

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Valorización de residuos orgánicos:
fabricación artesanal de papel ecológico
utilizando La Boñiga de la Granja Escuela de
Yucay, provincia de Urubamba-Cusco, 2024**

**Edis Chaupi Umiri
Tracy Karol Gibaja Carrasco**

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : ALICIA CUBA VILLENA
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 27 de enero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS: FABRICACIÓN ARTESANAL DE PAPEL ECOLÓGICO UTILIZANDO LA BOÑIGA DE LA GRANJA ESCUELA DE YUCAY, PROVINCIA DE URUBAMBA-CUSCO, 2024"

Autores:

1. EDIS CHAUPÍ UMIRI – EAP. Ingeniería Ambiental
2. TRACY KAROL GIBAJA CARRASCO – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|--|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas = 3(en caso de elegir "SI"): | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESORA

Dra. Alicia Cuba Villena

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi luz y guía en cada paso de este viaje.
A mis padres, cuya fe inquebrantable en mí y amor sin límites me han dado la fuerza para seguir adelante.
Gracias por cada sacrificio, por su paciencia infinita y por enseñarme a soñar en grande. Sus palabras de aliento y su ejemplo han sido mi mayor inspiración.

A toda mi familia, por su apoyo continuo. Gracias por cada palabra de ánimo, cada abrazo reconfortante y por estar siempre ahí, en los momentos de alegría y en los de dificultad.

A mis mentores y profesores, por compartir su sabiduría y por su dedicación. Gracias por abrirme las puertas del conocimiento, por su paciencia y por desafiarme a ser mejor cada día.

Esta tesis es el resultado del amor, la fe y el apoyo de todos ustedes. Con gratitud profunda y emoción sincera, dedico este logro a todos ustedes, que han jugado un rol fundamental en mi vida.

Tracy Karol Gibaja Carrasco

El trabajo de investigación está dedicado primero a Dios, por haberme dado sabiduría; y a mis padres y hermanos, que han sido el pilar fundamental para culminar otra etapa de mi formación, y me han ayudado, a través de su respaldo y su presencia, en los momentos más difíciles de mi carrera.

Edis Chaupi Umiri

AGRADECIMIENTO

Llegar a este punto ha sido un viaje lleno de desafíos, aprendizajes, y crecimiento personal y académico.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso. A Dios, por iluminar mi camino y darme la fortaleza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A mis padres, quienes con su amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por sus sacrificios, por confiar en mí y por enseñarme que el esfuerzo y la dedicación siempre tienen su recompensa.

Con el corazón lleno de gratitud y emoción, quiero reconocer a todas las personas que, de una u otra forma, han sido parte de este viaje.

Tracy Karol Gibaja Carrasco

Expreso mi agradecimiento a mi tutor y a mis docentes, cuyo conocimiento y consejos han sido fundamentales para la culminación de este trabajo de investigación. Quiero, también, agradecer a mis padres por brindarme constantemente su apoyo, y a mi hermana por darme la oportunidad de estudiar. Finalmente, expreso mi más profundo agradecimiento a mis amigos quienes, de diversas maneras, realizaron una contribución invaluable en este proyecto.

Edis Chaupi Umiri

Índice

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación e importancia.....	17
1.3.1. Justificación social.....	17
1.3.2. Justificación ambiental	17
1.3.3. Justificación económica.....	17
1.3.4. Valor teórico.....	17
1.3.5. Importancia.....	17
1.4. Delimitación del proyecto.....	18
1.4.1. Delimitación espacial	18
1.4.2. Delimitación temporal	18
1.4.3. Delimitación conceptual.....	18
1.5. Limitaciones del proyecto	18
1.5.1. Disponibilidad de materia prima	18
1.5.2. Variabilidad en la composición de la boñiga.....	18
1.5.3. Limitaciones técnicas y tecnológicas	18
1.5.4. Capacidad de producción	19
1.5.5. Conocimiento y capacitación	19
1.5.6. Factores ambientales	19

1.5.7.	Impacto ambiental	19
1.6.	Hipótesis y variables	19
1.6.1.	Hipótesis.....	19
1.6.2.	Hipótesis específicas	19
1.6.3.	Variables.....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		21
2.1.	Antecedentes de la investigación	21
2.1.1.	Antecedentes internacionales	21
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	23
2.2.	Bases teóricas	26
2.2.1.	Industria del papel en el Perú	26
2.2.2.	El papel y su composición	28
2.2.3.	Impacto ambiental de la producción de papel	30
2.2.4.	La boñiga como recurso	31
2.3.	Términos básicos.....	31
2.3.1.	Ganadería.....	31
2.3.2.	Boñiga	31
2.3.3.	Extracción de la celulosa	32
2.3.4.	Papel	32
2.3.5.	Fibra vegetal	32
2.3.6.	Lavado	32
2.3.7.	Blanqueado	32
2.3.8.	Secado	33
2.3.9.	Prensado	33
2.3.10.	Sostenibilidad.....	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		34
3.1.	Método, tipo o alcance de la investigación	34
3.1.1.	Tipo de la investigación.....	34

3.1.2.	Nivel de la investigación	34
3.1.3.	Diseño de la investigación.....	34
3.2.	Población y muestra	34
3.2.1.	Población.....	34
3.2.2.	Muestra.....	34
3.3.	Materiales y procedimientos	35
3.3.1.	Materiales y equipos.....	35
3.3.2.	Procedimientos	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES		43
4.1.	Resultados	43
4.1.1.	Cantidad de fibra	43
4.1.2.	Rendimiento	47
4.1.3.	Espesor	50
4.1.4.	Tiempo.....	54
4.1.5.	Interpretación de hipótesis.....	60
4.2.	Discusiones	60
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		65
5.1.	Conclusiones	65
5.2.	Recomendaciones.....	66
REFERENCIAS		67
ANEXOS		76
Anexo 1: Panel Fotográfico		77
Anexo 2: Matriz de Consistencia.....		85
Anexo 3: Matriz morfológica		87
Anexo 4: Datos del estudio.....		88
Anexo 5: Mapa de ubicación		90
Anexo 6: Constancia de laboratorio.....		91

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variable independiente	20
Tabla 2: Valores de las Repeticiones para la obtención de fibra	43
Tabla 3: Porcentaje de Fibra	44
Tabla 4: Prueba de normalidad del porcentaje de fibra	44
Tabla 5: Análisis de varianza (Método ANOVA)	45
Tabla 6: Resumen datos $\alpha=0.05$	45
Tabla 7: Método de Tukey $\alpha=0.05$	46
Tabla 8: Q Test	46
Tabla 9: Cantidad de hojas de papel obtenidos.....	47
Tabla 10: Prueba de normalidad de cantidad de hojas de papel	48
Tabla 11: Análisis de varianza (Método ANOVA)	48
Tabla 12: Resumen datos $\alpha=0.05$	49
Tabla 13: Método de Tukey $\alpha=0.05$	50
Tabla 14: Q Test	50
Tabla 15: Medidas del espesor de las hojas	50
Tabla 16: Prueba de normalidad de cantidad de hojas de papel	51
Tabla 17: Análisis de varianza (Método ANOVA)	52
Tabla 18: Resumen datos $\alpha=0.05$	52
Tabla 19: Método de Tukey $\alpha=0.05$	53
Tabla 20: Q Test	54
Tabla 21: Tiempo de Elaboración con factor Cloro.....	54
Tabla 22: Prueba de normalidad de cantidad de hojas de papel	55
Tabla 23: Análisis de varianza (Método ANOVA)	56
Tabla 24: Resumen datos $\alpha=0.05$	56
Tabla 25: Método de Tukey $\alpha=0.05$	57
Tabla 26: Q Test	57

Tabla 27: Tiempo de elaboración dos factores	58
Tabla 28: Análisis de varianza (Método ANOVA dos factores)	59
Tabla 29: Resumen datos $\alpha=0.05$	59
Tabla 30. Promedio de fibra obtenida a diferentes concentraciones de Cloro.....	60
Tabla 31: Papel tamaño A4 obtenida a diferentes concentraciones de Cloro.....	63

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso productivo de la industria papelerá.....	27
Figura 2. Estructura química de la celobiosa.....	28
Figura 3. Componentes del monómero de azúcar.....	29
Figura 4. Procedimiento fase primera.....	35
Figura 5. Procedimiento fase segunda.....	37
Figura 6. Procedimiento fase tercera.....	42
Figura 7. Cantidad de fibra.....	43
Figura 8. Nivel de aceptación.....	45
Figura 9. Comparación de Repeticiones.....	47
Figura 10. Nivel de aceptación.....	49
Figura 11. Espesor de las Hojas.....	51
Figura 12. Nivel de aceptación.....	53
Figura 13. Horas de elaboración.....	55
Figura 14. Nivel de aceptación.....	56
Figura 15. Relación del Cloro y Aglutinante sobre el tiempo.....	58
Figura 16. Clarificación de papel artesanal.....	61
Figura 17. Reconocimiento de la zona de estudio.....	77
Figura 18. Zona del establo donde se encuentran las cabezas de ganado.....	77
Figura 19. Producción de boñiga.....	77
Figura 20. Pesado de la población.....	78
Figura 21. Pesado de la muestra.....	78
Figura 22. Verificación de la materia prima.....	78
Figura 23. Remojo de la materia prima en agua destilada.....	79
Figura 24. Lavado de la materia prima y eliminación de impurezas.....	79
Figura 25. Uso del Cloro para el proceso de blanqueamiento.....	80
Figura 26. Proceso de licuado de la muestra.....	80
Figura 27. Preparación del aglutinante.....	81

Figura 28. Mezcla del aglutinante con el agua donde será diluido la boñiga	81
Figura 29. Mezcla del agua con aglutinante y la boñiga.....	82
Figura 30. Proceso de modelado, que consiste en agitar tanto en dirección.....	82
Figura 31. Secado de las láminas de papel artesanal	83
Figura 32. Toma de medidas del espesor de papel artesanal	83
Figura 33. Peso de la fibra	84

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo general evaluar la eficiencia de la fibra presente en la boñiga para la fabricación de papel artesanal con el propósito de aprovechar los residuos orgánicos generados en la Granja Escuela de Yucay, provincia de Urubamba – Cusco. Para alcanzar este propósito, se adoptó un método de investigación de tipo aplicativo, con un enfoque no correlacional y diseño cuasi experimental. La población estuvo representada por los 200 kg diarios de boñiga generados en la granja, mientras que la muestra incluyó 1 kg de boñiga por repetición experimental, lo que sumó un total de 160 kg en todo el estudio. El proceso experimental se dividió en tres etapas principales. En la primera, se generó una muestra patrón sin el uso de agentes externos, que permitiera establecer un punto de referencia. En la segunda etapa, se aplicaron agentes clarificantes, específicamente hipoclorito de sodio, en concentraciones del 10%, 15% y 20%. Los resultados mostraron que la fibra extraída superó el 50% en la mayoría de casos, y se identificó que la concentración del 20% fue la más eficiente para maximizar la producción de fibra. En la tercera etapa, se incorporó un aglutinante (cola sintética) en proporciones de 500, 750 y 1000 ml, con la cual se obtuvo un rango de espesor del papel entre 130 y 167 μm . El análisis estadístico se realizó mediante pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y ANOVA para identificar diferencias significativas entre grupos, y Pruebas Post-Hoc de Tukey para determinar comparaciones específicas. Los resultados confirmaron la hipótesis general, es decir, demostraron que era posible producir al menos 10 láminas de papel tamaño A4 por kilogramo de boñiga. En promedio, se obtuvieron entre 11 y 12 láminas A4, además de 3 láminas en formato A6. El papel producido fue apto para escritura e impresión, y cumplió los estándares de funcionalidad esperados. En conclusión, el estudio evidenció que el papel artesanal, elaborado a partir de boñiga, constituye una alternativa viable y sostenible en relación al papel convencional, y contribuye al manejo eficiente de residuos orgánicos y a la reducción del impacto ambiental asociado a la industria papelera.

Palabras Clave: Boñiga, Residuos Orgánicos, Fibra, Papel Artesanal

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of the fiber present in manure for the production of handmade paper, with the purpose of reusing organic waste generated on farms and smallholdings. To achieve this objective, an applied research method was adopted, with a non-correlational approach, applied level, and quasi-experimental design. The population consisted of the 200 kg of manure generated daily on the farm, while the sample included 1 kg of manure per experimental repetition, totaling 160 kg throughout the study. The experimental process was divided into three main stages. In the first stage, a standard sample was generated without the use of external agents, establishing a reference point. In the second stage, clarifying agents, specifically sodium hypochlorite, were applied at concentrations of 10%, 15%, and 20%. The results showed that the extracted fiber exceeded 50% in all cases, with the 20% concentration being the most efficient for maximizing fiber production. In the third stage, a binder (synthetic glue) was incorporated in proportions of 500, 750, and 1000 ml, resulting in a paper thickness range of 130 to 167 μm . Statistical analysis was conducted using Shapiro-Wilk normality tests, ANOVA to identify significant differences between groups, and Tukey post-hoc tests for specific comparisons. The results confirmed the general hypothesis, demonstrating that it was possible to produce at least 10 A4-sized sheets of paper per kilogram of manure. On average, 11 to 12 A4 sheets were obtained, along with up to 3 additional sheets in A6 format. The paper produced was suitable for writing and printing, meeting the expected functionality standards. In conclusion, the study demonstrated that handmade paper made from manure constitutes a viable and sustainable alternative to conventional paper, contributing to efficient organic waste management and reducing the environmental impact associated with the paper industry.

Keywords: Cow Dung, Organic Waste, Fiber, Handmade Paper

INTRODUCCIÓN

La producción de papel ha sido vital para el desarrollo humano. Sin embargo, debido a la abundancia de recursos naturales que se utilizan en su fabricación, tiene un impacto ambiental negativo significativo. En ese sentido, el manejo de residuos orgánicos en la actualidad es relevante debido a que no solo permite gestionar de manera eficiente los residuos, sino que, además, promueve el desarrollo sostenible (1).

Adicionalmente, debe considerarse que, en condiciones de escasez de fibras de madera, la producción de pasta y papel es viable gracias a fuentes de fibras alternativas y económicas (2). En otras palabras, es posible fabricar papel y pulpa a partir de una variedad de materiales no maderables (3). En este sentido, la boñiga, un subproducto orgánico abundante en diversas industrias ganaderas, emerge como una fuente prometedora y poco convencional.

Este recurso puede tener un impacto positivo en la gestión de residuos, considerando que es un material que, si no se maneja adecuadamente, puede contribuir a la contaminación del aire y del suelo. Además, se debe estimar que el ganado, desde la perspectiva de la cadena alimentaria, es responsable del 9% de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono, el 37% de metano y el 65% de óxido nitroso. Estas emisiones, en términos de CO₂ equivalente, representan el 18% del total de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) (4, p. 72). Por lo tanto, la transformación de este material en papel no solo proporciona un nuevo uso para este residuo, sino que también puede ayudar a mitigar algunos de los problemas ambientales asociados con su disposición.

En ese contexto, el presente estudio se propone investigar los procesos y técnicas necesarios para transformar la boñiga en papel, evaluando la viabilidad técnica y económica de este recurso, así como su impacto ambiental. En definitiva, a través de esta investigación, esperamos contribuir a la creciente literatura sobre la economía circular y la gestión sostenible de residuos, proporcionando nuevas perspectivas y posibilidades para el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La elevada producción de estiércol proveniente de la ganadería no es sometida a los tratamientos previos adecuados ni recibe un manejo eficiente para su correcta disposición final. Esta falta de tratamiento constituye un factor de riesgo latente que puede desencadenar en problemas de contaminación ambiental y de salud pública.

Así, la producción global de metano, (CH_4) derivado de la gestión inadecuada del estiércol ganadero, asciende a 7.49 millones de toneladas anuales, lo que constituye una fuente significativa de contaminación atmosférica (5). Europa Occidental lidera esta emisión con 2.45 millones de toneladas, seguida de América del Norte con 1.57 millones de toneladas y América Central y del Sur con 0.46 millones de toneladas. Asimismo, la FAO (2009) señala que el óxido nitroso (N_2O), generado durante el almacenamiento de excretas de ganado, alcanza una producción global anual de 2.05 millones de toneladas. América Central y del Sur se posicionan como las mayores emisoras, con 0.49 millones de toneladas, seguidas por América del Norte con 0.23 millones de toneladas, y Europa Occidental con 0.20 millones de toneladas (5). Este gas, con un índice de calentamiento global significativamente mayor que el dióxido de carbono, representa un desafío crítico para la sostenibilidad del sector agropecuario.

Aparte de la contaminación ambiental, la inadecuada gestión del estiércol conduce a problemas de salud pública. Así, por ejemplo, el MINSA, en un reporte del 2023, señala que el porcentaje de enfermedades diarreicas agudas (EDA) en la población menor de 5 años fue de 35.17% y en la población mayor, de 64.83%. Si bien estas EDAs se generan por diversas causas, una de las más cruciales es la contaminación con excretas, específicamente, el consumo de agua contaminada con *E. coli* (6). El estiércol, al no ser procesado de manera adecuada, puede liberar patógenos, nutrientes en exceso y contaminantes químicos, que se infiltran en suelos y cuerpos de agua, afectan la calidad de los recursos hídricos y provocan la degradación de los ecosistemas (7). Como se advierte, es imperativo implementar estrategias de gestión sostenible del estiércol, que incluyan tecnologías de tratamiento eficaces para minimizar su impacto adverso y garantizar la protección del medio ambiente y la salud humana.

Por otro lado y para tener una visión más completa de la problemática, se debe considerar la cantidad de ganado en el Perú. Según los datos reportados por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri), la población de ganado vacuno asciende a un total de 6,807,861. De este total, 5,862,308 corresponden a ganado en general, mientras que 945,553 son vacas en ordeño, lo que representa una fracción significativa de la producción lechera del país. Específicamente, en el departamento de Cusco, se registra una población de 530,289 cabezas de ganado vacuno, lo que equivale al 7.78% del total nacional (8). Además, este se clasifica,

según su edad, en las siguientes categorías: terneros (menos de un año), pequeños (de uno a dos años), medianos (de dos a tres años) y grandes (mayores de tres años) (9). Esta clasificación es relevante no solo para la gestión del ganado, sino también para estimar la producción de excretas, la cual varía con la edad. Así, los terneros generan aproximadamente 4 kg/día de excretas; los bovinos pequeños, 8 kg/día; los medianos, 10 kg/día; y los grandes alcanzan una producción de 15 kg/día. Esta diferenciación es clave para una adecuada planificación de manejo ambiental.

