

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE DESARROLLO AGROPECUARIO
INGENIERÍA EN AGRONEGOCIOS Y DESARROLLO AGROPECUARIO**

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL EPICARPIO DE LA PIÑA (*Ananas comosus*) PARA
DETERMINAR LA VIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE UN DETERGENTE
ORGÁNICO SOSTENIBLE A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE LOS
SUBPRODUCTOS.**

POR:

WILLIAM GUERNA

4-810-1762

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL EPICARPIO DE *Ananas comosus* PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD EN LA ELABORACIÓN DE UN DETERGENTE ORGÁNICO SOSTENIBLE A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA PIÑA.

TESIS COMO OPCIÓN DE TRABAJO DE GRADO SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN AGRONEGOCIOS Y DESARROLLO AGROPECUARIO.

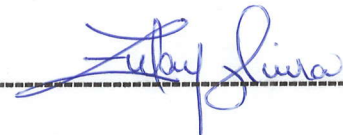
**WILLIAM GUERNA
CÉD. 4-810-1762**

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE DESARROLLO AGROPECUARIO
INGENIERIA EN AGRONEGOCIOS Y DESARROLLO AGROPECUARIO**

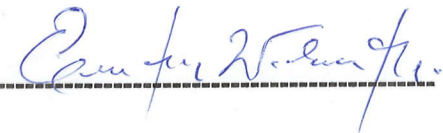
PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

APROBADO POR:

**PROF. ZULAY SUIRA
ASESOR**



**PROF. ENRIQUE WEDEMEYER
COMITÉ EVALUADOR**



**PROF. ROBERTO ATENCIO
COMITÉ EVALUADOR**



DAVID, CHIRIQUÍ REPUBLICA DE PANAMÁ

2026

Agradecimiento

Cada página de este trabajo lleva detrás una historia de esfuerzo, de noches sin dormir y de momentos en los que pensé que no podría continuar. Pero también está llena de amor, compañía y fe, que fueron mi verdadera fuerza para seguir.

A Dios, por guiarme en cada paso y recordarme que todo tiene un propósito. En los días de cansancio me dio calma, y en los de duda me devolvió la certeza de que podía llegar hasta el final.

A mi familia, por estar siempre conmigo en todo momento. Por creer en mí, sostenerme en mis momentos más frágiles y enseñarme que los sueños se defienden con trabajo y humildad.

A mi abuela, cuya vida es una lección de amor, fortaleza y entrega. Ella me enseñó que, aunque el camino sea difícil, siempre vale la pena seguir. Hoy, este logro también es un homenaje a sus enseñanzas y a todo lo que me ha regalado sin pedir nada a cambio.

A mis amigos y compañeros, por las risas en medio del cansancio, por escucharme cuando necesitaba desahogarme y por recordarme que no estaba solo en esta travesía.

A mi tutor de tesis Ing. Zulay Saira Ortiz, por su paciencia y dedicación, por mostrarme que una buena guía es aquella que no solo enseña, sino que inspira.

Este trabajo es mi esfuerzo, pero también es un pedacito del corazón de cada persona que me apoyó. Gracias por caminar conmigo.

William Guerna

Dedicatoria

A Dios, fuente de luz y esperanza, por guiar mis pasos, sostener mi fe y recordarme que cada esfuerzo tiene su propósito. Sin Su amor, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer.

A mi abuela Ofelia Aparicio, faro silencioso de mi vida, cuyo ejemplo de fortaleza, cariño y sabiduría ilumina cada decisión que tomo. Sus enseñanzas y su amor me impulsan a seguir adelante, y este logro es también un homenaje a ella.

A mi padre Néstor Guerna, cuya entrega, esfuerzo y ejemplo de vida me enseñaron que la perseverancia y la honestidad abren cualquier puerta. Gracias por estar siempre a mi lado y creer en mí.

A mi familia, raíz de mi fortaleza y refugio de mi corazón, por su amor incondicional, su paciencia y su apoyo constante. Gracias por recordarme que ningún sueño es imposible cuando se persigue con amor y unidad.

Este trabajo es un reflejo de cada abrazo, cada palabra de aliento y cada gesto de amor que me han acompañado; es el testimonio de que los logros más grandes nacen del cariño y la fe compartidos.

