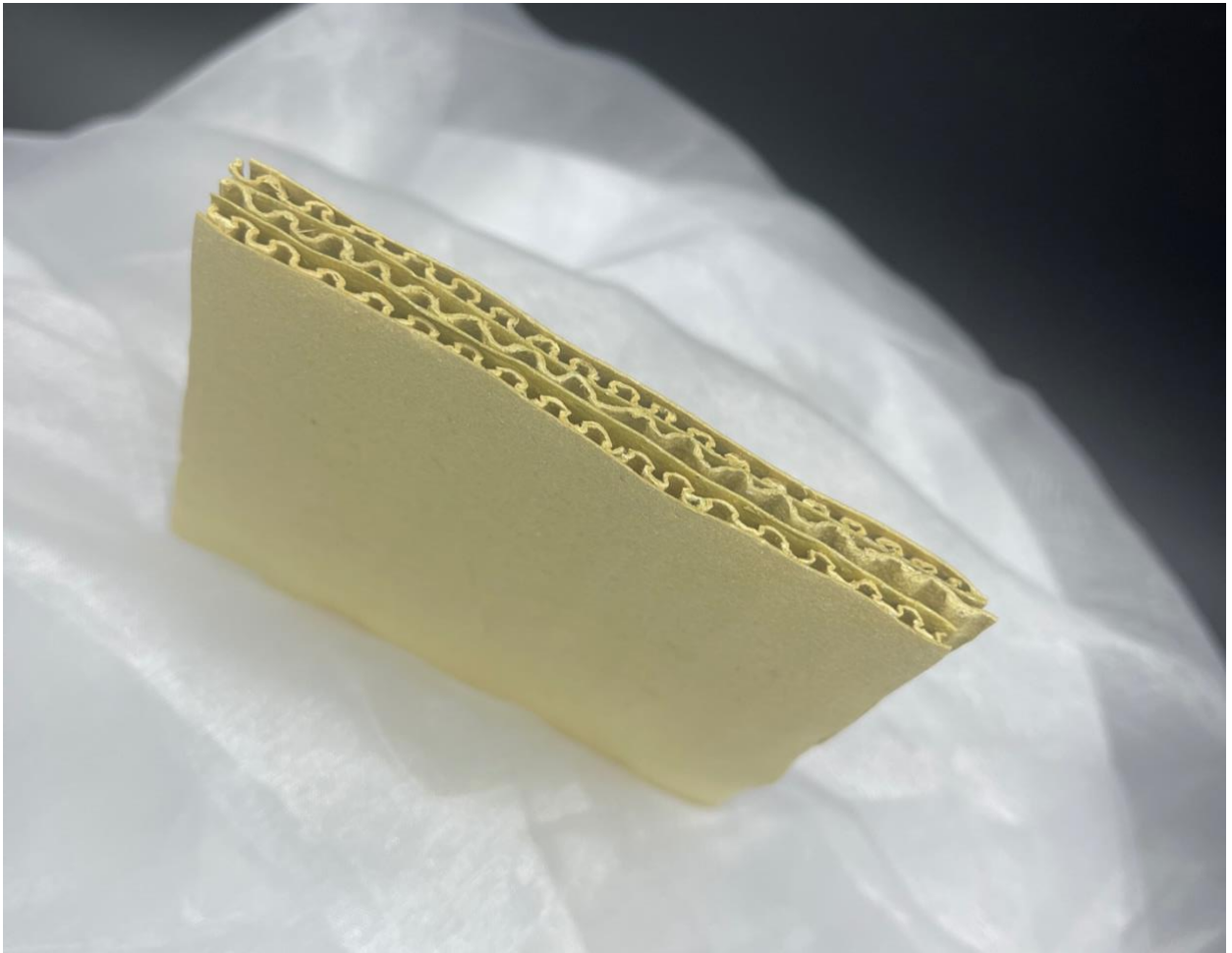


Ilustración 14 Prototipo de cartón corrugado triple.