En definitiva, a nivel global y en el sector pecuario, la boñiga es una fuente importante de emisiones de GEI, que contribuyen significativamente al cambio climático, además de ser un factor determinante en la pérdida acelerada de biodiversidad. En los países emergentes como el Perú, este sector destaca como una de las principales causas de contaminación hídrica, debido al vertido de nutrientes, patógenos provenientes de las excretas ganaderas, lo que pone en riesgo la calidad de los recursos hídricos, la salud de los ecosistemas acuáticos y, en consecuencia, la salud humana. Así, el reto radica en implementar sistemas de gestión eficaces que reduzcan el impacto ambiental sin comprometer la productividad ganadera en la región. En ese marco, esta investigación buscará desarrollar una alternativa viable y sostenible para el aprovechamiento eficiente de las fibras naturales presentes en las boñigas generadas por el ganado vacuno.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el rendimiento de la boñiga en la fabricación artesanal de papel ecológico de la Granja Escuela de Yucay, provincia de Urubamba – Cusco, 2024?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cuál será el porcentaje de fibra contenida en la boñiga de la Granja Escuela de Yucay?

¿Cuál será el porcentaje óptimo de cloro que influiría en la clarificación del papel artesanal producido a partir de la boñiga?

¿Cuáles serán las características del papel artesanal producido a partir de la boñiga?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento de la boñiga en la fabricación artesanal de papel ecológico de la Granja Escuela de Yucay, provincia de Urubamba – Cusco, 2024

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de fibra contenida en la boñiga de la Granja Escuela de Yucay, necesaria para la fabricación de papel

- Determinar el porcentaje óptimo de cloro que influiría en la clarificación del papel artesanal producido a partir de la boñiga
- Definir las características del papel artesanal obtenido a partir de la boñiga de la Granja Escuela de Yucay

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social

Al fomentar el uso de recursos locales y renovables, se contribuye a la conservación del medio ambiente y se impulsa el desarrollo sostenible de las comunidades. La elaboración de papel a partir de la boñiga no solo es una alternativa creativa y ecoamigable, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía local y en la conciencia ambiental de la sociedad.

1.3.2. Justificación ambiental

El uso de la boñiga como material primario para la producción de papel puede reducir la cantidad de residuos orgánicos que terminan en rellenos sanitarios. De esta manera, se contribuye a incrementar su vida útil y, al mismo tiempo, genera menos contaminación ambiental.

1.3.3. Justificación económica

La implementación del papel artesanal responde a la dimensión circular de la economía por vía de la administración de recursos. Al hacerlo, se promueve la transición del actual enfoque económico lineal de consumo y eliminación hacia un enfoque circular que recicla y reutiliza los materiales, convirtiéndolos en recursos para otras actividades (10). Considerando lo mencionado, el estudio reducirá necesidades en el uso de papel convencional, además de mejorar la situación de la comunidad de la Granja Escuela de Yucay; así mismo, se ahorrarán los gastos generados por la disposición responsable de los residuos (boñiga).

1.3.4. Valor teórico

La boñiga es un residuo que puede usarse para realizar papel artesanal. Esto genera nuevas ideas y métodos para reutilizar los residuos producidos en las granjas. De esta forma, el valor teórico de la investigación radica en que se podrán aplicar los resultados a conceptos más generales y, de esta manera, disminuirán las brechas de conocimiento (11) con respecto a la gestión de este recurso.

1.3.5. Importancia

Si bien este subproducto se utiliza en gran parte de las zonas altoandinas del Perú como combustible para la cocción de alimentos mediante la quema de estos, es decir, como materia

prima para la obtención de biocombustibles (12), la presente investigación brinda una alternativa adicional al proponer la reutilización de los residuos de ganado vacuno de la Granja Escuela de Yucay para la fabricación de papel. De esa manera, además, se generará un impacto positivo con relación a la economía de dicho lugar.

1.4. Delimitación del proyecto

1.4.1. Delimitación espacial

El presente estudio se realizó en el distrito de Yucay, provincia de Urubamba del departamento del Cusco, en la Granja Escuela de Yucay (Anexo 04).

1.4.2. Delimitación temporal

El presente estudio se realizó en diez meses, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: cuatro meses de búsqueda de información referente al tema de estudio, cinco de pruebas de campo, y un mes de gabinete para interpretación y análisis de los datos obtenidos.

1.4.3. Delimitación conceptual

El proceso de elaboración de papel a partir de la boñiga implica una serie de etapas que incluyen la recolección de la materia prima, su tratamiento para la extracción de fibras, la preparación de la pulpa, la formación de las hojas de papel y los procesos de secado y acabado. Estas etapas serán objeto de análisis dentro de los límites de esta delimitación conceptual.

1.5. Limitaciones del proyecto

1.5.1. Disponibilidad de materia prima

Una de las principales limitaciones de este estudio está relacionada con la disponibilidad de boñiga en la Granja Escuela de Yucay. La producción de residuos orgánicos puede variar según la cantidad de animales, su dieta y las condiciones climáticas. Esto puede afectar la cantidad y calidad de la materia prima disponible para la fabricación de papel ecológico.

1.5.2. Variabilidad en la composición de la boñiga

La composición de la boñiga puede variar considerablemente según la alimentación de los animales y otros factores ambientales. Esta variabilidad puede influir en las propiedades del papel resultante, como su textura, resistencia y color, lo que puede dificultar la estandarización del producto final.

1.5.3. Limitaciones técnicas y tecnológicas

La fabricación artesanal de papel puede estar limitada por la disponibilidad de herramientas tecnológicas adecuadas. En una granja escuela, los recursos para maquinaria especializada

pueden ser escasos, lo que podría afectar la eficiencia del proceso de producción y la calidad del papel producido.

1.5.4. Capacidad de producción

La capacidad de producción artesanal de papel puede ser limitada en comparación con los métodos industriales. Esta investigación podría enfrentar desafíos en términos de escalabilidad, especialmente si se busca aumentar la producción para satisfacer una demanda más amplia o para realizar pruebas repetitivas.

1.5.5. Conocimiento y capacitación

La falta de conocimiento y experiencia del personal involucrado en la fabricación de papel artesanal puede afectar la calidad y consistencia del papel producido. Además, la poca disponibilidad de tiempo y recursos necesarios para capacitar a los trabajadores puede representar un desafío adicional.

1.5.6. Factores ambientales

Las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, pueden influir en el proceso de fabricación del papel. La falta de control sobre estos factores en un entorno abierto como una granja puede generar variaciones en la calidad del papel.

1.5.7. Impacto ambiental

Si bien la gestión de residuos orgánicos para la fabricación de papel tiene un enfoque ecológico, es importante considerar el impacto ambiental del proceso completo. La investigación debe abordar y mitigar cualquier impacto negativo potencial, como el uso inadecuado de agua y energía, así como la gestión inadecuada de subproductos del proceso de fabricación.

1.6. Hipótesis y variables

1.6.1. Hipótesis

H₀: De 1 kg de boñiga se obtienen 10 láminas de papeles artesanales A4.

H₁: De 1 kg de boñiga no se obtienen 10 láminas de papeles artesanales A4.

1.6.2. Hipótesis específicas

- La cantidad de fibra que contiene la boñiga es igual o mayor al 50%.
- El porcentaje óptimo de cloro que influye en la clarificación del papel artesanal es del 10%.
- Las características del papel artesanal obtenido a partir de la boñiga son de espesor 100 μm – 200 μm .

1.6.3. Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables independientes

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Uso de boñiga	Producto producido a partir de la digestión del ganado vacuno, que contiene 40% de celulosa en promedio, lo que la convierte en una buena opción para la fabricación de papel (13)	Material utilizado como fuente de obtención de fibra	Masa de muestra	1	kg
Uso de aglutinante (Goma de madera)	Sustancia líquida y pegajosa que permite unir y adherir partículas a la superficie donde se aplica (14)	Material coadyuvante de la mezcla	Dosis	500	ml
				750	ml
				1000	ml
Uso del cloro	Elemento gaseoso altamente inestable, usado para potabilizar el agua y como blanqueador (15)	Sustancia aclarante de la mezcla	Cloración	10	%
				15	%
				20	%
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Elaboración de Papel ecológico	Compuesto de fibras derivadas a partir de la pulpa de materia prima con base celulósica, de manufactura manual (16)	El papel artesanal elaborado fue evaluado a través de sus características	Proceso	Tiempo	Horas
				Rendimiento	Unidades / masa
			Características Papel	Espesor	µm

Nota: En la tabla 1, se evidencia la operacionalización de las variables, las cuales incluyen las dimensiones, procesos y características del papel, y sus indicadores de tiempo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el trabajo titulado “*Diseño de un proceso industrial para la obtención de papel ecológico a partir del estiércol de ganado vacuno en la parroquia Dureno del Cantón Lago Agrio*”, se tuvo como objetivo diseñar un proceso industrial para la producción de papel ecológico a partir del estiércol bovino. El autor señala que, tras 86 horas de procesamiento y utilizando hipoclorito de sodio como blanqueador, se obtuvo papel de un espesor de 0.11 mm. Se concluye que el papel elaborado fue inocuo y presentó porcentajes de fibra bruta, la cual se valora como fuente de celulosa para papel (17).

En el artículo titulado “*Elaboración del papel ecológico empleando estiércol de ganado bovino*”, los autores tuvieron como propósito la fabricación de papel a base de estiércol. Para el proceso, se tomó en consideración el aglutinante, la flexibilidad y resistencia del papel producido. Después de realizado el procedimiento, se obtuvieron los siguientes resultados: (1) el producto no presentó olores, gracias a la esterilización del estiércol del ganado realizado en una autoclave; (2) el papel obtenido tuvo un gramaje que variaba desde 118 g/m² y 164 g/m²; (3) en cuanto a la absorbencia, se tuvieron valores de 7.2 s y 40.4 s. Además, se realizaron pruebas de escritura y de impresión en el producto terminado, y se elaboraron cajas de embalaje y paquetería, las cuales respondieron a la altura de las expectativas. Se concluye que el papel ecológico producido a partir del estiércol del ganado bovino es de calidad. Este es una excelente alternativa para coadyuvar al cuidado del medio ambiente, puesto que la tala de árboles y el consumo de agua que derivan del procesamiento tradicional de este producto son excesivos (18).

En la tesis titulada “*Fabricación de papel como aprovechamiento de residuos provenientes del café (pulpa y celulosa) en el municipio de Villarrica-Tolima, Bogotá-Colombia, 2022*” se tuvo como finalidad la fabricación de papel a base de los residuos del café. Para ello, mediante un método químico, se extrajo la celulosa y se utilizó una concentración de hidróxido de sodio. De forma específica, la autora, utilizó 40 gramos de pulpa de café con 400 gramos de solución de soda cáustica al 15% (60 gr de soda cáustica con 340 gr de agua); luego, se procedió al blanqueo, para lo cual se usó 10% de peróxido de hidrógeno; se prosiguió con la formación de la hoja y, finalmente, se concluyó con el secado. Después de todo el proceso, de 67 gr de pulpa de café se obtuvo una hoja de 60 gr con un grosor de 1 mm. Para la obtención de la hoja, se

realizó un procedimiento de 5 pasos: hidrólisis alcalina (uso de soda cáustica), blanqueo (uso de 10% de peróxido de hidrógeno), tamizado, agitación, secado y alisado. El proceso duró en su totalidad solo 19 horas, debido a que se usó un horno para el secado, el cual aminoró el tiempo del proceso (19).

En la tesis titulada *“Elaboración de papel artesanal a base de residuos vegetales de los tallos de maíz (Zea mays L.) y cáscara de plátano (Musa paradisiaca L.) utilizando los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner”* se tuvo como objetivo fabricar papel utilizando dos métodos químicos. Para procesar los tallos de maíz, se usó el método de Jayme-Wise y para la cáscara del plátano, el de Kurshner y Hoffner. Se concluye que la cantidad de celulosa en el maíz (63.66%) es mayor a la de la cáscara de plátano (51.33%). También se demostró que el papel obtenido del maíz tiene mejores características: el gramaje fue de 45.82 g/m², el espesor de 0.06 mm, una porosidad de 17.97%, resistencia a la explosión de 54.86 kPa.m²/g y resistencia al rasgado de 301.59 mN (20).

En la tesis denominada *“Obtención de papel artesanal a partir de afrecho de malta proporcionada por la empresa Merak Colombia”* se tuvo como objetivo obtener papel artesanal a partir del afrecho de la malta. En el proceso, se usó hidróxido de sodio al 5% por 40 minutos para la obtención de la celulosa e hipoclorito de sodio a 3.5% como blanqueador. La producción de papel se realizó en 10 pasos divididos en 3 etapas: pretratamiento, extracción de celulosa y tratamientos finales. Finalizado el procesamiento, se obtuvo un papel con un espesor de 1.84 mm (21).

En la tesis titulada *“Evaluación de la influencia de la taralla de maíz (Zea mays) en la obtención de papel ecológico”*, se tuvo como objetivo determinar la proporción del residuo en 4 niveles: 25%, 50%, 75%, 100%. Para la obtención de la pulpa, se empleó un proceso semiquímico, óptimo para el procesamiento de fibras no madereras, a partir del cual se produjeron láminas de papel de 30 cm x 24 cm. En total, se obtuvieron 16 unidades experimentales, las cuales se dividieron en 8 secciones con dimensiones de 7,5 cm x 12 cm. Después de ello, se analizaron sus propiedades físicas, específicamente gramaje, espesor y porcentaje de humedad, según los estándares TAPPI T 410, T 411 y T 412. Como resultado, se obtuvo un papel con las características requeridas: espesor de 0,75 mm, gramaje de 115 g/m² y de humedad al 6,70%; además, se presentó un residuo del 50% (22).

En el artículo titulado “*Diseño de un proceso industrial para la obtención de papel ecológico a partir del estiércol de ganado vacuno en la parroquia Dureno del cantón Lago Agrio*”, se tuvo como objetivo desarrollar un proceso industrial eficiente para la producción de papel ecológico, utilizando estiércol bovino como materia prima principal a partir de una metodología deductiva y experimental. Se concluye que el proceso de despulpado con sosa cáustica al 10% permitió alcanzar un rendimiento del 69.82%, una flexibilidad de 0.67 μm y un factor de Runkel de 0.48 μm en la pulpa. En cuanto al papel producido, se destacan las siguientes propiedades: un espesor de 0.11 mm, una resistencia a la ruptura de 5.95 kN/m y un alargamiento a la rotura del 3.32%. Estos resultados permitieron concluir que la materia prima cumple con los estándares requeridos (23).

En el artículo titulado “*Papel artesanal de paja de caña de azúcar (Saccharum spp)*” se planteó como objetivo principal la elaboración de papel artesanal empleando fibra celulósica obtenida de la paja de caña de azúcar. Para llevar a cabo este proceso, se inició con un total de 1000 g. de paja de caña, de los cuales se logró recuperar un rendimiento de 365 g de fibra de celulosa pura, suficiente para la fabricación de 70 hojas de papel artesanal. Las hojas de papel producidas presentaron dimensiones muy cercanas al tamaño carta, lo cual las hace adecuadas para múltiples aplicaciones, especialmente en entornos donde se requiere un formato versátil y práctico; además, el espesor promedio de estas fue de 0.71 mm. Se concluye que la metodología desarrollada demostró ser eficiente para la obtención de papel artesanal de alta calidad a partir de fibra de caña de azúcar y se evidenció un rendimiento de conversión del 36.5% en relación con el peso original de la paja (24).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación titulada “*Elaboración de papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) y bagazo de betarraga (Beta vulgaris), Chiclayo*”, se planteó como objetivo producir papel a partir de los bagazos de la caña de azúcar y betarraga. Se observó que el primer desecho contenía 22.16% de alfa celulosa y 11.75% de lignina, mientras que en el segundo, 20% de alfa celulosa y 11.89% de lignina. Finalmente, se obtuvieron papeles con grosores que variaban desde los 0.105 mm a 0.134 mm. Considerando estos valores, el papel producido se encuentra entre las categorías de cartoncillo (0.2-1.7 mm) y papel de impresión (0.05-0.1 mm) (25).

En la investigación titulada *“Fabricación de papel artesanal utilizando celulosa de Scirpus lacustris (Junco) del río Cabanillas, Juliaca, 2019”*, se tuvo como objetivo determinar la cantidad de celulosa de esta especie para fabricar papel artesanal. Se concluyó que este desecho contenía 88% de celulosa; cantidad óptima para la fabricación de papel. También se determinó que de 100 g de junco se producen 5 pliegos de papel tamaño A5. Para la fabricación del papel se realizaron 13 pasos, siendo los más relevantes los siguientes: la obtención de celulosa (para lo cual se usó hidróxido de sodio al 10%); el blanqueo (para lo cual se utilizó hipoclorito de sodio al 10%); y el refinado (para lo cual se usó 1% de almidón y 1% de cola) (26).

En la tesis nominada *“Producción de papel artesanal a partir de los residuos de la corona de la piña (Ananas comosus) generados en el mercado Unicachi - Comas, 2018”* se buscó aprovechar los residuos de esta fruta para producir papel. Se concluye que de 5Kg de materia prima se logran producir 29 hojas A4. Para el proceso, se realizaron tres ensayos: en el primero, solo se usó la materia prima sin blanqueador; en el segundo, se usó como agente blanqueador al hipoclorito de sodio; y, en el tercero, al peróxido de oxígeno. Los resultados arrojan que en el primer ensayo se obtuvo mejor gramaje (86.26 g/m^2) y mayor resistencia al rasgado; mientras que en el segundo, se obtuvo un mejor grado de blancura. En los tres ensayos, no se presentaron diferencias significativas en cuanto al rendimiento (27).