William Guerna

Índice de Contenido

Agradecimiento	2
Dedicatoria	3
Índice de Contenido	4
Abstract	9
1. Introducción.....	10
1.1 Planteamiento del Problema.....	12
1.2 Justificación.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 Hipótesis:.....	14
1.5 Alcance y Limitaciones.....	14
2. Revisión de literatura.....	15
2.1 Producción de piña en Panamá y pérdidas postcosecha	16
2.2 Usos de la cáscara de piña en Panamá	19
2.2.1 Usos domésticos y tradicionales.....	19
2.2.2 Usos agroindustriales	20
2.2.3 Usos innovadores y aplicaciones emergentes	20
2.3 Proceso y aplicaciones:.....	21
2.3.1 Proceso de fermentación.....	22
2.3.2 Extracción de enzimas y compuestos bioactivos	22
2.3.3 Aplicaciones en jabones y detergentes	23
2.3.4 Aplicaciones industriales y alternativas	23
2.3.5 Perspectiva sostenible.....	24
2.4 Los detergentes orgánicos son productos de limpieza formulados con ingredientes naturales y biodegradables	24
2.5 Revisión comparativa de tesis sobre jabones y detergentes orgánicos.....	25
2.5.1 Extracción de bromelina y compuestos activos.....	25
2.5.2 Fermentación y producción de detergentes artesanales	26
2.5.3 Evaluación del desempeño en formulaciones	26
2.5.4 Síntesis comparativa.....	27
2.6 Detergentes orgánicos: características y ventajas.....	28

2.7 Sostenibilidad y ventajas ecológicas.....	28
2.8 Contaminación por detergentes químicos.	28
2.9 Sustitución de detergentes químicos por alternativas orgánicas.	29
2.10 Recurso para detergente	29
2.10.1 Beneficios.	29
2.10.2 Potencial comercial de los residuos como abono orgánico.....	30
2.10.3 Biodegradabilidad y bajo impacto ambiental.....	30
2.11 Proceso de elaboración del detergente	30
2.11.1 Extracción de enzimas y compuestos activos.....	30
2.11.2 Formulación del detergente.....	30
2.11.3 Evaluación de eficacia.	31
2.12 Impacto ambiental y social.....	31
2.12.1 Beneficios medioambientales.....	31
2.12.2 Posibilidades de negocio y economía circular.	31
3. Materiales y Métodos.....	32
3.1 Ubicación	32
3.2 Materiales:	33
3.3 Equipos	38
3.4 Parámetros a evaluar	40
3.5 Procedimientos y pruebas a realizar	40
3.5.1 Fermentación de la cáscara de piña.....	40
3.5.2 Formulación del detergente.....	41
3.5.3 Medición del pH.....	41
3.5.4 Evaluación de la estabilidad físico-química.....	41
3.5.5 Ensayos de eficacia de limpieza	41
4. Metodología:	42
5 Usos del detergente orgánico:	46
6 Resultados	48
6.1 Eficiencia de Limpieza – Comparación general	48
7. Evaluación ambiental y biodegradabilidad.....	56
7.1 Ajuste de pH	58
7.2 Análisis de Costo-Beneficio	58
7.3 Análisis de Costo-Beneficio del Detergente en barra.....	59
7.4 Proyección de ingreso adicional:.....	61

8	Discusión	62
8.1	Interpretación de los Resultados:	62
8.2	Comparación con Estudios Anteriores.....	63
8.3	Implicaciones de los Hallazgos.....	64
8.4	Limitaciones del Estudio	65
8.5	Investigaciones Futuras	66
8.6	Análisis FODA	66
8.7	Comparación de mercado.....	67
9	Conclusiones.....	68
10	Recomendaciones.....	70
11	Referencias Bibliográficas	71
12	Anexos.....	76

Índice de Figuras

Figura 1.	Cáscaras de piña utilizadas para la fermentación	15
Figura 2.	Azúcar morena empleada en la fermentación	16
Figura 3.	Agua utilizada en la formulación del detergente	16
Figura 4.	Aceite de coco líquido para la elaboración del detergente	16
Figura 5.	Glicerina sólida empleada en la formulación	17
Figura 6.	Recipiente de vidrio o plástico con tapa para fermentación	17
Figura 7.	Colador o tela fina para filtrar el extracto	18
Figura 8.	Botella o frasco para almacenar el producto final	18
Figura 9.	Levadura utilizada en el proceso de fermentación	19
Figura 10.	Bicarbonato de sodio para neutralizar olores y ajustar pH	19
Figura 11.	Preparación del extracto enzimático de cáscara de piña	20
Figura 12.	Colado del extracto fermentado para obtener base del detergente	20
Figura 13.	Proceso de formulación del detergente.....	21
Figura 14.	Proceso de formulación de jabón en barra.....	22
Figura 15.	Proceso de formulación del detergente líquido	23