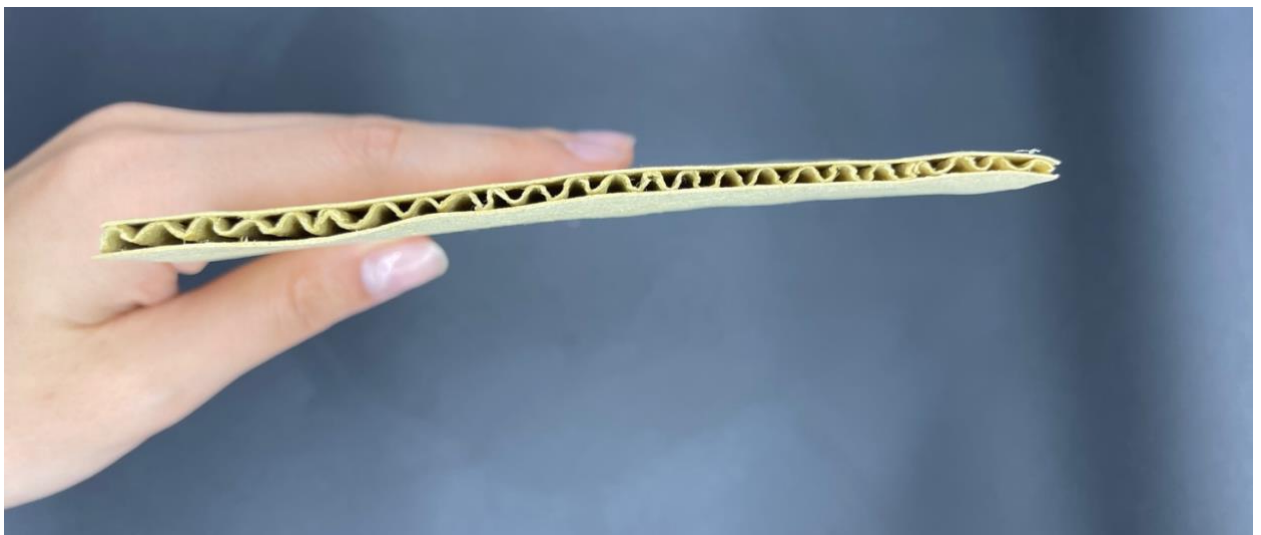


Ilustración 15 Vista superior del prototipo principal.



Ilustración 16 Prototipo de papel a base de rastrojo de maíz.



Ilustración 17 Impresión sobre prototipo de papel.



Ilustración 18 Prototipo de cartoncillo a base de rastrojo de frijol.



Ilustración 19 Caja de cartón a base de rastrojo de maíz.



Ilustración 20 Vista interna de las capas del prototipo de caja de cartón.



Ilustración 21 Rastrojo de maíz triturado.

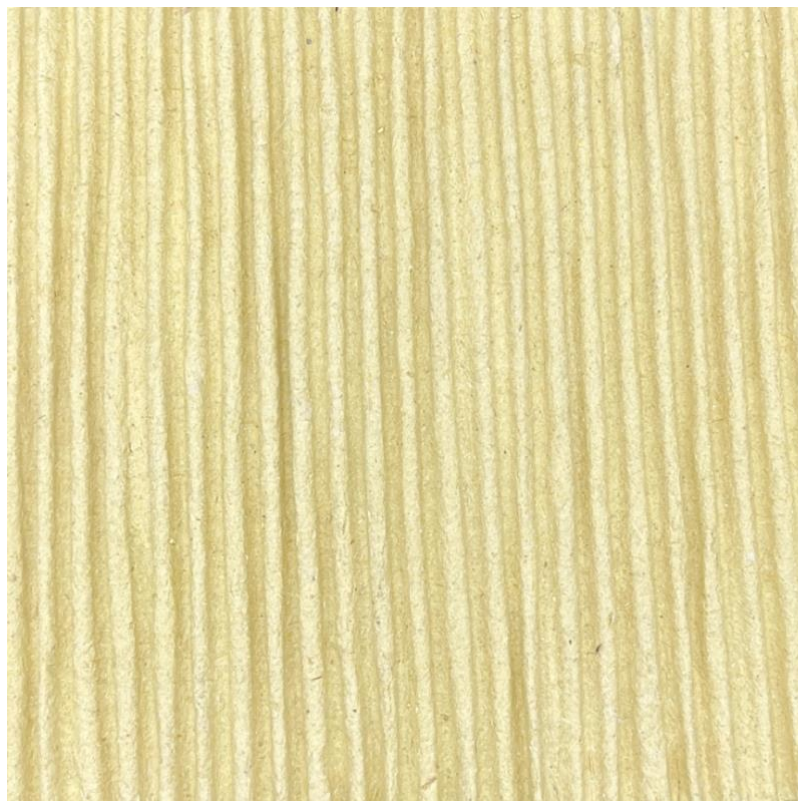


Ilustración 22 Prototipo de flauta corrugada.



Ilustración 23 Pulpa de rastrojo de maíz.



Ilustración 24 Fibras resultantes del proceso de deslignificación.



Ilustración 25 Pulpa en molde en proceso de secado al sol.



Ilustración 26 Proceso de transformación de la materia prima.

Formato de encuesta realizada en el estudio de mercado

¿Cuántos años tiene? *

☐ 15 a 30

☐ 30 a 45

☐ 45 a 60

¿Cuál es su ocupación?

☐ Estudiante

☐ Profesionista

☐ Ama de casa

¿Con qué frecuencia realiza compras por medio de paquetería?

☐ 0 a 1 vez al mes

☐ 2 a 4 meses al mes

☐ 4 a 6 veces al mes

☐ Más de 6 veces al mes

¿De qué paquetería le entregan sus productos comprados online?

☐ Estafeta

☐ Redpack

☐ Paquetexpress

☐ DHL

☐ Other

¿Le interesaría la idea de cuidar el planeta prefiriendo el uso de cartón de desecho de maíz?

☐ Si

☐ No

¿Cuál sería la principal razón por la que preferiría nuestro producto?

☐ Precio

☐ Calidad

☐ Cuidado al medio ambiente

☐ Todas las anteriores

Ya que desocupa un cartón, ¿Le da otro uso?

☐ Si

☐ No

¿Qué otro uso le das al cartón?

☐ Ninguno, lo desarmo y lo tiro

☐ Para tirar basura

☐ Para guardar objetos

☐ Lo reciclo y lo vendo

¿Entre que rango estaría dispuesto a pagar por una caja de cartón medida estándar (1 kg a 5 kg) de las de forma convencional?

☐ \$20

☐ \$30

☐ \$40

☐ \$50 o más

¿Compraría otros productos derivados del desecho de maíz como papel u hojas?

☐ Si

☐ No

¿Conoces alguna empresa mexicana productora de cartón?

☐ Si

☐ No

Ilustración 27 Formato de encuesta aplicada en el estudio de mercado.