En la tesis titulada *“Elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos de passiflora edulis y persea americana provenientes de una agroindustria en Chilca – 2023”*, se planteó como objetivo la elaboración de papel en base a las cáscaras de la maracuyá y palta. Para ello, se elaboraron tres tipos de diseños con distintas características físicas en base a los ISO de referencia. Se concluye que la primera combinación (75% de cáscara de maracuyá y 25% de cáscara de palta) es la que mayor se acerca a los estándares de papel con un gramaje de 234.772 g/m^2 y espesor de 0.4585 mm. Cuando se emplearon las otras dos combinaciones (50% de cáscara de maracuyá y 50% de cáscara de palta; 25% cáscara de maracuyá y 75% de cáscara de palta), el producto resultante es más parecido a un papel de tipo cartoncillo (28).

En la investigación nominada *“Uso del raquis del plátano de Aucayacu para la elaboración del papel ecológico en el laboratorio 2018”* se planteó como propósito establecer el uso del raquis de plátano como una fuente alternativa para la producción de papel. Para ejecutar dicho objetivo, se procesaron 2 kg de raquis de plátano divididos en tres etapas de tratamiento químico, con el propósito de evaluar los efectos de varias concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) sobre la calidad de la pulpa obtenida. En la primera etapa, se empleó una solución de 10% de NaOH; en la segunda, una solución de 15% de NaOH; y en la tercera,

se aumentó a 20% la concentración de NaOH. A partir de los tratamientos realizados, se fabricaron un total de 15 hojas de papel en formatos A4 y A5. Las hojas resultantes mostraron características adecuadas para escritura e impresión, con un espesor promedio de 140 μm , lo que las posiciona como una alternativa viable y competitiva frente al papel convencional, en relación con la calidad y la funcionalidad (29).

En la tesis titulada “*Utilización de la corona de piña (Ananas comosus) para la elaboración de papel ecológico artesanal, Chiclayo*”, se planteó como objetivo el aprovechamiento de la corona de piña (*Ananas comosus*) como materia prima para la fabricación de papel ecológico artesanal, a partir de la exploración de métodos de tratamiento de la pulpa en tres procesos diferenciados. Para cada proceso, se emplearon 5 kg de material vegetal. En el proceso 1, se realizó un tratamiento sin blanqueo, para preservar las características naturales de la fibra de la corona de piña. En el proceso 2, la pulpa fue sometida a un tratamiento de blanqueo con hipoclorito de sodio (NaClO), pero utilizando hojas cortadas en trozos pequeños para facilitar la penetración del agente blanqueador. En el proceso 3, se aplicó un tratamiento similar al proceso 2, pero con hojas enteras, y se mantuvo el uso de hipoclorito de sodio para lograr un blanqueo más uniforme. En los tres procesos se obtuvieron resultados distintos en cuanto a las propiedades y características de las hojas producidas. Finalmente, se fabricaron 29 hojas en formato A4, que mostraron variaciones en color, textura y propiedades mecánicas (30).

En la investigación titulada “*Elaboración de papel biodegradable a partir de hojas de maíz blanco (Zea mays L.)*” se tuvo como propósito elaborar papel a partir de las hojas de maíz. Para ello, se consideraron como variables de prueba (1) las hojas de maíz blanco (*Zea mays*), (2) el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y (3) el hidróxido de sodio (NaOH). El proceso experimental se inició con la recolección y secado de las hojas de maíz, seguido de su pesado y molienda para uniformar el material. Posteriormente, las hojas molidas fueron sometidas a cocción en una solución de hidróxido de sodio a 95 °C, lo que facilitó la disolución de la lignina y otros componentes no celulósicos, que favorecieron la liberación de las fibras. La fibra obtenida fue lavada perfectamente con agua destilada para remover completamente los residuos de NaOH, y asegurar su pureza. Posteriormente, el material fibroso limpio fue moldeado en láminas de 50 x 50 cm y sometido a prensado bajo presión uniforme durante 30 minutos, lo que permitió compactar y eliminar el exceso de humedad. Las láminas formadas fueron secadas en una estufa a 80 °C durante 20 minutos para garantizar la estabilidad estructural y la eliminación de la humedad residual. El tiempo total de elaboración del proceso experimental fue de 98 horas y

45 minutos, considerando todas las etapas de preparación, cocción, lavado, formación y secado. Finalmente, se obtuvo un material final adecuado para su análisis y evaluación de propiedades físico-mecánicas (31).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Industria del papel en el Perú

2.2.1.1. Inicio de la industria del papel en el Perú

Según Díaz, el comienzo de la industria del papel se atribuye a inmigrantes italianos que, alrededor de 1918, iniciaron actividades de manufactura utilizando desechos de papel o fibras secundarias. Posteriormente, se estableció otra fábrica que comenzó a operar en 1921, la cual, al igual que la primera, utilizaba desperdicios y fibras secundarias como materias primas. Este modelo de producción continuó hasta el año 1987 (32).

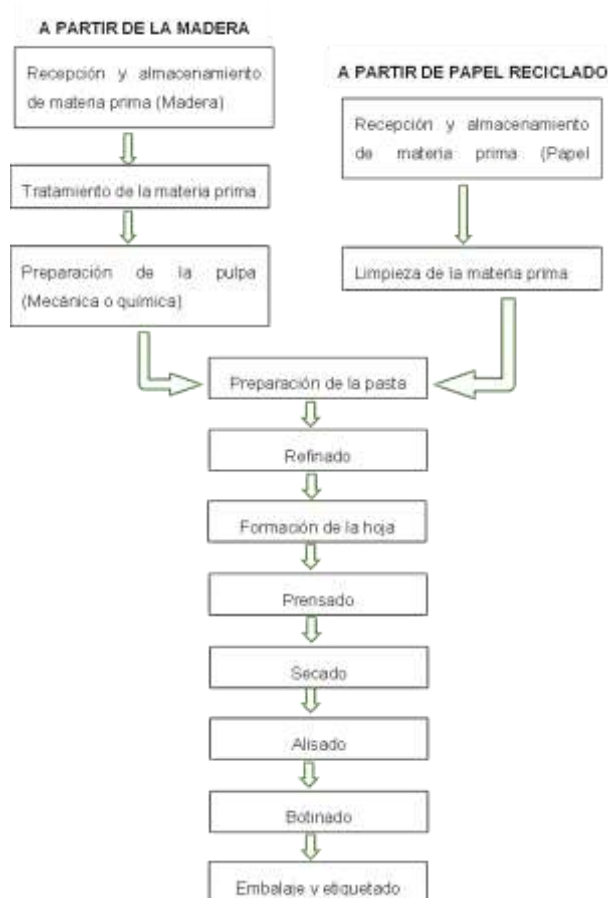
Más tarde, en 1933, “Papelera Peruana” comenzó la elaboración de papel utilizando fibras de pulpa de madera y fibras secundarias. En 1939, “Sociedad Paramonga” se estableció utilizando insumos similares. Posteriormente, entre los años 1950 y 1960, se instalaron las empresas “La Industria de Papel”, “Administradora Industrial”, “Industria Papelera Atlas S.A.”, “Papelera Zárate” e “Industria del Papel”. Posteriormente, en 1968, surgen “Fábrica de Papel Paracas” y “Trupal S.A.”; todas estas producían diversos tipos de papel, entre estos papel corrugado, periódico y tissue.

En 1969, “Papelera Nacional S.A.” y “Papeles Peruanos de Pucallpa” comienzan a elaborar papel para impresión y, en 1981, “Manufacturera de Papeles y Cartones S.A.”, que había iniciado su actividad en 1976, emprende la producción de papel bond. Con el proseguir de los años, iniciaron actividades “Papelera Santa Lucía”, “Papelera Panamericana” y “Papelera Unicel”; esta última se inicia en la producción de papel sanitario.

2.2.1.2. Proceso productivo de la industria papelera del Perú

La industria del papel se basa principalmente en el uso de fibras vegetales de celulosa (pulpa de celulosa), que se obtienen, mayoritariamente, de la madera de los árboles. Dependiendo del tipo de maquinaria y tecnología utilizada, algunas empresas pueden usar árboles de eucalipto o residuos de caña de azúcar. Además, se utiliza papel reciclado, productos químicos, agua y energía. Actualmente, el proceso de producción puede variar de una empresa a otra, principalmente debido a los insumos que utilizan. Recientemente, como medida de protección ambiental, muchas empresas han comenzado a utilizar papel reciclado.

Figura 1. Proceso productivo de la industria papelera



Nota: En la figura 01, se evidencia el proceso de la fabricación del papel, a partir de la madera y el papel reciclado (33, p.11)

2.2.1.3. Características de la industria papelera en Perú

El mercado peruano de papel es dependiente de los mercados internacionales, dado que la producción de papel necesita insumos y materias primas provenientes de otros países. Este mercado se divide en cuatro subsectores o áreas de negocio, cada una definida por los insumos específicos y los procesos de producción que utiliza (33). Estas áreas son las siguientes:

- Papel de Imprenta y escritura
- Papel de Envoltura y cartones
- Papel Periódico
- Papel Sanitario

Las estadísticas señalan que, en el año 2014, el sector de producción de papel para impresión y escritura fue el más importante entre los diversos subsectores de la industria con una cuota de mercado del 51.7% y un crecimiento anual del 5%. Sin embargo, actualmente, este ámbito está siendo impactado por la digitalización de documentos y el uso consciente de

papel por parte de individuos, empresas y entidades gubernamentales, que buscan fomentar el cuidado del medio ambiente y la conservación de los bosques (34).

2.2.2. *El papel y su composición*

2.2.2.1. El papel

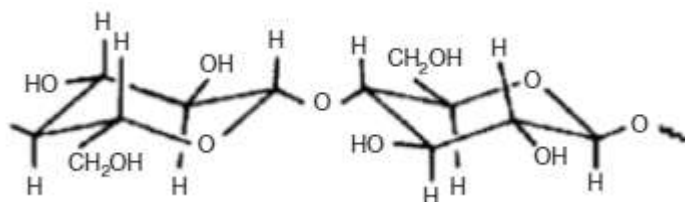
Los tipos de papel que se utilizan actualmente se fabrican a base de fibras vegetales como lino, cáñamo, yute, bambú, entre otros; y fibras vegetales madereras. Estas últimas son las más comúnmente utilizadas. El tratamiento de las fibras madereras para la producción de papel puede realizarse mediante varios métodos, incluyendo el químico, mecánico y semiquímico (35).

2.2.2.2. Composición química del papel

a) Celulosa

La celulosa, que es el componente principal y predominante de las paredes celulares de las fibras vegetales, es uno de los biopolímeros más profusos en la naturaleza. Su unidad fundamental, la β -D-Glucosa, se une a través de un enlace O-glucosídico en la configuración β -(1-4), lo que resulta en la unidad de celobiosa, es decir, un disacárido (36).

Figura 2. Estructura química de la celobiosa



Nota: En la figura, se evidencian las dos unidades de azúcares que componen la celobiosa (36, p.37)

b) Hemicelulosa

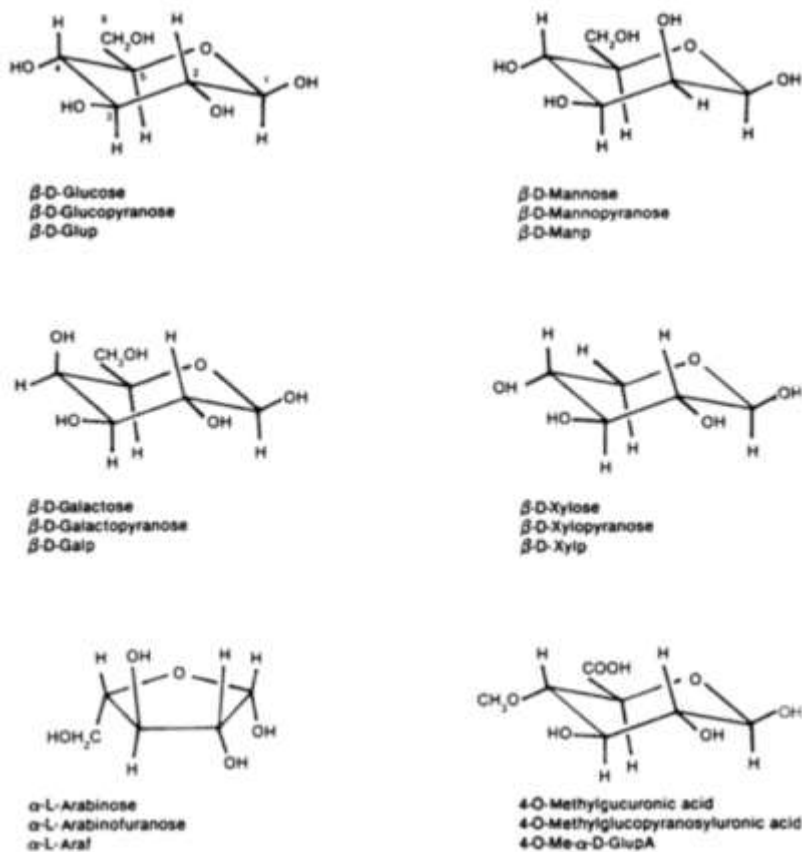
En términos generales, la porción de hemicelulosa en la madera es la suma de una serie de polisacáridos poliméricos. Estos tienen un grado de polimerización (DP) más bajo que la celulosa, con un DP promedio de 100 a 200, y contienen principalmente los azúcares D-xilopiranososa, D-glucopiranososa, D-galactopiranososa, L-arabinofuranosa, D-manopiranososa, D-ácido glucopiranosilurónico y ácido D-galactopiranosilurónico, junto con otros azúcares en cantidades menores (36), tal como se aprecia en la Figura 2.

a) Lignina

La lignina, en su estado natural, desempeña roles cruciales, tales como regular la permeabilidad de la estructura celular en los tejidos conductores, actuar como un aglutinante para las microfibrillas de celulosa y proporcionar protección contra la invasión de

microorganismos. Además, confiere propiedades de resistencia mecánica a la pared celular, protegiéndola contra fuerzas de impacto, compresión y flexión, y aporta rigidez estructural (37). En definitiva, “Las ligninas son polímeros amorfos, altamente complejos y principalmente aromáticos de unidades de fenilpropano” (36, p. 43).

Figura 3. Componentes del monómero de azúcar



Nota: En la figura se evidencia la configuración estándar para los dos isómeros ópticos del gliceraldehído (36, p.40)

2.2.2.3. Propiedades físicas del papel

a) Gramaje

El gramaje, también conocido como peso base, se refiere a la fibra presente en una hoja de papel o cartón. Su medida promedio se determina por metro cuadrado y se representa en función del peso por unidad de área (38).

El análisis de este parámetro se lleva a cabo en un área controlada y se determina por medio de mediciones de tamaño y peso de la hoja; sin embargo, para procesos continuos, se emplean técnicas de transmisión de radiación beta (39).

b) Espesor

El espesor expresa la distancia entre dos puntos perpendiculares entre las superficies principales del papel o cartón; este se expresa en unidades de longitud. En ocasiones, la medición presenta ambigüedades a consecuencia de las imperfecciones en la superficie del material, lo que dificulta la precisión, esencialmente, cuando se maneja de forma tridimensional.

El espesor no concede una base adecuada para las definiciones de tensión y deformación. La norma TAPPI 411 indica que, para medir dicha propiedad en estructuras de fibra, se debe utilizar un micrómetro de peso muerto. A este instrumento se le impone una carga constante de 50 kPa sobre un área específica a una velocidad de carga preestablecida (40).

c) Densidad

La mayoría de los materiales utilizados, como los metales, plásticos y concreto, tienen una estructura uniforme, lo que implica que su densidad es constante. Sin embargo, hay otros materiales, como los plásticos espumados y la madera, en los que la densidad puede variar un poco de un objeto a otro.

La ISO 534 establece que la densidad del papel puede ser determinada a partir del grosor de un montón de hojas de papel o del grosor de una sola hoja (41).

2.2.3. Impacto ambiental de la producción de papel

2.2.3.1. Problemas ambientales asociados con la producción de papel

a) Deforestación y pérdida de biodiversidad

La tala de árboles para obtener pulpa de madera es uno de los motivos más predominantes de deforestación alrededor del mundo. Según Greenpeace, la industria papelera representa el 10% de la tala forestal mundial (42). Esta pérdida de hábitats naturales amenaza la biodiversidad y contribuye al cambio climático.

b) Consumo y contaminación del agua

La producción de papel requiere grandes cantidades de agua, lo que puede agotar los recursos hídricos locales. Además, los efluentes de las fábricas de papel, a menudo, contienen sustancias químicas, fibras de madera y otros contaminantes que pueden dañar los ecosistemas acuáticos (43). Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la industria papelera es una de las mayores consumidoras y contaminadoras de agua en el país (44).

c) Emisiones de gases de efecto invernadero

A pesar de la utilización de energía renovable, en nuestro país, la industria del papel es una de las más contaminantes. Así, en el 2022, esta fue responsable de casi el 2% de todas las

emisiones contaminantes industriales (45). No sucede lo mismo en Europa, donde la industria de la impresión y el papel solo representó, en el 2021, el 0.9% de las emisiones industriales de gases de efecto invernadero (46).

2.2.4. La boñiga como recurso

2.2.4.1. Características fisicoquímicas de la boñiga

“La composta de estiércol elaborada ...[tiene] la siguiente composición química: pH: 6.21, conductividad eléctrica (CE): 1.32 dS m⁻¹, materia orgánica (MO): 83.6%, nitrógeno total (Nt): 0.80%, P: 0.36%, K: 0.76%, Ca: 0.73% y capacidad de intercambio catiónico (CIC): 24.1% cmol/kg” (47).

Además, “El estiércol de ganado vacuno ...[presenta] la siguiente composición: pH: 7.30, conductividad eléctrica (CE): 9.20 ms/cm, materia orgánica (MO): 50.57%, nitrógeno (N): 0.29%, fósforo (P): 0.96%, materia seca: 6%, óxido de calcio (CaO): 0.35%, Humedad 87.76%” (48).

2.2.4.2. Usos alternativos de la boñiga

a) Abono natural

El abono que se origina a partir de las excretas del ganado vacuno aporta nutrientes que pueden reemplazar a los fertilizantes sintéticos. Dichas excretas pueden provenir de la producción agropecuaria (estiércol) como de las aves que habitan en zonas áridas y semisecas (guano) (49).

b) Energía biodegradable

El uso de residuos biodegradables, como la boñiga, para la producción de gas, actualmente, resulta significativo debido a los desafíos energéticos derivados de la crisis petrolera y el cambio climático. Este enfoque busca aprovechar los recursos naturales de manera más sostenible y contribuir a la mitigación del impacto ambiental (50).