Índice de Tablas

Tabla 1.	Comparación de eficacia en limpieza de superficies	25
Tabla 2.	Comparación de eficacia de limpieza del jabón en barra	27
Tabla 3.	Comparación de eficacia de limpieza del detergente líquido	29
Tabla 4.	Caracterización fisicoquímica del extracto fermentado de cáscara de piña	31
Tabla 5.	Costo estimado de 1.5 L de detergente líquido orgánico	32

Tabla 6. Costo estimado de jabón en barra orgánico	33
Tabla 7. Proyección de ingresos por venta de abono orgánico	34
Tabla 9. Análisis FODA del detergente orgánico artesanal.....	
Tabla 10. Comparativa de detergentes en Panamá.....	

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Resultados de eficacia de limpieza en superficies	26
Gráfica 2. Resultados de eficacia del jabón en barra	28
Gráfica 3. Resultados de eficacia del detergente líquido	30

Índice de Anexos

Anexo 1. Fotografías del proceso experimental	42
Figura 1.0. Cáscara de piña utilizada en el estudio	42
Figura 1.1. Corte de la cáscara de piña en trozos pequeños	42
Figura 1.2. Proceso de fermentación	43
Figura 1.3. Fermentación activa con formación de capa bacteriana	43
Figura 1.4. Cáscara de piña colada tras fermentación	43
Anexo 2. Materiales empleados	43
Figura 2.0. Glicerina	43
Figura 2.1. Medidor de pH digital	44
Figura 2.2. Tiras reactivas para pH	44
Figura 2.3. Aceite de coco	44
Anexo 3. Elaboración del detergente	45
Figura 3.0. Jabón líquido elaborado en la primera prueba experimental	45
Figura 3.1. Jabón líquido mejorado tras ajustes en proporciones	46
Figura 3.2. Primera barra de jabón sólida elaborada	46
Figura 3.3. Segunda barra de jabón obtenida	46
Figura 3.4. Tercera barra de jabón elaborada	47
Figura 3.5. Formación de espuma y remoción de suciedad sobre mesa de vidrio...48	
Figura 3.6. Aplicación del detergente sobre piso con manchas visibles	49
Figura 3.7. Aplicación del detergente en piso con grasa	50

Resumen

Esta investigación plantea el aprovechamiento de residuos agroindustriales, en particular la cáscara de piña, para la producción de un detergente orgánico como alternativa sostenible a los productos comerciales. La inadecuada disposición de estos desechos orgánicos contribuye a problemas ambientales como la proliferación de vectores, malos olores y contaminación del suelo y del agua. Se realizó la caracterización fisicoquímica del extracto de cáscara de piña, evaluando parámetros como turbidez, color, acidez por titulación, tamizaje por mallas, presencia de hongos y pH. El extracto obtenido se empleó en la formulación de detergentes líquidos y en barra, complementados con aceite de coco y otros aditivos naturales.

Las pruebas de eficacia se realizaron comparando el desempeño del detergente orgánico con un detergente comercial sobre distintos tipos de manchas. Los resultados mostraron que, aunque el producto comercial obtuvo valores ligeramente superiores, el detergente orgánico presentó una eficacia alta en la mayoría de los casos, con la ventaja de ser biodegradable y de bajo costo. El análisis de costo-beneficio evidenció un ahorro aproximado del 50 % respecto a productos ecológicos del mercado, con el valor agregado de aprovechar el residuo sólido como abono orgánico. Este estudio confirma la viabilidad técnica, económica y ambiental de elaborar detergentes orgánicos a partir de residuos, contribuyendo así a la economía circular y a la reducción de la contaminación.

Palabras clave: detergente orgánico, cáscara de piña, aceite de coco, biodegradabilidad, economía circular, subproducto, revalorización.

Abstract

This research explores the utilization of agro-industrial waste, specifically pineapple peel, to produce an organic detergent as a sustainable alternative to conventional cleaning products. Improper disposal of organic waste leads to environmental issues such as vector proliferation, unpleasant odors, and soil and water pollution. The physicochemical characterization of pineapple peel extract included turbidity, color, titrated acidity, mesh sieving, fungal presence, and pH evaluation. The extract was used to formulate both liquid and bar detergents, enriched with coconut oil and other natural additives.