2.3. Términos básicos

2.3.1. Ganadería

La ganadería es una actividad económica que busca el buen uso de los animales para aprovechar los recursos derivados de estos. Esta labor es fundamental en la alimentación y nutrición de la población; además de que contribuye al desarrollo económico de esta (4).

2.3.2. Boñiga

Es el estiércol bovino que se produce en grandes cantidades en las zonas rurales. Es un gran fertilizante de suelos, además de que aporta consistencia a tierras arenosas, ligereza a los

suelos gredosos y frescura a los suelos calizos. La mejor boñiga se obtiene del ganado de establo o cebadero, el cual tiene una alimentación mejorada rica en fibra y proteína. La boñiga contiene, en promedio, 40% de celulosa, lo que convierte en una buena opción para la fabricación de papel, ya que toda la fibra que es consumida por las vacas es eliminada casi intacta en sus excretas (13).

2.3.3. Extracción de la celulosa

Este es el proceso primordial en la fabricación del papel. Para este procedimiento, se usan dos métodos. El primero es el mecánico, mediante el cual, primero, se eliminan todas las impurezas de la materia orgánica; luego, se procede al picado a dimensiones muy pequeñas, se mezcla en agua y se forma una pasta; y, posteriormente, se elimina el agua excedente. El segundo método es el de Kraft. Este es un procedimiento químico que se aplica a la materia orgánica, a través de la hidrólisis alcalina o básica. En este proceso, la materia, junto con una solución de hidróxido de sodio, se coloca en un digestor a 130° a 170 °C durante 1 a 3 horas; pasado ese tiempo, la mezcla se lava y, posteriormente, se desecha el agua excedente (19).

2.3.4. Papel

El papel se produce mediante la transformación de una mezcla de fibras vegetales que han sido sometidas a diversos procesos, incluyendo molienda, blanqueado, desleído en agua y secado (20).

Papel artesanal: Es un material poroso, poco uniforme, elaborado en la fase de pasta de algún material celulósico diferente al de las coníferas, a través de métodos químicos o mecánicos, con el tamizado, prensado y secado al aire libre (17).

2.3.5. Fibra vegetal

Es extraída de las semillas, tallos, hojas, frutos y raíces que integran el reino vegetal. Por sus características, se emplea como materia prima en la fabricación de textiles y papel (51).

2.3.6. Lavado

Es el acto mediante el cual se eliminan las impurezas de la pulpa (aquello que no es similar en tamaño y forma) al pasarla por los orificios de un dispositivo de limpieza. Estos orificios son lo suficientemente amplios para las fibras, pero estrechos para la mayoría de los elementos no deseados, los cuales quedan atrapados y son eliminados como residuos (52).

2.3.7. Blanqueado

El blanqueamiento de la pasta celulósica se logra mediante el uso de productos químicos que oxidan o reducen los grupos cromóforos, responsables del color original de la pasta. Estos

agentes químicos aumentan su blancura y brillo, a la vez que disminuyen el color y las manchas de la misma (52).

2.3.8. Secado

El secado implica la transferencia de calor. La hoja de papel se somete a cilindros calentados con vapor, para disminuir la humedad del papel hasta, aproximadamente, un 5%, que es el contenido de humedad deseado al finalizar la fabricación (52).

2.3.9. Prensado

El prensado es un proceso que implica la aplicación de presión a través de prensas. Durante esta etapa, se logra extraer la mayor cantidad posible de humedad por medios físicos. Cuando las hojas se retiran de las prensas, su contenido de agua suele ser aproximadamente del 60%. A partir de este punto, será necesario aplicar calor para completar el secado de la hoja de manera más eficiente (52).

2.3.10. Sostenibilidad

La sostenibilidad o sustentabilidad implica lograr un crecimiento económico prolongado, al mismo tiempo que se protegen los ecosistemas globales y se asegura un elevado nivel de bienestar para la población. En otras palabras, la sustentabilidad consiste en lograr un balance entre el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y el bienestar colectivo. Busca asegurar que las actividades humanas, especialmente las económicas, puedan mantenerse a largo plazo sin agotar o dañar irremediablemente los recursos naturales de los que dependen (53).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Tipo de la investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, puesto que tiene como objetivo principal abordar y solucionar problemas concretos que tienen un impacto directo en las personas y en la sociedad. Así mismo, su enfoque es cuantitativo, ya que se recolectarán datos numéricos y estadísticos (11).

3.1.2. Nivel de la investigación

Esta investigación corresponde al enfoque aplicativo, ya que se utilizarán conocimientos existentes para resolver problemas específicos o generar innovaciones prácticas (11).

X ————— Y

X ————— Y
 \ /
 Z

3.1.3. Diseño de la investigación

La investigación cuasiexperimental descriptiva tiene como propósito la manipulación de la variable independiente como un medio para hallar el posible efecto de una causa (11). En ese sentido, esta investigación tiene un diseño cuasiexperimental descriptivo.

GE	X	O ₁
GE	Y	O ₂
GE	XY	O ₃
GC		O ₁

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población responde a todos los casos específicos y alcanzables que cumplen con los criterios establecidos por los investigadores (54). En el caso de este estudio, la población la constituyen todos los residuos (boñiga) de la granja escuela de Yucay, que, en promedio, alcanzan los 200 kg/día.

3.2.2. Muestra

En este estudio, se empleó un muestreo no probabilístico (por conveniencia). Se determinó, sobre la base de los antecedentes, que la muestra sería de 1 kg de boñiga. Se realizaron 10 repeticiones de cada procedimiento, lo que suma un total de 160 repeticiones, que corresponden a 160 kg de este desecho, como se puede observar en el anexo 4.

3.3. Materiales y procedimientos

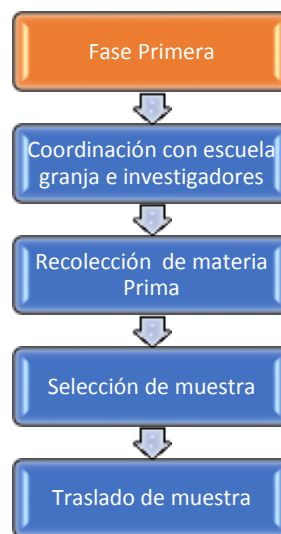
3.3.1. Materiales y equipos

- Horno para esterilización
- Termómetro multiparámetro
- Licuadora
- Envases
- Matraz
- Bastidores
- Agua destilada
- Aglutinante (500 ml, 750 ml y 1000 ml)
- Cloro (10%, 15% y 20%)

3.3.2. Procedimientos

A. Fase primera

Figura 4. Procedimiento fase primera



Nota: En la Figura 4, se observa el proceso de la fase primera, la cual abarca desde las coordinaciones con las autoridades de la Granja Escuela hasta el traslado de muestras al lugar designado para su posterior tratamiento.

Coordinación

Se entregó una carta a los responsables de la granja escuela para solicitar la respectiva autorización del proyecto. En dicho documento, se describieron los propósitos de la investigación y los beneficios derivados de su implementación.

Reconocimiento de la zona de muestreo

La Granja Escuela de Yucay se encuentra georreferenciada en las coordenadas: 18L Este: 815914, Sur: 8526023 sobre los 2902 m de altitud; en la provincia de Calca, distrito de Yucay, a 1 hora 30 minutos de la ciudad del Cusco. En un primer momento, se realizó la evaluación del área de trabajo.



Reconocimiento de la zona de estudio

Recolección materia prima

Para el presente estudio, la población de la Granja Escuela de Yucay suma un total de 30 cabezas de ganado con una producción de 200 kg diarios de boñiga.



Recolección de materia prima

Selección de muestra y pesado

Al finalizar el proceso de extracción de la muestra de boñiga, esta se pondera hasta obtener un peso total de 1 kg.

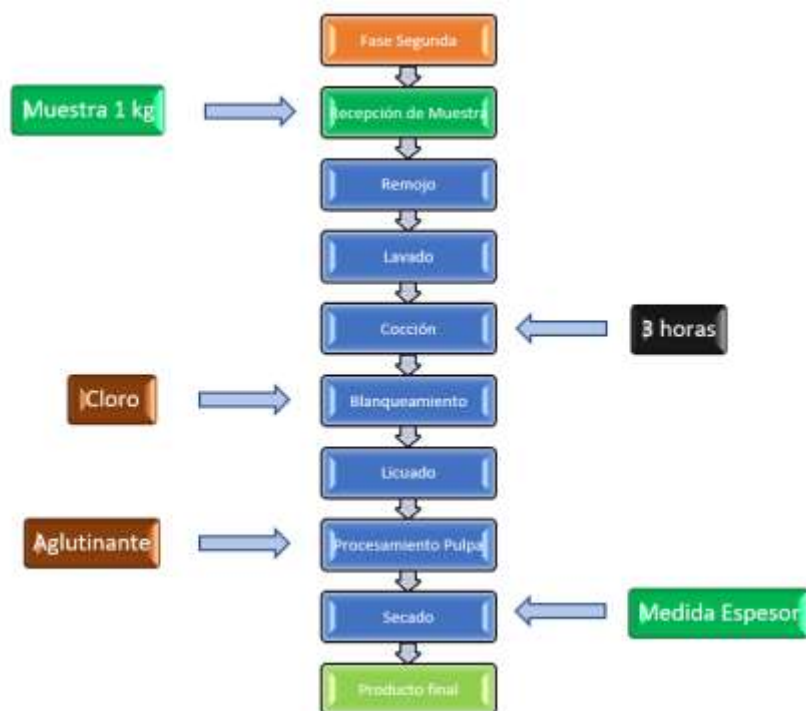


Traslado de la muestra

Seguidamente, se traslada la muestra al local designado para su posterior procesamiento.

B. Fase segunda

Figura 5. Procedimiento de la fase segunda



Nota: En la Figura 5, se constata el proceso de la fase segunda, la cual abarca desde la recepción de la muestra de 1 kilo, hasta la obtención del papel artesanal.

Recepción de la muestra

Se verifica la cantidad de materia prima, cuyo peso debe ser de 1 kg. Luego, se lleva a cabo un control manual para detectar la presencia de cualquier insecto y eliminar impurezas.

Remojo

En un recipiente, se colocan 2.5 litros de agua destilada, en la cual se procederá a remojar la muestra de 1 kg de boñiga, por un tiempo aproximado de 2 horas.



Remojo de muestra

Lavado

Se procede al lavado de la muestra para eliminar las impurezas y el agua residual que se produce por la clorofila de la boñiga. Este procedimiento dura aproximadamente 2 horas.



Lavado de muestra

Cocción

Culminado el lavado, la mezcla se lleva a cocción por, aproximadamente, tres horas a una temperatura de entre 80 – 100 °C. Este proceso también permite esterilizar la muestra.

Blanqueamiento

En este punto del procedimiento, los restos de la boñiga tienen una consistencia verde marrón. Se añade el cloro, según lo indicado en nuestra variable, al 10%, 15% y 20% del total de la muestra, con el fin de aclarar la pulpa. Dicho proceso dura aproximadamente 2 horas.



Uso del cloro para el proceso de blanqueamiento

Licudo

Una vez aclarada la pulpa, se procede a licuar de modo que la fibra se amalgame bien para, posteriormente, pasarla por el colador. El proceso se repite las veces que sean necesarias (Anexo 1, foto 10).



Licudo de muestra

Procesamiento de la pulpa

Una vez obtenida la pulpa, se procede a agregar el aglutinante. Para esta investigación, se empleó la goma de madera de 500 ml, 750 ml y 1000 ml. Posteriormente, se continúa con el modelado, procedimiento que consiste en agitar de manera rápida, tanto en dirección horizontal como vertical, la muestra y levantarla con delicadeza hasta lograr una pasta de consistencia uniforme. Este proceso se realiza en, aproximadamente, una hora.



Secado

Se usa un horno para extraer toda la humedad de la pulpa. Este proceso dura, aproximadamente, 4 horas a una temperatura controlada de 20 °C (Anexo 1, foto 16). Culminado el secado, se procede con la medida del espesor del producto final.



C. Fase tercera

Después de usar los dispositivos de medición, se ingresaron las respuestas en una hoja de cálculo. Posteriormente, esta información se transfirió para crear tablas y figuras, así como para realizar análisis estadísticos de las relaciones entre las variables (Figura 6).

Para efectuar los análisis estadísticos, se recurrió al programa Microsoft Excel, con un grado de significancia de 0.05. Se usaron los siguientes métodos:

- **Método SHAPIRO-WILK.-** Se usó esta prueba para asegurar la normalidad de datos. Evaluar si los datos siguen una distribución normal puede mejorar la confiabilidad y la validez de los resultados, lo que es fundamental en la presente tesis. El test de Shapiro-Wilk, al ser sensible y confiable para muestras pequeñas o medianas, permite una interpretación más precisa de la normalidad y, por ende, de la robustez del análisis estadístico.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i X_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

- **Método ANOVA (análisis de varianza).-** En el proceso de la creación de papel ecológico a partir de boñiga, se experimentó con diversas combinaciones de variables, como el tiempo de elaboración, la proporción de aglutinante y el agente blanqueador. Aplicar el análisis ANOVA brinda la oportunidad de evaluar de manera precisa si estas combinaciones producen diferencias significativas en las propiedades del papel final, tales como el espesor.

$$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2$$

- **Método de TUKEY.-** Mientras que ANOVA indica si existen diferencias significativas entre los grupos en general, el método de Tukey permite identificar con claridad entre qué grupos existen esas diferencias. Esto es particularmente útil en un experimento con múltiples variables, como en la presente tesis, ya que proporciona una comprensión más detallada sobre cómo estas variaciones impactan en las propiedades del papel.

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{\frac{CM_E}{n_i}}$$

Figura 6. Procedimiento fase tercera



Nota: En la Figura 6, se observa el último procedimiento del estudio, que consistió en el análisis de los datos obtenidos en las fases anteriores.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

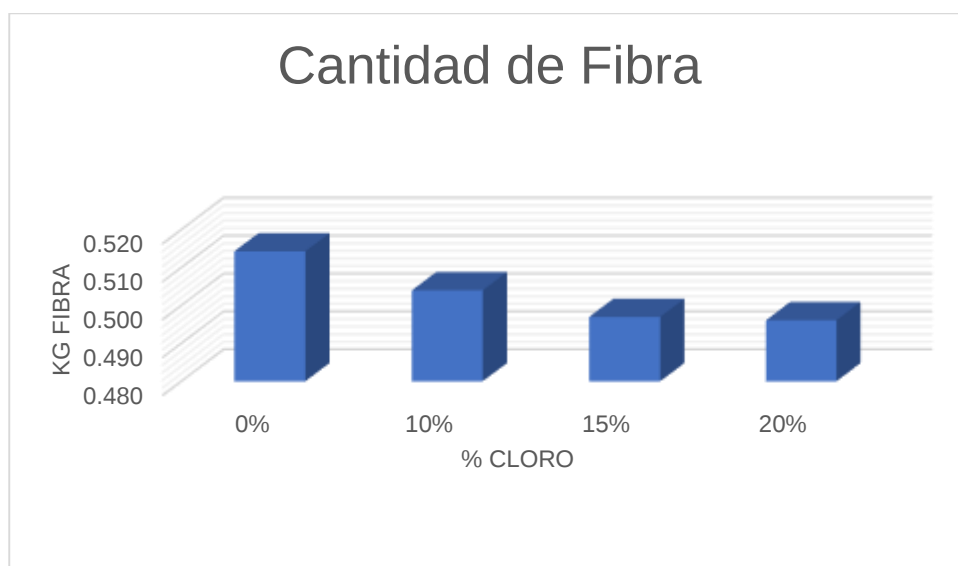
4.1.1. Cantidad de fibra

Tabla 2. Valores de las repeticiones para la obtención de fibra

Nro Repetic.	Cantidad de Fibra (kg)			
	CLORO %			
	0%	10%	15%	20%
1	0.520	0.506	0.501	0.499
2	0.533	0.504	0.508	0.503
3	0.536	0.511	0.500	0.501
4	0.528	0.502	0.498	0.494
5	0.492	0.501	0.482	0.496
6	0.508	0.503	0.507	0.495
7	0.516	0.507	0.494	0.496
8	0.497	0.495	0.501	0.491
9	0.496	0.504	0.482	0.483
10	0.517	0.507	0.497	0.503

En la Tabla 2, se evidencia la cantidad de fibra obtenida de un kilo de boñiga en cada una de las repeticiones llevadas a cabo. Se observa que la mayor cantidad (0.536 Kg) se obtiene con la muestra patrón, es decir, sin blanqueador y sin aglutinante; y la menor cantidad (0.482 Kg) se logra con la muestra al 15% de concentración de cloro.

Figura 7. Cantidad de fibra



En la Figura 7, se aprecian los promedios de la fibra obtenida en cada repetición por cada una de las cantidades utilizadas de cloro. La mayor cantidad de fibra se obtuvo con la muestra patrón (514 gr), seguida de la muestra al 10% de cloro (504 gr), mientras que la menor cantidad se alcanzó con la concentración al 20% de cloro (496 gr de fibra).

Tabla 3. *Porcentaje de fibra*

Tratamiento	Porcentaje
0%	51.40%
10%	50.40%
15%	49.70%
20%	49.60%

En la Tabla 3, se evidencia el porcentaje de fibra obtenida de un kilo de boñiga en cada una de las repeticiones llevadas a cabo. Dentro de las muestras con aplicación de cloro, la que mayor concentración de fibra presenta es la operada al 10%.

De estos resultados se concluye que, para alcanzar el primer objetivo específico, se debe de considerar el tratamiento con el 10% de cloro, puesto que es el que más se aproxima a la muestra campeón. Anexo 1 (foto 18).

Tabla 4. *Prueba de normalidad del porcentaje de fibra*

Valor Cl	Shapiro-Wilk		
	SW Contable	SW Teórico	p-valué
0	0.935	0.842	$\alpha > 0.05$
10%	0.956	0.842	$\alpha > 0.05$
15%	0.881	0.842	$\alpha > 0.05$
20%	0.917	0.842	$\alpha > 0.05$

En la tabla 4, se constata la prueba de normalidad mediante el método Shapiro – Wilk sobre las repeticiones de la cantidad de fibra. Se observa que el valor hallado es mayor que el valor teórico.

a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

b) Regla de decisión

$\alpha < 0.05$ Se rechaza la H_0

$\alpha > 0.05$ Se acepta la H_0

c) Resultado

La prueba de normalidad muestra un valor de significancia $\alpha > 0.05$, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula H_0 , es decir, que los datos se distribuyen normalmente. En consecuencia, se rechaza la hipótesis alternativa H_1 .

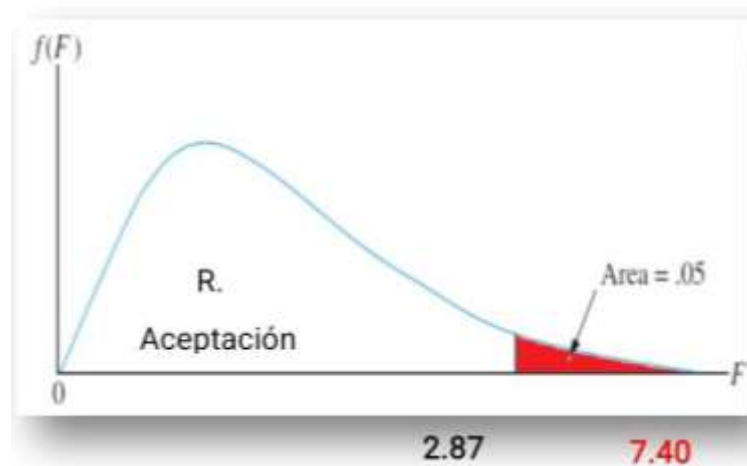
Tabla 5. *Análisis de varianza (Método ANOVA)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.002122	3	0.000707	7.4	0.000552	2.87
Dentro de los grupos	0.003441	36	9.558E-05			
Total	0.005563	39	0.000142			

Tabla 6. *Resumen datos $\alpha=0.05$*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	<i>Suma de cuadrados</i>
0%	10	5.143	0.514	0.000246	0.00222
10%	10	5.040	0.504	1.844E-05	0.00016
15%	10	4.970	0.497	8.022E-05	0.00072
20%	10	4.961	0.496	3.676E-05	0.00033

Figura 8. Nivel de aceptación



a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los grupos tienen medidas idénticas.

H_1 : No todas las medidas son idénticas.

b) Regla de decisión

$F < F_c$ Se rechaza la H_0

$F > F_c$ Se acepta la H_0

c) Resultado

De acuerdo a la prueba de varianza llevada a cabo, se encontró un valor $F < F_c$; por lo tanto, se rechaza la H_0 , que señala que los grupos poseen medidas iguales, y se acepta la H_1 .

Existe diferencia en la obtención de cantidad de fibra entre las muestras de cero porcentaje de cloro y el uso de este blanqueador al 10%, 15% y 20%.

Tabla 7. Método de Tukey $\alpha=0.05$

Grupo	Promedio	n	Suma de cuadrados	Grados de libertad
0%	0.514	10	0.002222	
10%	0.504	10	0.000166	
15%	0.497	10	0.000722	
20%	0.496	10	0.000330	
		40	0.003441	36

Tabla 8. Q Test

Grupo 1	Grupo 2	Promedio	p-value	Decisión
0%	10%	0.0103	0.10437	No
0%	15%	0.0173	0.00186	Significativo
0%	20%	0.0182	0.00103	Significativo
10%	15%	0.0070	0.39087	No
10%	20%	0.0079	0.28681	No
15%	20%	0.0009	0.99685	No

De los resultados, se observa una diferencia significativa entre las medidas de 0 y 15% y 0 y 20%.

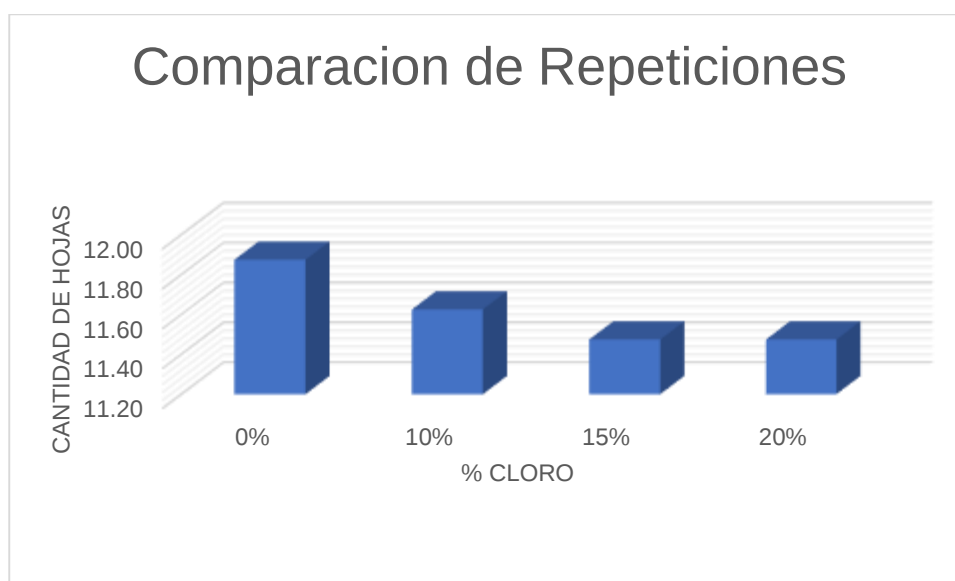
4.1.2. Rendimiento

Tabla 9. Cantidad de hojas de papel obtenidas

N° Repetición	Cantidad de Papel (hojas)			
	Cloro %			
	0%	10%	15%	20%
1	12.00	11.75	11.50	11.50
2	12.25	11.75	11.75	11.75
3	12.50	11.75	11.50	11.75
4	12.25	11.50	11.50	11.50
5	11.50	11.50	11.00	11.50
6	11.75	11.50	11.75	11.50
7	11.75	11.75	11.50	11.50
8	11.50	11.50	11.50	11.25
9	11.50	11.50	11.25	11.00
10	11.75	11.75	11.50	11.50

En la tabla 9, se registra el número de hojas obtenidas en las diferentes repeticiones que se realizaron de las muestras con diversas concentraciones de cloro. Se observa que con la muestra patrón se obtienen 12.5 hojas. En cuanto a las muestras con concentraciones de cloro, las que mayores hojas produjeron fueron las concentraciones al 10% (11.75 hojas), mientras que la menor cantidad se obtuvo con la muestra al 20% (11 hojas).

Figura 9. Comparación de repeticiones



En la figura 9, se observan los promedios de la cantidad de hojas tamaño A4 obtenidas en cada repetición por cada una de las concentraciones de cloro utilizadas. La mayor cantidad de

hojas se originó con la muestra patrón (11.8 hojas), seguida de la muestra al 10% de cloro (11.63 hojas). Con las concentraciones del 15% y 20% de cloro se obtuvo un promedio de 11.48 hojas.

Tabla 10. *Prueba de normalidad de cantidad de hojas de papel*

Valor Cl	Shapiro-Wilk		
	SW Contable	SW Teórico	p-value
0	0.886	0.842	sig>0.05
10%	0.655	0.842	sig>0.05
15%	0.821	0.842	sig>0.05
20%	0.821	0.842	sig>0.05

d) Prueba de hipótesis

H_0 : Los datos tienen una distribución normal.

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal.

e) Regla de decisión

$\alpha < 0.05$ Se rechaza la H_0

$\alpha > 0.05$ Se acepta la H_0

f) Resultado

La prueba de normalidad muestra un valor de significancia $\alpha > 0.05$, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula H_0 , es decir, que los datos se distribuyen normalmente, y rechazar la hipótesis alternativa H_1 .

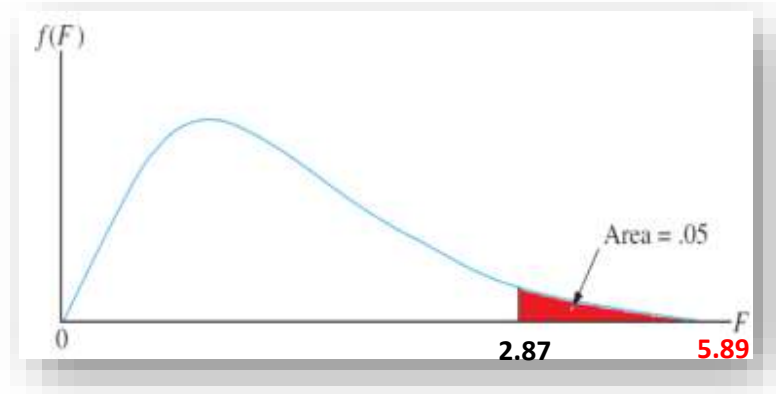
Tabla 11. *Análisis de varianza (Método ANOVA)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.068	3	0.35625	5.89	0.0022	2.87
Dentro de los grupos	2.175	36	0.06041			
Total	3.243	39	0.08317			

Tabla 12. Resumen datos $\alpha=0.05$

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Suma de cuadrados
0%	10	118.75	11.88	0.12847	1.1562
10%	10	116.25	11.63	0.01736	0.1562
15%	10	114.75	11.48	0.04791	0.4312
20%	10	114.75	11.48	0.04791	0.4312

Figura 10. Nivel de aceptación



a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los grupos tienen medidas idénticas.

H_1 : No todas las medidas son idénticas.

b) Regla de decisión

$F < F_c$ Se rechaza la H_0

$F > F_c$ Se acepta la H_0

c) Resultado

De acuerdo a la prueba de varianza, se encontró un valor $F < F_c$; por lo tanto, se rechaza la H_0 , que señala que las muestras poseen medidas iguales, y se acepta la H_1 .

En definitiva, existe diferencia con relación a la cantidad de fibra obtenida cuando se usan los métodos de cero porcentaje de cloro en relación a las muestras con concentraciones al 10%, 15% y 20%.

Tabla 13. Método de Tukey $\alpha=0.05$

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>n</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>
0%	11.88	10	1.1562	
10%	11.63	10	0.1562	
15%	11.48	10	0.4312	
20%	11.48	10	0.4312	
		40	2.175	36

Tabla 14. Q Test

<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Promedio</i>	<i>p-value</i>	<i>Decisión</i>
0%	10%	0.25	0.12316	No
0%	15%	0.4	0.00452	Significativo
0%	20%	0.4	0.00452	Significativo
10%	15%	0.15	0.52914	No
10%	20%	0.15	0.52914	No
15%	20%	0	1	No

Los resultados evidencian una diferencia significativa entre las mediciones realizadas al 0% y al 15%, así como al 0% y al 20%, lo que refleja cambios relevantes en las condiciones evaluadas bajo estos porcentajes específicos.

4.1.3. Espesor

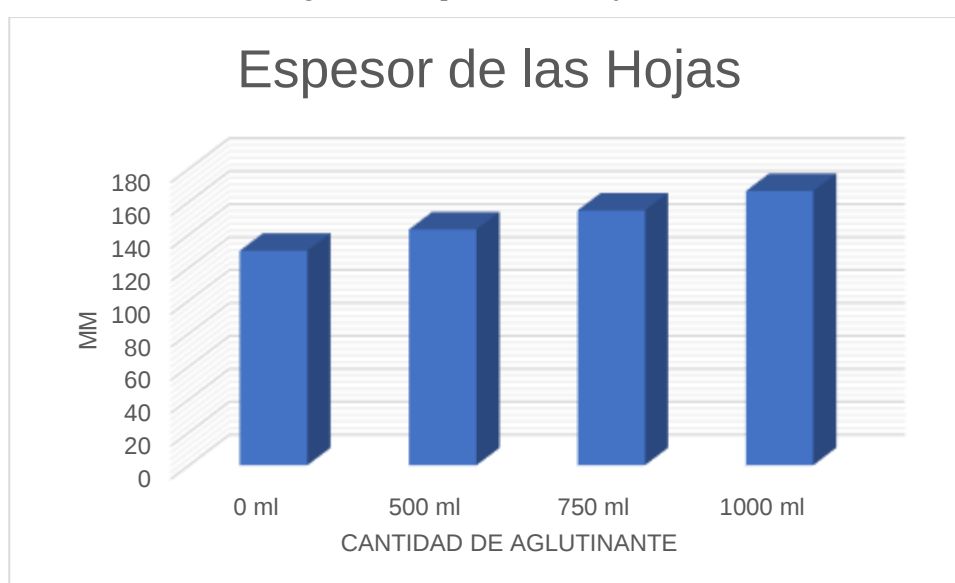
Tabla 15. Medidas del espesor de las hojas

Espesor del Papel μm				
N° Repetición	Aglutinante			
	0 ml	500 ml	750 ml	1000 ml
1	130	143	155	167
2	131	143	154	167
3	131	143	155	166
4	130	143	155	166
5	129	143	154	166
6	131	142	156	167
7	131	144	155	167
8	129	144	154	167

9	130	144	155	165
10	130	143	155	167

En la tabla 15, se observa el espesor de las hojas obtenidas en las diferentes repeticiones de muestreo con concentraciones de cloro distintas. Se advierte que, con la muestra patrón, se obtiene un máximo de grosor de 131 μm y un mínimo de 129 μm . Con relación a las muestras con concentraciones, la que presenta mayor grosor es la que contenía 1000 ml de aglutinante (167 μm) y la de menor grosor fue la que contenía 500 ml de aglutinante (142 μm).

Figura 11. Espesor de las hojas



En la Figura 11, se registran los promedios del grosor obtenidos en cada repetición por cada una de las cantidades de aglutinante utilizado. La muestra patrón, a la cual no se le añadió aglutinante, presenta un grosor promedio de 130 μm . Las muestras a las que sí se les agregó esta sustancia presentaron los siguientes promedios: la de mayor grosor fue a la que se le añadió 1000 ml de aglutinante (166 μm) y la de menor grosor fue la muestra con 500 ml de dicha sustancia (143 μm).

Tabla 16. Prueba de normalidad de cantidad de hojas de papel

Valor Aglutinante	Shapiro-Wilk		
	SW Contable	SW Teórico	p-value
0 ml	0.820	0.842	sig>0.05
500 ml	0.886	0.842	sig>0.05
750 ml	0.965	0.842	sig>0.05
1000 ml	0.850	0.842	sig>0.05

a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los datos tienen una distribución normal.

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal.

b) Regla de decisión

$\alpha < 0.05$ Se rechaza la H_0

$\alpha > 0.05$ Se acepta la H_0

c) Resultado

La prueba de normalidad muestra un valor de significancia $\alpha > 0.05$, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula H_0 , es decir, que los datos se distribuyen normalmente, y rechazar la hipótesis alternativa H_1 .

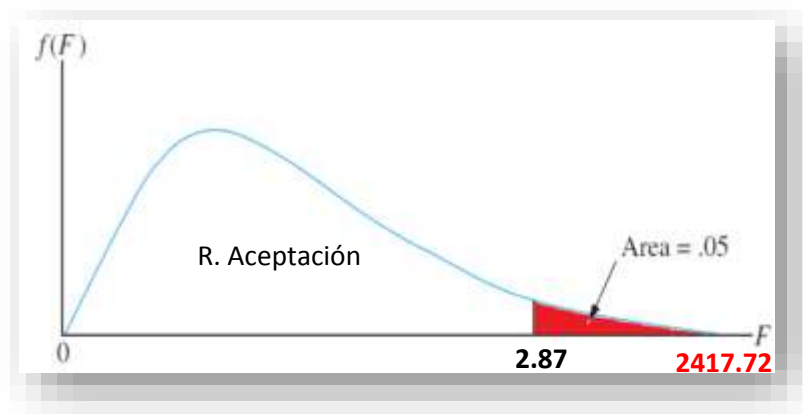
Tabla 17. *Análisis de varianza (Método ANOVA)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7253.166	3	2417.722	6148.681	7.95E-49	2.87
Dentro de los grupos	14.15555	36	0.393209			
Total	7267.322	39	186.3415			

Tabla 18. *Resumen datos $\alpha=0.05$*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	<i>Suma de cuadrados</i>
0 ml	10	1302	130.2	0.62222	5.6
500 ml	10	1432	143	0.22839	2.0555
750 ml	10	1548	155	0.39620	3.5666
1000 ml	10	1665	166	0.32592	2.9333

Figura 12. Nivel de aceptación



a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los grupos tienen medidas idénticas.

H_1 : No todas las medidas son idénticas.

b) Regla de decisión

$F < F_c$ Se rechaza la H_0

$F > F_c$ Se acepta la H_0

c) Resultado

De acuerdo a la prueba de varianza, se encontró un valor $F < F_c$; por lo tanto, se rechaza la H_0 , que señala que las muestras poseen medidas iguales, y se acepta la H_1 .

Así, existe diferencia en la cantidad de fibra obtenida con relación a los métodos de cero porcentaje de cloro y el uso de este al 10%, 15% y 20%.

Tabla 19. Método de Tukey $\alpha=0.05$

Grupo	Promedio	n	Suma de cuadrados	Grados de libertad
0 ml	130.2	10	5.6	
500 ml	143	10	2.0555	
750 ml	155	10	3.5666	
1000 ml	166	10	2.9333	
		40	14.1555	36

Tabla 20. Q Test

<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Promedio</i>	<i>p-value</i>	<i>Decisión</i>
0 ml	500 ml	12.9666	7.993E-15	No
0 ml	750 ml	24.5666	7.993E-15	No
0 ml	1000 ml	36.2666	7.771E-15	No
500 ml	750 ml	11.6	7.993E-15	No
500 ml	1000 ml	23.3	7.993E-15	No
750 ml	1000 ml	11.7	7.993E-15	No

Según los resultados, se observa que no existe una diferencia significativa en relación a las medidas.