Efficiency tests compared the organic detergent to a commercial product on different types of stains. Results showed that although the commercial product scored slightly higher, the organic detergent achieved high effectiveness in most cases, with the added advantages of being biodegradable and cost-efficient. The cost-benefit analysis revealed an approximate 50% saving compared to eco-friendly commercial products, along with the added value of using the solid residue as organic fertilizer. This study confirms the technical, economic, and environmental feasibility of producing organic detergents from waste, contributing to circular economy practices and reducing pollution.

Keywords: organic detergent, pineapple peel, coconut oil, biodegradability, circular economy.

1. Introducción.

Ananas comosus, conocida comúnmente como piña, pertenece a la familia Bromeliaceae, del género *Ananas*. Es una planta endémica de América, especialmente de América del Sur, siendo Costa Rica uno de los primeros países en masificar su cultivo y exportación (Huamaní Núñez, 2019). El fruto de la piña tiene una forma cilíndrica y gruesa, con un tamaño aproximado de 30 cm de largo y 15 cm de diámetro.

Sin embargo, la producción y el consumo de piña generan una cantidad significativa de residuos, principalmente el epicarpio, comúnmente llamada cáscara, que actualmente se considera un residuo sólido. La inadecuada gestión de la disposición final de estas cáscaras representa un problema ambiental considerable en diversas comunidades, ya que su degradación puede generar hongos, emisión de gases de efecto invernadero, proliferación de vectores de enfermedades tales como mosquitos, moscas, cucarachas y ratas y malos olores. Según Paz Arteaga (2023), los residuos orgánicos como la cáscara de piña pueden representar hasta el 50% del total de los residuos sólidos urbanos, contribuyendo significativamente a la contaminación del suelo y del agua si no se gestionan adecuadamente.

La cáscara de la piña, a pesar de ser a menudo desechada, posee una rica composición de nutrientes y compuestos bioactivos que la convierten en un recurso valioso en la alimentación, la medicina tradicional y la industria. Contiene una mezcla de vitaminas, minerales, antioxidantes y enzimas que pueden ser aprovechadas de diversas formas. Entre estos componentes, destaca la bromelina, una enzima proteolítica con propiedades antiinflamatorias y digestivas, que ha sido

objeto de numerosos estudios científicos por sus potenciales beneficios para la salud (Vega Cañizares, 2023). Nutricionalmente, el epicarpio de la piña es una fuente importante de fibra dietética, esencial para mantener una digestión saludable y prevenir enfermedades crónicas como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. Además, su alto contenido de antioxidantes contribuye a combatir el estrés oxidativo en el organismo, protegiendo así contra el envejecimiento prematuro y diversas enfermedades degenerativas (Clavijo, Portilla, & Quijano, 2012).

Desde una perspectiva de sostenibilidad y uso eficiente de los recursos, las cáscaras de piña representan una excelente alternativa para reducir el desperdicio de alimentos y promover prácticas más ecológicas. En lugar de desechar esta parte de la fruta, se puede utilizar para elaborar una variedad de productos con valor agregado. Por ejemplo, la cáscara de piña se puede fermentar para producir bebidas tradicionales, como el tepache, una refrescante y nutritiva bebida fermentada. También se puede utilizar para preparar té de cáscara de piña, una infusión que aprovecha sus propiedades digestivas y antiinflamatorias. Además, la cáscara de piña tiene aplicaciones industriales, incluyendo su uso potencial como detergente orgánico debido a la fermentación y la adición de diferentes tipos de aditivos (STEMFOR, s. f.). En la producción de biocombustibles, las cáscaras de piña se pueden convertir en bioetanol, proporcionando una fuente de energía renovable que ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Asimismo, las fibras obtenidas de las cáscaras de piña se pueden utilizar en la

producción de textiles y otros materiales sostenibles, promoviendo así una economía circular y reduciendo el impacto ambiental.

A pesar de estas posibilidades, después de extraer los componentes nutricionales de la cáscara, esta se desecha a los residuos no aprovechables, llegando finalmente al relleno sanitario. Esta práctica representa una pérdida de recursos valiosos y contribuye a la problemática de la gestión de residuos sólidos. Por lo tanto, esta investigación se centra en explorar el potencial de la cáscara de piña para la producción de un detergente orgánico, ofreciendo una alternativa sostenible a los detergentes convencionales y contribuyendo a la reducción del desperdicio de alimentos.