4.1.4. Tiempo

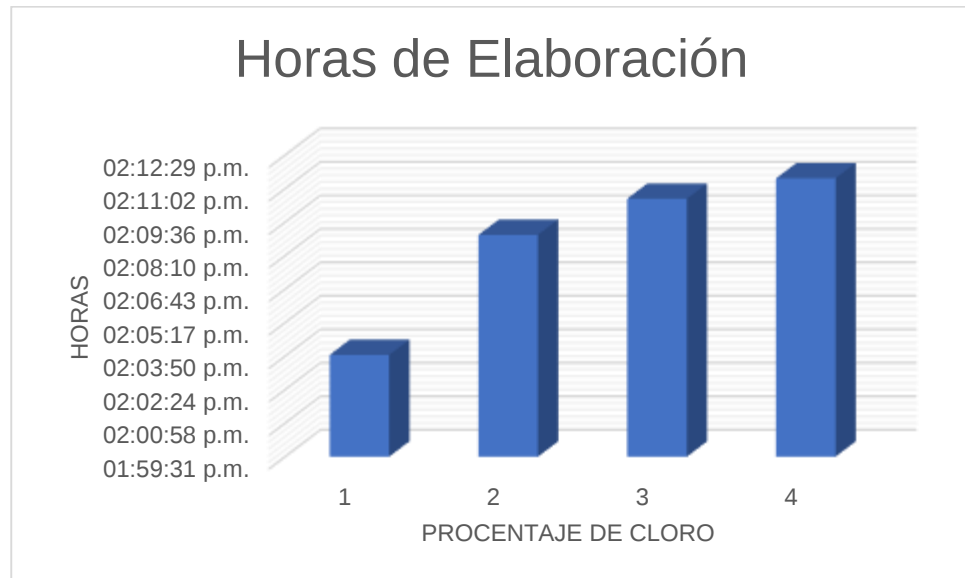
4.1.4.1. Tiempo en cloro

Tabla 21. *Tiempo de elaboración con factor cloro*

Tiempo de elaboración (Horas)				
Nº Repetición	Cloro			
	0%	10%	15%	20%
1	14:04:04	14:08:34	14:09:49	14:11:48
2	14:09:29	14:08:02	14:11:27	14:10:19
3	14:01:09	14:09:43	14:10:55	14:12:26
4	14:10:41	14:10:10	14:10:26	14:10:58
5	13:57:24	14:08:56	14:09:18	14:11:38
6	14:02:32	14:08:38	14:11:30	14:12:06
7	13:52:26	14:09:03	14:10:47	14:11:44
8	14:07:07	14:07:19	14:11:14	14:11:19
9	14:03:17	14:10:48	14:09:06	14:10:37
10	14:10:48	14:09:21	14:11:33	14:11:59

En la tabla 21, se observa el tiempo necesario para obtener el papel artesanal a partir de la boñiga en las diferentes repeticiones en función a las muestras con concentraciones de cloro distintas. Se visualiza que con el prototipo patrón se emplearon 13:52:26 horas para el procesamiento. Con respecto a las muestras con concentraciones, la que más tiempo tomó fue aquella al 20% de cloro (14:12:26 horas), mientras que la de menor tiempo fue la sometida al 10% de dicho blanqueador (14:07:19 horas).

Figura 13. Horas de elaboración



En la Figura 13, se observan los promedios de horas que se invirtieron para elaborar las hojas en cada repetición en función a los diferentes porcentajes de cloro utilizado. Se visualiza que, para alcanzar el mayor grosor al 20% de cloro, se invirtieron, en promedio, 14:12:29 horas, mientras que la muestra patrón tomó, en promedio, 14:03:54 horas, es decir, el menor tiempo de todo el proceso. Finalmente, la muestra con concentración del 10% de cloro demoró, aproximadamente, 14:09:03 horas.

Tabla 22. Prueba de normalidad de cantidad de hojas de papel

Valor Aglutinante	Shapiro-Wilk		
	SW Contable	SW Teórico	p-value
0 %	0.938	0.842	sig>0.05
10 %	0.993	0.842	sig>0.05
15 %	0.884	0.842	sig>0.05
20 %	0.954	0.842	sig>0.05

a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los datos tienen una distribución normal.

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal..

b) Regla de decisión

$\alpha < 0.05$ Se rechaza la H_0

$\alpha > 0.05$ Se acepta la H_0

c) Resultado

La prueba de normalidad muestra un valor de significancia $\alpha > 0.05$, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis nula H_0 , es decir, que los datos se distribuyen normalmente, y rechazar la hipótesis alternativa H_1 .

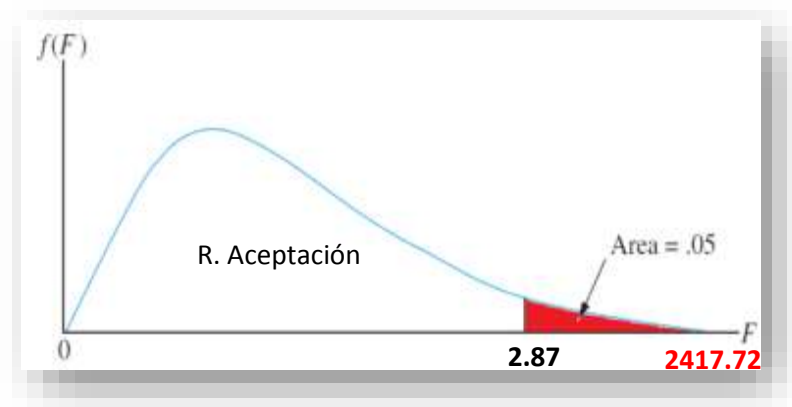
Tabla 23. *Análisis de varianza (Método ANOVA)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7253.1667	3	2417.7222	6148.681	7.952E-49	2.87
Dentro de los grupos	14.155556	36	0.3932098			
Total	7267.3222	39	186.34159			

Tabla 24. *Resumen datos $\alpha=0.05$*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	<i>Suma de cuadrados</i>
0 ml	10	1302	130.2	0.62222	5.6
500 ml	10	1432	143	0.22839	2.05555
750 ml	10	1548	155	0.39629	3.56666
1000 ml	10	1665	166	0.32592	2.93333

Figura 14. Nivel de aceptación



a) Prueba de hipótesis

H_0 : Los grupos tienen medidas idénticas.

H_1 : No todas las medidas son idénticas.

b) Regla de decisión

$F < F_c$ Se rechaza la H_0

$F > F_c$ Se acepta la H_0

c) Resultado

De acuerdo a la prueba de varianza, se encontró un valor $F < F_c$; por lo tanto, se rechaza la H_0 , es decir, que los grupos poseen medidas iguales, y se acepta la H_1 .

Existe diferencia en la obtención de cantidad de fibra cuando se usa el método de cero porcentaje de cloro en relación a la utilización de este blanqueador al 10%, 15% y 20%.

Tabla 25. Método de Tukey $\alpha=0.05$

<i>Grupo</i>	<i>Promedio</i>	<i>n</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>
0 ml	130.2	10	5.6	
500 ml	143	10	2.055556	
750 ml	155	10	3.566667	
1000 ml	166	10	2.933333	
		40	14.15556	36

Tabla 26. Q Test

<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Promedio</i>	<i>p-value</i>	<i>Decisión</i>
0 ml	500 ml	12.966	7.9936E-15	No
0 ml	750 ml	24.566	7.9936E-15	No
0 ml	1000 ml	36.266	7.7716E-15	No
500 ml	750 ml	11.600	7.9936E-15	No
500 ml	1000 ml	23.300	7.9936E-15	No
750 ml	1000 ml	11.700	7.9936E-15	No

De los resultados, se constata que no existe una diferencia significativa entre las medidas.

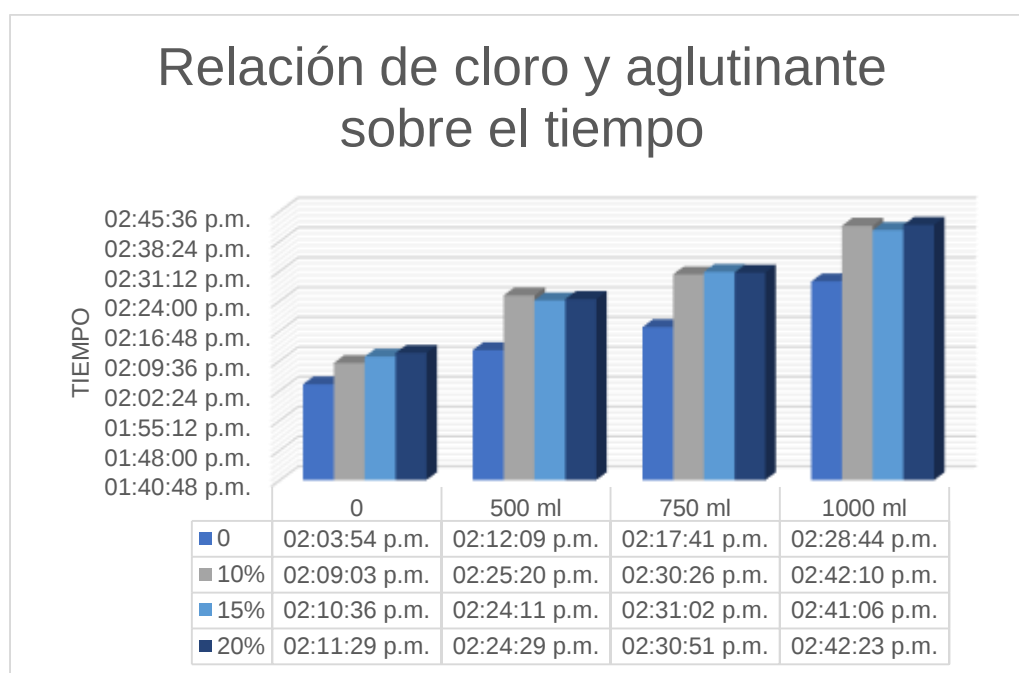
4.1.4.2. Interacción del cloro y aglutinante sobre el tiempo

Tabla 27. Tiempo de elaboración dos factores

		Aglutinante			
		0	500 ml	750 ml	1000 ml
Cloro	0	14:03:54	14:12:09	14:17:41	14:28:44
	10%	14:09:03	14:25:20	14:30:26	14:42:10
	15%	14:10:36	14:24:11	14:31:02	14:41:06
	20%	14:11:29	14:24:29	14:30:51	14:42:23

En la tabla 27, se observa la interacción del porcentaje de cloro y la cantidad de aglutinante. Se visualiza que la combinación que presenta menor tiempo de producción es la muestra patrón, (14:03:54 horas). Con relación a los prototipos con agregados, la muestra con combinación al 15% de cloro y 500 ml de aglutinante presenta un menor tiempo de producción (14:24:11 horas), mientras que la combinación con mayor tiempo de producción fue a la que se le agregó 20% de cloro y 1000 ml de aglutinante (14:42:03 horas).

Figura 15. Relación del cloro y aglutinante sobre el tiempo



En la Figura 15, se visualizan las concentraciones de cloro y la cantidad de aglutinante. Se observa que la muestra patrón con diferentes cantidades de aglutinante presenta los tiempos de producción más bajos. Con respecto a los prototipos en los que no se utilizó aglutinante, el que menos tiempo demora es aquel al 10% de cloro (14:09:03 horas) y el de mayor tiempo es aquel con 20% de cloro.

Tabla 28. *Análisis de varianza (Método ANOVA dos factores)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.00018	3	6.1812E-05	42.049	1.2766E-05	3.86
Columnas	0.00089	3	0.000298	202.722	1.4043E-08	3.86
Error	1.3E-05	9	1.47E-06			
Total	0.00109265	15				

Tabla 29. *Resumen datos $\alpha=0.05$*

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0%	4	09:02:28	14:15:37	5.2375E-05
10%	4	09:46:59	14:26:45	9.099E-05
15%	4	09:46:55	14:26:44	7.8988E-05
20%	4	09:49:13	14:27:18	8.0053E-05
0 ml	4	08:35:03	14:08:46	5.5661E-06
500 ml	4	09:26:09	14:21:32	1.9013E-05
750 ml	4	09:50:00	14:27:30	2.0657E-05
1000 ml	4	10:34:23	14:38:36	2.0985E-05

H₀: La concentración de cloro no influye en el secado de las hojas.

H₁: La concentración de cloro influye en el secado de las hojas.

Debido a que F es mayor que el valor crítico, se rechaza la H₀, es decir, que la concentración de cloro sí influye en el tiempo de secado de las hojas producidas.

H₀: La cantidad de aglutinante no influye en el secado de las hojas.

H₁: La cantidad de aglutinante influye en el secado de las hojas.

Debido a que F es mayor que el valor crítico, se rechaza la H₀, es decir, que la cantidad de aglutinante sí influye en el tiempo de secado de las hojas producidas.

4.1.5. Interpretación de hipótesis

Según los resultados obtenidos y en relación con las hipótesis planteadas, se puede confirmar lo siguiente:

- Se comprueba la validez de la primera hipótesis específica, que establece la presencia de más del 50% de fibra en la muestra de boñiga analizada. Este hecho evidencia la viabilidad de este recurso en la producción de papel ecológico.
- Se descarta la segunda hipótesis específica y se determina que una concentración del 20% de hipoclorito de sodio representa el porcentaje óptimo para la clarificación de la fibra en el proceso de elaboración de papel artesanal.
- Se valida la tercera hipótesis específica, al comprobar que el espesor del papel obtenido se encuentra dentro del rango establecido, es decir, fluctúa entre 130 y 167 μm , conforme a las condiciones experimentales empleadas en el proceso de producción.
- Se confirma la hipótesis general, que establece la viabilidad de producir 10 láminas de papel en formato A4. Esto evidencia la efectividad del proceso experimental para la producción de papel a partir de la boñiga como materia prima.

4.2. Discusiones

- En la tabla 30, se observan los promedios de la cantidad de fibra obtenida con las muestras a diferentes concentraciones de cloro. Se visualiza que el prototipo con mayor cantidad de fibra (0.5143 Kg) es aquel al 0% de cloro, mientras que el combinado al 20% disminuye la cantidad de fibra (0.4961 Kg). En ese sentido, se deduce que la cantidad de fibra es inversamente proporcional a la cantidad de hipoclorito de sodio.

Además, se advierte que entre las muestras con diferentes porcentajes de hipoclorito de sodio, la que mejor cantidad de fibra logró fue la combinación al 10%.

Tabla 30. Promedio de fibra obtenida a diferentes concentraciones de cloro

N° Repetición	CLORO			
	0%	10%	15%	20%
1	0.520	0.506	0.501	0.499
2	0.533	0.504	0.508	0.503
3	0.536	0.511	0.500	0.501
4	0.528	0.502	0.498	0.494
5	0.492	0.501	0.482	0.496
6	0.508	0.503	0.507	0.495
7	0.516	0.507	0.494	0.496

8	0.497	0.495	0.501	0.491
9	0.496	0.504	0.482	0.483
10	0.517	0.507	0.497	0.503
	0.5143	0.504	0.497	0.4961

- Se determina que la elección del agente blanqueador y su concentración responden a un balance entre el nivel de blancura deseado y la integridad de la fibra.
- En el presente estudio, se utilizó hipoclorito de sodio (NaClO) en una concentración del 20%. Esta elección coincide con las investigaciones de Cieza (2018) y Velázquez (2018), quienes señalan que el uso de NaClO en esta proporción optimiza el blanqueamiento de la fibra sin comprometer la integridad de las fibras vegetales, lo cual permite lograr resultados aceptables en términos de color y resistencia del papel final. Por otro lado, Mora (2021), Chuiza (2022), Figueroa y Japay (2023), y Cóndor (2018), en sus respectivas investigaciones, emplearon hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración al 10%, argumentando que esta proporción es suficiente para la apertura de la estructura fibrosa sin necesidad de recurrir a mayores porcentajes, y que disminuye el impacto ambiental y los gastos de procesamiento; sin embargo, sus resultados muestran variaciones en cuanto al nivel de blanqueamiento en comparación con el NaClO. Por otra parte, Andy (2020) y Otárola (2022) aplicaron NaOH en una concentración del 5%, puesto que, según su juicio, este porcentaje reduce los daños al medio ambiente y disminuye la degradación de la fibra. Sin embargo, algunos estudios, como el de Díaz (2022) que utilizó una concentración de 15% de NaOH, sugieren que concentraciones más altas optimizan el proceso de blanqueamiento y logran un equilibrio entre blancura y resistencia. Chang (2019) se alinea con esta perspectiva al emplear un 20% de NaOH en su investigación, mientras que Salgado (2017) rebasa estos porcentajes al utilizar un 30% en su estudio, pues, a su parecer, esta concentración permite obtener fibras de una blancura superior. No obstante, debe considerarse que esta proporción genera una mayor degradación de la fibra. Desde otro enfoque, Espinoza y Marcilla (2019) y Minaya (2018) tuvieron criterios más conservadores al usar un 8% y 2% de NaOH respectivamente, esto debido a que su objetivo más importante fue minimizar el daño ambiental y no tanto lograr la blancura del producto.

Figura 16. Clarificación de papel artesanal



- Como podemos observar en la tabla 31, a partir de la muestra patrón, en promedio, se logró una cantidad de 11 pliegos de papel tamaño A4 y 3 pliegos de tamaño A5, lo que suma un total de 47 pliegos de papel A5. Si se comparan los prototipos con tres concentraciones distintas de hipoclorito de sodio, se observa que, entre estos, la mayor cantidad de papel se elaboró con aquel que tenía una concentración al 10% de hipoclorito de sodio. Así, se obtuvieron 11 pliegos de papel A4 y 2 pliegos A5, lo que suma un total de 24 pliegos de papel tamaño A5, lo que implica un aprovechamiento eficiente de los recursos.

Es importante cotejar nuestros resultados con los antecedentes de este estudio. Por ejemplo, Mora (2021) logró obtener 20 láminas A5 utilizando 0.90 kg de materia prima, lo cual implica que el rendimiento es ligeramente menor. Sin embargo, si se considera que la diferencia entre materia prima es mínima, los resultados serían similares a los de nuestro estudio. Por su parte, Chuiza et al. (2022), con 0.97 kg de materia prima, también alcanzaron 24 láminas A5, lo cual se alinea directamente con los resultados de esta tesis, lo que sugiere un proceso de producción con una eficiencia similar. Sin embargo, ambos estudios superan en rendimiento a investigaciones como la de Espinoza y Marcilla (2019), quienes con 2.404 kg de materia prima obtuvieron 36 láminas A5. Esto sugiere que, aunque el volumen de láminas es mayor, la cantidad de materia prima utilizada es considerablemente superior, lo que indica un proceso menos eficiente en términos de consumo de fibra por lámina. Por otro lado, Velásquez (2018) y Cieza (2020) reportaron un rendimiento de 58 láminas A5 cada uno, utilizando 5 kg de materia prima. Aunque el volumen de láminas producidas es notablemente mayor, el consumo de materia prima también es considerable, lo que implica una eficiencia menor si se compara con la cantidad de láminas obtenidas por kilogramo. Estos resultados muestran que, si bien los estudios de Velásquez y Cieza pueden generar

más unidades finales, el consumo de recursos podría ser menos sostenible si se busca optimizar la producción. Finalmente, Condor (2018) obtuvo 30 láminas A5 utilizando 2 kg de materia prima, lo que representa un balance intermedio, puesto que logró un mayor volumen de láminas en comparación con el presente estudio y otras investigaciones; sin embargo, debe considerarse que empleó una cantidad de materia prima mayor. En definitiva, en el presente estudio, al igual que los trabajos de Chuiza (2022) y Mora (2021), se logró un nivel de eficiencia superior en cuanto a la cantidad de láminas obtenidas por kilogramo de materia prima.

Tabla 31. *Papel tamaño A4 obtenida a diferentes concentraciones de cloro*

N° Repetición	Cloro			
	0%	10%	15%	20%
1	12.00	11.75	11.50	11.50
2	12.25	11.75	11.75	11.75
3	12.50	11.75	11.50	11.75
4	12.25	11.50	11.50	11.50
5	11.50	11.50	11.00	11.50
6	11.75	11.50	11.75	11.50
7	11.75	11.75	11.50	11.50
8	11.50	11.50	11.50	11.25
9	11.50	11.50	11.25	11.00
10	11.75	11.75	11.50	11.50
	11.875	11.625	11.475	11.475

- Con relación a la composición de las fibras y los métodos de prensado y secado, en el presente estudio, se obtuvo un espesor de 0.148 mm. Este valor se sitúa en el rango medio en comparación con otras investigaciones, por lo que podría considerarse adecuado para aplicaciones de papel ecológico de uso general. En relación a los estudios preliminares, Mora (2021), Chuiza (2022) y Velásquez (2018) reportaron espesores de 0.110 mm, y Andy (2020) llegó a obtener un espesor de 0.060 mm. Estos, especialmente el último, son uno de los valores más delgados en comparación con otros trabajos, y si bien puede ser ventajoso para aplicaciones donde se requiere un papel más ligero, podría comprometer la durabilidad o resistencia del producto. En contraste, Escamilla (2020) consiguió un espesor de 0.400 mm y Díaz (2022) alcanzó 1 mm, valores que indican un papel considerablemente más grueso. Este tipo de espesor puede ser beneficioso para productos de papel que requieren mayor rigidez o resistencia, aunque podría limitar la flexibilidad y aumentar el peso del material, lo cual lo aleja del perfil de un papel ecológico de uso cotidiano. Por otro lado, autores como Otárola (2022),

con un espesor de 1.84 mm, y Chang (2019), con 0.810 mm, reportaron los mayores espesores de papel en sus respectivos trabajos de investigación. Estos productos, de características similares al cartón, podrían utilizarse en aplicaciones especiales donde se requiere un soporte más robusto y rígido. Sin embargo, el espesor excede los requerimientos típicos para papel ecológico y podrían no ser prácticos en algunos contextos de uso común. En un rango intermedio, Salgado (2017), y Figueroa y Japay (2023) obtuvieron espesores de 0.750 mm y 0.580 mm respectivamente, lo cual puede brindar un balance entre resistencia y flexibilidad. Aunque son valores superiores a los del presente estudio, estos podrían ser adecuados para aplicaciones de papel que requieren una durabilidad adicional sin llegar a la rigidez extrema del cartón. Finalmente, Condor (2018) y Cieza (2018) presentaron valores similares al de esta tesis, con espesores de 0.150 mm y 0.145 mm respectivamente. Estos resultados son comparables y sugieren que los métodos y procesos de fabricación empleados en estos estudios han producido un papel de espesor moderado, suficiente para aplicaciones ecológicas de uso general, y con un balance adecuado entre resistencia y flexibilidad.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La muestra tratada con el 10% de hipoclorito de sodio presentó la mayor eficiencia en la obtención de fibra, y logró un rendimiento de 0.5040 kg. Aunque ligeramente inferior a la muestra patrón (0.5143 kg), este tratamiento demuestra ser el más efectivo entre las alternativas evaluadas, puesto que optimiza la extracción de fibra en términos de proporción y calidad del material obtenido.
- La proporción óptima para la clarificación del papel artesanal elaborado a partir de boñiga es una concentración al 20% de hipoclorito de sodio. Este nivel garantiza una adecuada remoción de impurezas, y logra una mayor blancura y uniformidad en el papel.
- El espesor del papel artesanal cambia notablemente según la concentración de hipoclorito de sodio utilizado en el proceso de clarificación. El menor espesor registrado fue de 130 μm con una concentración del 10%, mientras que el mayor espesor, de 166 μm , se obtuvo con una concentración del 20%. Los pliegos terminados son inodoros, lo cual indica una adecuada eliminación de residuos volátiles. Además, el tiempo de elaboración del papel fluctuó entre 14 horas 08 minutos y 46 segundos (sin cloro ni aglutinante) y 14 horas 38 minutos y 36 segundos (con 20% de cloro y 1000 ml de aglutinante), lo que refleja la influencia de los aditivos en el proceso de producción.
- A partir de un kilogramo de boñiga, la producción de papel artesanal varía según la concentración de hipoclorito de sodio utilizada. Con una concentración del 0%, se obtuvieron en promedio 11 hojas tamaño A4 y 3 hojas tamaño A5, mientras que con una concentración del 10%, el rendimiento fue de 11 hojas tamaño A4 y 2 hojas tamaño A5. Estos resultados indican que el uso de hipoclorito de sodio afecta levemente la cantidad de papel producido, posiblemente, debido a cambios en las propiedades de la fibra durante el proceso de clarificación.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda incentivar la producción y utilización de papelería no tradicional como alternativa de reúso de materia orgánica.
- Se sugieren realizar pruebas más especializadas, de gramaje, rasgado y absorción de color, entre otros, al producto final.
- Se recomienda difundir la producción de papel a base de boñiga en las zonas ganaderas como alternativa de economía circular.
- Se sugiere que las autoridades fomenten la generación de este papel con el fin de incentivar una economía sostenible que garantice el reúso de la boñiga.

REFERENCIAS

1. GALLARDO, K. Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana. Tesis (Grado de Maestría). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. [fecha de consulta: 10 de junio de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1222>
2. AI, J. y U. TSCHIRNER. Fiber length and pulping characteristics of switchgrass, alfalfa stems, hybrid poplar and willow biomasses. *Bioresource Technology* [en línea]. Enero, 2010, 101 (1), 215-221 [fecha de consulta: 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.090>
3. JIMÉNEZ-MUÑOZ, E. *et al.* Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de *Agave salmiana* B. Otto ex Salm. optimización. *DYNA* [en línea]. Marzo, 2017, 84 (200), 253-260 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49650910031.pdf>
4. FOOD and Agriculture Organization (FAO). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La ganadería, a examen* [en línea]. Roma: FAO, 2019 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. ISBN 978-92-5-306215-7. Disponible en: <https://www.fao.org/4/i0680s/i0680s.pdf>
5. FOOD and Agriculture Organization (FAO). La Larga Sombra del Ganado. *Problemas Ambientales y Opciones* [en línea]. Roma: FAO, 2009 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. ISBN 978-92-5-305571-5. Disponible en: <https://www.fao.org/4/a0701s/a0701s.pdf>
6. MINISTERIO de Salud (MINSA). *Boletín epidemiológico del Perú* [en línea]. Lima: Ministerio de Salud, 2023 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.dge.gob.pe/epipublic/uploads/boletin/boletin_202450_28_124447.pdf
7. SERRATO, R. *et al.* Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra Latinoamericana* [en línea]. Julio-Septiembre, 2002, 20(3), 329-336 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. E-ISSN: 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320312.pdf>.
8. MINISTERIO de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). *Anuario Estadístico. Producción Ganadera y Avícola 2022* [en línea]. Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2023 [fecha de consulta: 28 de agosto de 2023]. Disponible en: https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/pecuaria/pecuaria_2022.pdf
9. VERA-ROMERO, I. *et al.* Potencial de generación de biogás y energía eléctrica, Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería, Investigación y Tecnología* [en línea]. Julio-

Septiembre, 2014, 15 (3), 429-436 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70352-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70352-X)

10. ARNEDO, R. *et al.* *Guía práctica para implementar la economía circular en las pymes* [en línea]. Madrid: AENOR Internacional, 2020, [fecha de consulta: 28 de agosto de 2023]. ISBN: 978-84-17891-25-1. Disponible en: https://media.timtul.com/media/web_aespackaging/guia%20practica%20Ec.Circular%20Pymes.%20AENOR_20201105140953_20201209085515.pdf

11. HERNÁNDEZ, R. *et al.* *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill, 2014.

12. FOOD and Agriculture Organization (FAO). La Bioenergía y los biocombustibles. 2013. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Sf_BIOENERGY.pdf

13. FABELA, M. *et al.* *Elaboración de hojas de papel a partir de estiércol de vaca*. Trabajo de curso. México: Instituto Tecnológico Nacional de México, 2020 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/485836903/segundo-avance-Elaboracion-de-hojas-de-papel-a-base-de-heces-de-vaca>

14. GARCÍA, A. y J. ARMIÑANA. *Procedimientos y técnicas pictóricas* [en línea]. Murcia: Universidad de Murcia, 2023 [fecha de consulta: 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/4874468/10241949/u.t.-9.-las-tecnicas-pictoricas.-generalidades-y-clasificacion.pdf/80606a09-ecc1-4e23-b8d3-9405d7ec8469>

15. MONTES, D. Uso del cloro como sanitizante. 2020 [fecha de consulta: 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.oirsa.org/contenido/2020/PRESENTACION%20USOS%20DEL%20CLORO%20OIRSA.pdf>

16. RAMÍREZ, A., DANIEL, A. y RODRÍGUEZ- RODRÍGUEZ, L. Manufactura artesanal de papel. *Revista de Ingeniería Industrial* [en línea]. Abril-Junio, 2020, 4(12), 13-29 [fecha de consulta: 17 de julio de 2023]. ISSN: 2523-0344. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351384377_Manufactura_artesanal_de_papel

17. MORA, L. Diseño de un proceso industrial para la obtención de papel ecológico a partir del estiércol de ganado vacuno en la parroquia Dureno del Cantón Lago Agrio. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2021. 121 pp. [fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16754>

18. ESCAMILLA, R. *et al.* Elaboración del papel ecológico empleando estiércol de ganado bovino. *Revista Ingeniantes* [en línea]. 2020, 1 (2), 18-23 [fecha de consulta: 13 de julio de 2023]. Disponible en:

<https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes2no2vol1/3.%20Elaboración%20de%20papel%20ecológico%20empleando%20estiércol%20de%20ganado%20bovino..pdf>

19. DÍAZ, C. Fabricación de papel como aprovechamiento de residuos provenientes del café (pulpa y celulosa) en el municipio de Villarrica-Tolima. Trabajo de Grado (Título de Ingeniero Químico). Bogotá: Fundación Universidad de América, 2022. 72 pp. [fecha de consulta: 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9089>

20. ANDY, L. Elaboración de papel artesanal a base de residuos vegetales de los tallos de maíz (*Zea mays* L.) y cascara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) utilizando los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner. Proyecto de Investigación. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2020. 46 pp. [fecha de consulta: 27 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6567>

21. OTÁLORA, M. y S. IGUARÁN. Obtención de papel artesanal a partir de afrecho de malta proporcionada por la empresa Merak Colombia. Proyecto Integral de Grado (Título de Ingeniero Químico). Bogotá: Fundación Universidad de América, 2022. 123 pp. [fecha de consulta: 31 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9040>

22. CHANG, G. y H. HEREDIA. Evaluación de la influencia de la taralla de maíz (*Zea mays*) en la obtención de papel ecológico. Tesis de Licenciatura. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 2019. [fecha de consulta: 18 de julio de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1213>

23. CHUIZA, M. *et al.* Diseño de un proceso industrial para la obtención de papel ecológico a partir del estiércol de ganado vacuno en la parroquia Dureno del cantón Lago Agrio. *AlfaPublicaciones* [en línea]. 2022, 4(2), 6-25. [fecha de consulta: 21 de julio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/ap.v4i2.2.211>

24. SALGADO-GARCÍA, S. *et al.* Papel artesanal de paja de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* [en línea]. Noviembre, 2017, 10(11), 48-53 [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA530914346&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7Efad68c62&aty=open-web-entry>

25. HERRERA, T. y E. HOYOS. Elaboración de papel ecológico usando bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y bagazo de beterraga (*Beta vulgaris*), Chiclayo. Tesis

(Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2021. 52 pp. [fecha de consulta: 31 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72173>

26. ESPINOSA, Y. y K. MARCILLA. Fabricación de papel artesanal utilizando celulosa de *Scirpus lacustris* (Junco) del río Cabanillas, Juliaca, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. 62 pp. [fecha de consulta: 31 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44914>

27. VELÁSQUEZ, D. Producción de papel artesanal a partir de los residuos de la corona de la piña (*Ananas comosus*) generados en el mercado Unicachi - Comas, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 103 pp. [fecha de consulta: 31 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/57367>

28. FIGUEROA, Z. y J. JAPAY. Elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos de *Passiflora edulis* y *Persea americana* provenientes de una agroindustria en Chilca – 2023. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2023. 83 pp. [fecha de consulta: 31 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/132239>

29. CONDOR, M. Uso del raquis del plátano de Aucayacu para la elaboración del papel ecológico en el laboratorio 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 92 pp. [fecha de consulta: 31 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98806>

30. CIEZA, Y. Utilización de la corona de piña (*Ananas comosus*) para la elaboración de papel ecológico. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. 60 pp. [fecha de consulta: 01 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48463>

31. MINAYA, C. *et al.* Elaboración de papel biodegradable a partir de hojas de maíz blanco (*Zea mays L.*). *Revista Yachaq* [en línea]. 2018, 1(1), 47–56 [fecha de consulta: 01 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.46363/yachaq.v1i1.46>

32. DÍAZ, H. *El Mundo del Papel. Pulpa y Papel* [en línea]. 1990 [fecha de consulta: 01 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/154868831/Diagnostico-Del-Sector-de-Industria-de-Papel-y-Carton-1-176-204-392-3984>

33. MINISTERIO de Energía y Minas (MINEM). *Guía de Orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético*. 2016 [fecha de consulta: 31 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/25400-guias-de-orientacion-del-uso-eficiente-de-la-energia>

34. PERALTA, C. *et al.* Planeamiento Estratégico de la Industria Peruana de Papeles y Cartones. Tesis (Grado de Magíster en Administración de Empresas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. 141 pp. [fecha de consulta: 01 de setiembre de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8945>
35. BAJPAI, P., BAJPAI, P.K. y KONDO, R. *Biotechnology for Pulp and Paper Industry* [en línea]. Hong Kong: Springer Science & Business Media, 2012 [fecha de consulta: 01 de febrero de 2023]. ISBN 978-3-642-60136-1. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=n0erBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=Biotechnology+for+Pulp+and+Paper+Processing&ots=7dzT58YyGH&sig=UzeExzPq4uHvToZWuptqRRCy_I#v=onepage&q=Biotechnology%20for%20Pulp%20and%20Paper%20Processing&f=false
36. ROWELL, R (Ed.). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites* [en línea]. Boca Ratón: CRC Press, 2005 [fecha de consulta: 01 de febrero de 2023]. ISBN 9780429209000. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9780203492437>
37. SARKANEN, K. y C. Ludwig (Eds.) *Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions* [en línea]. New York: Wiley Interscience, 1972 [fecha de consulta: 01 de mayo de 2023]. ISBN 19710606869. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19710606869>
38. TAPPI. Grammage of paper and paperboard (weight per unit area) (Revision of T 410 om-08). *Tappi Stand*, 2013, p. 1-14.
39. BORCH, J. *et al.* *Handbook of Physical Testing of Paper* [en línea]. Segunda edición. New York: CRC Press, 2001 [fecha de consulta: 01 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9780203910498>
40. TAPPI 411. Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board. Technical Association of Pulp and Paper Industry, 2005.
41. INTERNATIONAL Organization for Standardization (ISO). *Paper and board: Determination of thickness, density and specific volume*. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.
42. GREENPEACE. *Deforestation*. 2021 [fecha de consulta: 01 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.greenpeace.org.au/our-work/forests/australian-deforestation/>
43. BAJPAI, Pratima. *Green Chemistry and Sustainability in Pulp and Paper Industry* Switzerland: Springer-Nature, 2015.

44. EMISSION Standards Division. *Pulp, Paper, and Paperboard Industry*. 2022. [fecha de consulta: 01 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.epa.gov/eg/pulp-paper-and-paperboard-effluent-guidelines&ved=2ahUKEwiGq-bayY6LAXV0rZUCHeNQJnYQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw26EcX_C0uePCTzmxvm29c

45. INTERNATIONAL Energy Agency (IEA). Tracking Clean Energy Progress 2023. Assessing critical energy technologies for global clean energy transition [fecha de consulta: 22 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023>

46. EUROPEAN Environment Agency (EEA). Data viewer on greenhouse gas emissions and removals, sent by countries to UNFCCC and the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism (EU Member States). 2024 [fecha de consulta: 22 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/greenhouse-gases-viewer-data-viewers?activeTab=8a280073-bf94-4717-b3e2-1374b57ca99d>

47. JIMÉNEZ, M. *et al.* Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia* [en línea]. Marzo, 2019-2020, 11(23) [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 2007-0705. Disponible en: <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>

48. RUIZ, B. Diseño de un biodigestor para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el cc.pp. las canteras del distrito de Pátapo - Chiclayo - Lambayeque. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Eléctrico). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2020. 56 pp. [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2498>

49. MACHACA, A. Niveles de guano de islas y té de estiércol de cuy en el rendimiento del cultivo de arveja verde (*Pisum Sativum* L.). en la irrigación Majes de Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. 58 pp. [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6246>

50. CAMPOS, B. Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. *Revista Ciencias Técnicas agropecuarias* [en línea]. Abril-Junio, 2011, 20(02) [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 2071-0054. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542011000200007&script=sci_arttext&tlng=en

51. PALMA, J. *et al.* Fibras vegetales de uso artesanal. Chile: Instituto Forestal, 2021 [fecha de consulta: 08 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/31299>

52. ECO Business Fund. Guía para la fabricación de papel y cartón/reciclaje. 2021 [fecha de consulta: 08 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_la_fabricacion_de_papel_y_carton_reciclaje_con_resumen.pdf

53. CORTÉS, H. y J. PEÑA. De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios* [en línea]. Enero-Junio, 2015, 78, 47–56 [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 0120-8160. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602015000100004&script=sci_arttext

54. ARIAS, J. *et al.* El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. Abril-Junio, 2016, 63(2), 201-206 [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 0002-5151. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

55. FLÓREZ, C. y A. ROJAS. Aprovechamiento potencial de residuos de la agroindustria caldense según su composición estructural. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [en línea]. Julio-Diciembre, 2018, 14(2), 143-151 [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rfcb.3411>

56. GODOY, A. Reciclaje de las heces fecales caninas en el parque Neptuno mediante la elaboración de humus usando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)- distrito de Santiago de Surco. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2018. 110 pp. [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/178/1/Godoy_Angelica_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

57. PÁEZ, J. Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión. Proyecto de Titulación (Título de Ingeniero). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2007. 224 pp. [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/352>

58. ASUNCIÓN, J. *El papel. Técnicas y métodos tradicionales de elaboración*. Tercera Edición. Barcelona: Parramon Ediciones S.A., 2006.

59. CARRASCO, S. *Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: San Marcos E.I.R.L., 2008.

60. VEGA, L. Estabilización del adobe con estiércol de vaca para mejorar el comportamiento mecánico y termodinámico del barro Jecuan, Huaral 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. 65 pp. [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76934>

61. XUNTA de Galicia. *Fibras vegetales, estudio estratégico sobre oportunidades basadas en materiales*. 2021 [fecha de consulta: 11 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.materioteca.gal/wp-content/uploads/2021/11/EstudioEstrategico_FibrasVegetales.pdf

62. AREA, M. *Producción y Usos de la Celulosa Nanofibrilada y Microfibrilada* [en línea]. Misiones: Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales [fecha de consulta: 11 de diciembre de 2023]. Capítulo II: Fibras: Estructura y Topoquímica. ISBN: 978-950-766-140-2. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/107046>

63. PANASA. Papelera Nacional S.A. 2019 [fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://papeleranacional.com>

64. GREENPEACE. Guías para un consumo responsable de productos forestales. El papel. Cómo reducir el consumo y optimizar el uso y reciclaje del papel. 2004 [fecha de consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/reports/el-papel/>

65. PERALTA, C. *et al.* Planeamiento Estratégico de la Industria Peruana de Papeles y Cartones. Tesis (Grado de Magíster en Administración de Empresas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. 141 pp. [fecha de consulta: 01 de setiembre de 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8945>

66. ESPAÑA, J. Las fibras vegetales: materiales ancestrales para un futuro sostenible en el desarrollo de productos. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos* [en línea]. 2019-2020, 221-237 [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 1853-3523. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi87.3767>.

67. GARNICA, J. *et al.* Fabricación manual de papel con fibra genetal. *Revista Digital Práctica Docente* [en línea]. Julio-Septiembre, 2007, 7, 369 - 380 [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 1885-6667. Disponible en: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/107/00120093001110.pdf?sequ>

68. FARAH, N. *et al.* Processing of elephant dung and its utilization as a raw material for making exotic paper. *Research Journal of Chemical Sciences* [en línea]. Agosto, 2014, 4(8), 94

- 103 [fecha de consulta: 22 de julio de 2023]. ISSN 2231-606X. Disponible en:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a93679e9d3cf59aea8de8a551cd903d234698550>

ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico



Figura 17. Reconocimiento de la zona de estudio



Figura 18. Zona del establo donde se encuentran las cabezas de ganado



Figura 19. Producción de boñiga





Figura 23. Remojo de la materia prima en agua destilada



Figura 24. Lavado de la materia prima y eliminación de impurezas



Figura 25. Uso del Cloro para el proceso de blanqueamiento



Figura 26. Proceso de licuado de la muestra



Figura 27. Preparación del aglutinante



Figura 28. Mezcla del aglutinante con el agua donde será diluido la boñiga



Figura 29. Mezcla del agua con aglutinante y la boñiga hasta conseguir su homogeneidad



Figura 30. Proceso de modelado, que consiste en agitar tanto en dirección *horizontal como vertical* hasta conseguir una lámina uniforme



Figura 31. Secado de las láminas de papel artesanal



Figura 32. Toma de medidas del espesor de papel artesanal



Figura 33. Peso de la fibra

Anexo 2: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
General. ¿Cuál es el rendimiento de la boñiga en la fabricación artesanal de papel ecológico de la Granja Escuela de Yucay, provincia de Urubamba – Cusco, 2024? Específicos. ¿Cuál será el porcentaje de fibra conteniente en la boñiga de la Granja Escuela de Yucay? ¿Cuál será el porcentaje optima de cloro que influyera en la clarificación del papel artesanal producido a partir de la boñiga? ¿Cuáles serán las características del papel artesanal producido a partir de la boñiga?	General. Determinar el rendimiento de la boñiga en la fabricación artesanal de papel ecológico de la Granja Escuela de Yucay, provincia de Urubamba – Cusco, 2024. Específicos. Determinar el porcentaje de fibra conteniente en la boñiga de la Granja Escuela de Yucay, necesaria para la fabricación de papel. Determinar la proporción optima de cloro que influiría en la clarificación del papel artesanal producido a partir de la boñiga Definir las características del papel artesanal obtenidas a	H₀: De 1 kg de boñiga se obtiene 12 papeles artesanales. H₁: De 1 Kg de boñiga no se obtiene 12 papeles artesanales. Específicos. La cantidad de fibra que contiene la boñiga es igual o mayor al 50%. El porcentaje optima de cloro que influyera en la clarificación del papel artesanal es de 10%. Las características del papel artesanal obtenida a partir de la boñiga es un de espesor 100 µm – 200 µm.	Dependiente Elaboración de papel artesanal. Indicadores • Tiempo • Rendimiento • Espesor Independiente a) Uso de la boñiga b) Uso de aglutinante c) Uso de cloro Indicadores a) Cantidad de muestra b) Cantidad de dosis c) Porcentaje de Cloro	Tipo de investigación. Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones para una investigación es de tipo aplicada. Nivel de investigación De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características para una investigación descriptivo. Diseño de investigación Cuasiexperimental Población Se ha tomado como universo 200 kg de boñiga diaria producida en la granja. Muestra

	partir de la boñiga de la Granja Escuela de Yucay			La muestra representativa de la población es 1 kg de boñiga.
--	--	--	--	---

Anexo 3: Matriz morfológica

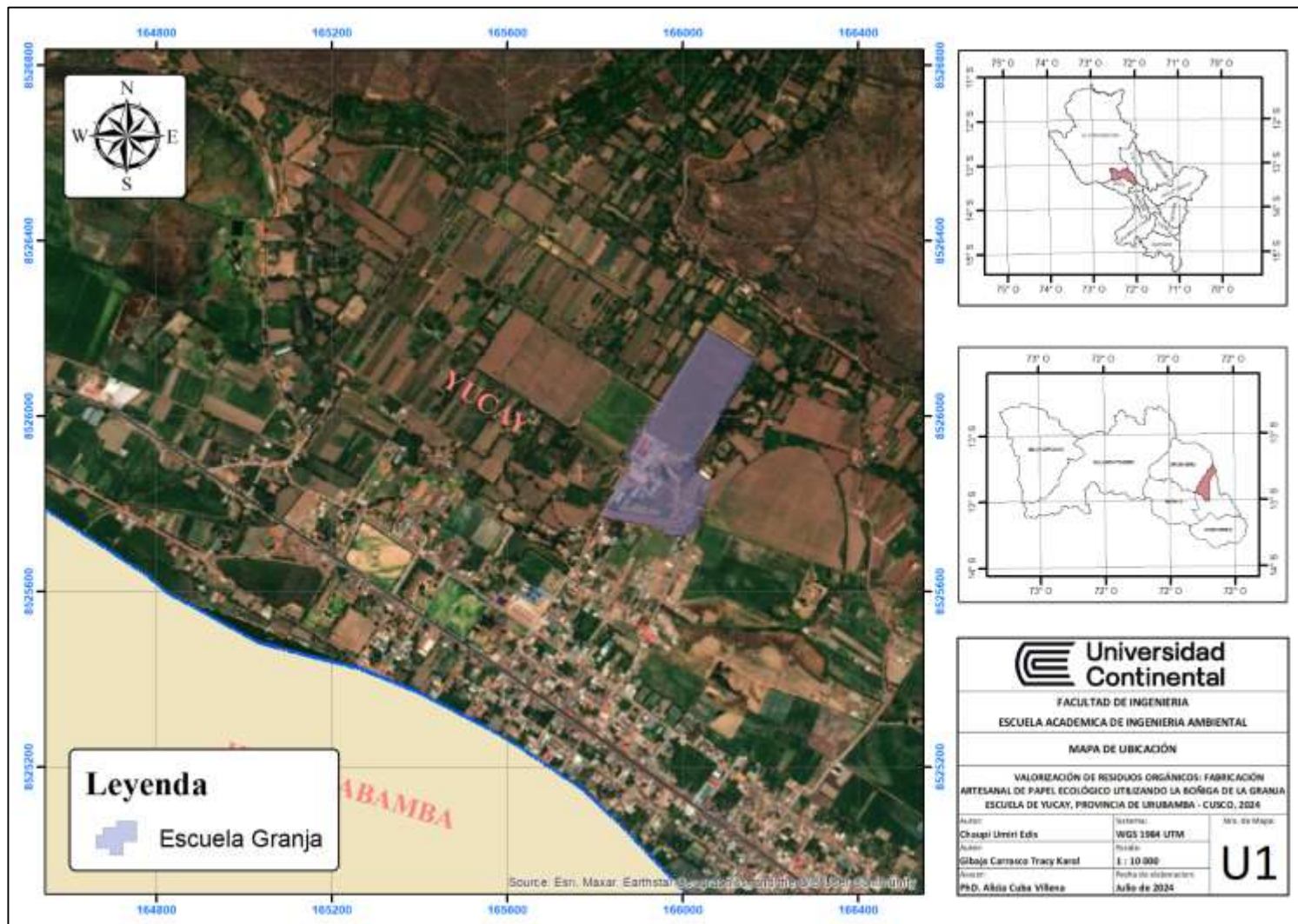
Aspecto / Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Proceso de Recolección	Manual por estudiantes	Mecánica	Colaboración con agricultores locales	Uso de voluntarios
Tratamiento Previo	Secado al sol	Fermentación controlada	Compostaje	Mezcla con otros materiales orgánicos
Proceso de Trituración	Trituración manual	Trituración mecánica	Trituración combinada	Sin trituración (uso directo)
Proceso de Mezclado con Agua	Agua de pozo	Agua de río	Agua reciclada	Agua de lluvia
Agentes de Enlace y Aditivos	Sin aditivos (puro)	Almidón de maíz	Resina natural	Pegamento orgánico
Moldes y Prensas	Moldes de madera	Moldes de metal	Moldes de plástico reciclado	Moldes hechos por estudiantes
Secado del Papel	Secado al sol	Secado en horno	Secado con ventiladores	Secado en invernadero
Calidad y Textura del Papel	Textura rugosa	Textura lisa	Textura mixta	Textura artística (añadiendo hojas/flores)
Uso Final del Papel	Papel de escritura	Papel de dibujo	Papel de embalaje	Papel decorativo

Anexo 4: Datos del estudio

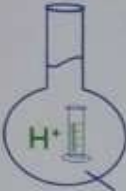
N° Repetición	Muestra Campeón			Aglutinante 500 ml		Aglutinante 750 ml		Aglutinante 1000 ml		N° hojas	N° hojas	
	Fibra	Tiempo	Espeso µm	Tiempo	Espeso µm	Tiempo	Espeso µm	Tiempo	Espeso µm		A4	A6
1	0.520	14:04:04	130	14:12:34		14:17:47		14:28:14		12.00		
2	0.533	14:09:29	131	14:12:41		14:18:33		14:29:26		12.25		
3	0.536	14:01:09	131	14:13:28		14:19:24		14:28:39		12.50		
4	0.528	14:10:41	130	14:10:05		14:16:02		14:31:01		12.25		
5	0.492	13:57:24	129	14:10:39		14:16:37		14:28:46		11.50		
6	0.508	14:02:32	131	14:11:11		14:17:59		14:28:36		11.75		
7	0.516	13:52:26	131	14:11:55		14:16:01		14:27:05		11.75		
8	0.497	14:07:07	129	14:16:46		14:16:53		14:26:31		11.50		
9	0.496	14:03:17	130	14:10:17		14:18:25		14:27:19		11.50		
10	0.517	14:10:48	130	14:11:53		14:19:13		14:31:44		11.75		
PROMEDIO	0.514	14:03:54	130.20	14:12:09		14:17:41		14:28:44		11.88	11	3
N° Repetición	CLORO			Aglutinante		Aglutinante		Aglutinante		N° hojas	N° hojas	
	10%	Tiempo	Espeso µm	500		750		1000			A4	A6
1	0.506	14:08:34	130	14:24:17	142	14:29:01	155	14:42:32	167	11.75		
2	0.504	14:08:02	132	14:26:08	141	14:33:48	156	14:41:40	168	11.75		
3	0.511	14:09:43	130	14:25:20	142	14:28:39	154	14:43:25	167	11.75		
4	0.502	14:10:10	132	14:23:15	142	14:28:23	155	14:42:16	168	11.50		
5	0.501	14:08:56	130	14:24:45	143	14:30:32	154	14:41:13	168	11.50		
6	0.503	14:08:38	131	14:26:07	141	14:27:41	156	14:40:52	167	11.50		
7	0.507	14:09:03	132	14:26:09	142	14:33:24	155	14:40:15	167	11.75		
8	0.495	14:07:19	130	14:24:56	143	14:29:33	155	14:42:19	168	11.50		
9	0.504	14:10:48	132	14:25:28	143	14:31:10	156	14:42:23	167	11.50		
10	0.507	14:09:21	130	14:26:59	142	14:32:05	155	14:44:41	168	11.75		
PROMEDIO	0.504	14:09:03	130.90	14:25:20	142.10	14:30:26	155.10	14:42:10	167.50	11.63	11	2

N° Repetición	CLORO			Aglutinante		Aglutinante		Aglutinante		N° hojas	N° hojas	
	15%	Tiempo	Espeso µm	500		750		1000			A4	A6
1	0.501	14:09:49	130	14:22:52	144	14:31:48	154	14:40:04	167	11.50		
2	0.508	14:11:27	131	14:22:04	143	14:32:11	153	14:42:47	166	11.75		
3	0.500	14:10:55	130	14:25:09	145	14:29:53	155	14:39:41	165	11.50		
4	0.498	14:10:26	132	14:24:47	144	14:32:20	155	14:42:11	167	11.50		
5	0.482	14:09:18	130	14:23:25	143	14:29:16	153	14:41:09	167	11.00		
6	0.507	14:11:30	132	14:25:13	143	14:29:46	156	14:41:26	167	11.75		
7	0.494	14:10:47	130	14:25:42	145	14:32:08	156	14:42:33	166	11.50		
8	0.501	14:11:14	131	14:23:21	144	14:31:51	153	14:40:44	166	11.50		
9	0.482	14:09:06	130	14:25:29	145	14:29:38	154	14:39:19	164	11.25		
10	0.497	14:11:33	132	14:23:46	143	14:31:25	153	14:41:06	166	11.50		
PROMEDIO	0.497	14:10:36	130.80	14:24:11	143.90	14:31:02	154.20	14:41:06	166.10	11.48	11	1
N° Repetición	CLORO			Aglutinante		Aglutinante		Aglutinante		N° hojas	N° hojas	
	20%	Tiempo	Espeso µm	500		750		1000			A4	A6
1	0.499	14:11:48	131	14:25:31	144	14:29:16	156	14:43:24	166	11.50		
2	0.503	14:10:19	130	14:23:48	144	14:30:41	154	14:42:42	167	11.75		
3	0.501	14:12:26	131	14:25:59	143	14:30:20	155	14:41:43	165	11.75		
4	0.494	14:10:58	132	14:24:55	144	14:31:30	155	14:40:53	164	11.50		
5	0.496	14:11:38	130	14:24:17	143	14:31:59	154	14:42:29	164	11.50		
6	0.495	14:12:06	131	14:23:10	143	14:29:48	155	14:43:40	167	11.50		
7	0.496	14:11:44	130	14:24:16	144	14:32:16	155	14:42:20	167	11.50		
8	0.491	14:11:19	131	14:24:00	144	14:30:42	154	14:42:15	166	11.25		
9	0.483	14:10:37	130	14:25:21	143	14:33:00	156	14:40:49	165	11.00		
10	0.503	14:11:59	131	14:23:33	143	14:29:02	156	14:43:35	167	11.50		
PROMEDIO	0.496	14:11:29	130.70	14:24:29	143.50	14:30:51	155.00	14:42:23	165.80	11.48	11	1

Anexo 5: Mapa de ubicación



Anexo 6: Constancia de laboratorio



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIAN Cel: 951562574 - 946887776

CONSTANCIA DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez, administrador del Laboratorio **MC QUIMICALAB** hace constar que

Las bachilleres de la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL CAMPUS CUSCO, **Edis Chaupi Umiri y Tracy Karol Gibaja Carrasco**, han realizado su trabajo de tesis titulado "VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS: FABRICACIÓN ARTESANAL DE PAPEL ECOLÓGICO UTILIZANDO LA BOÑIGA DE LA GRANJA ESCUELA DE YUCAY, PROVINCIA DE URUBAMBA – CUSCO, 2024" durante los días 09 al 19 de julio del año 2024.

El trabajo de laboratorio realizado consistió en el pesado de la materia prima, dosificación de hipoclorito de sodio para lavado, esterilizado, adición de aglutinante, extracción de la fibra con bastidor para la obtención de papel, secado, dimensionamiento del espesor del papel y gramaje.

Se expide la presente constancia a petición verbal del interesado, para los fines convenientes.

Cusco, 19 de julio del 2024



MC QUIMICALAB

Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
ADMINISTRACION
CIP: 238338