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, el uso excesivo de detergentes convencionales ha generado impactos ambientales negativos debido a su contenido de sustancias químicas no biodegradables que contaminan cuerpos de agua y afectan la salud humana. Además, muchas comunidades rurales enfrentan dificultades para acceder a productos de limpieza eficaces y ecológicos a precios accesibles.

Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles que utilicen materias primas naturales y fácilmente disponibles, como la cáscara de piña y el aceite de coco. Sin embargo, aún existe escasa información sobre la efectividad, seguridad y viabilidad económica de estos productos. Esta investigación busca dar respuesta a esta problemática mediante la elaboración y evaluación de un

detergente orgánico biodegradable como posible sustituto de los productos industriales tradicionales.

1.2 Justificación

El presente proyecto de investigación se justifica por su enfoque ambiental, económico y social. En primer lugar, propone el aprovechamiento de residuos orgánicos como la cáscara de piña, promoviendo la economía circular y la reducción de desechos. En segundo lugar, plantea una alternativa accesible a los detergentes comerciales, lo que podría beneficiar a comunidades con bajos recursos. En tercer lugar, al evaluar su toxicidad y biodegradabilidad, se promueve la protección del medio ambiente mediante productos menos agresivos. Además, la elaboración artesanal del detergente podría generar nuevas oportunidades de emprendimiento local. Por todo ello, este estudio contribuye al desarrollo sostenible y responde a problemáticas reales del entorno.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un detergente orgánico a base del epicarpio de Ananas comosus y aceite de Cocos, evaluando su eficacia en la limpieza, su biodegradabilidad y su viabilidad como alternativa a detergentes comerciales en rendimiento y costo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades físico-químicas del epicarpio de la piña y su capacidad para actuar como agente limpiador.

- Describir el proceso de fermentación de cáscara de piña para la elaboración del detergente.
- Comparar la eficacia del detergente orgánico con la de detergentes comerciales en la limpieza de diferentes tipos de suciedad.
- Evaluar la biodegradabilidad y toxicidad del detergente orgánico.
- Realizar un análisis de costo y beneficio preliminar para evaluar la viabilidad económica de la producción del detergente orgánico a escala comercial.

1.4 Hipótesis:

H0: El detergente orgánico elaborado a partir del epicarpio de *Ananas comosus* no presenta propiedades fisicoquímicas comparables a las de un detergente comercial.

H1: El detergente orgánico elaborado a partir del epicarpio de *Ananas comosus* si presenta propiedades fisicoquímicas comparables a las de un detergente comercial, lo que demuestra su viabilidad como alternativa sostenible.

1.5 Alcance y Limitaciones

Este estudio se limita a la formulación y evaluación de un detergente orgánico basado en un subproducto como la cáscara de piña y el aceite de coco. No se evaluará la producción industrial del mismo ni su comercialización a gran escala. Las pruebas de efectividad se realizarán en condiciones domésticas y no en entornos industriales.

2. Revisión de literatura

La piña (*Ananas comosus*) es un fruto tropical perteneciente a la familia Bromeliaceae, originario de América del Sur, principalmente de la región amazónica que comprende Brasil, Paraguay y Venezuela, desde donde se expandió hacia el Caribe y posteriormente al resto del mundo (Bartholomew et al., 2003). Su cultivo se ha consolidado como uno de los más importantes en la fruticultura tropical debido a su demanda internacional, su versatilidad de consumo y sus múltiples aplicaciones industriales.

Desde el punto de vista botánico, la planta de piña es una herbácea perenne que alcanza entre 0.8 y 1.5 m de altura. Posee hojas rígidas y espinosas dispuestas en roseta, y el fruto es en realidad una infrutescencia compuesta por la fusión de múltiples flores, lo que explica su conformación irregular y su corteza dura conocida como epicarpio (Clendennen & May, 1997). El fruto puede alcanzar entre 1 y 3 kg, aunque existen variedades comerciales que superan estos valores.

En cuanto a su composición nutricional, la piña se caracteriza por su bajo contenido calórico (aproximadamente 50 kcal por cada 100 g de pulpa) y su alto porcentaje de agua (86–89%), lo que la convierte en un alimento refrescante e hidratante. Aporta cantidades significativas de carbohidratos simples como la fructosa, la glucosa y la sacarosa, los cuales le confieren su característico sabor dulce (Medina & García, 2019).

La piña es además una fuente importante de vitamina C, con concentraciones de 24 mg por cada 100 g de pulpa fresca, lo que representa aproximadamente un 30% del requerimiento diario recomendado para un adulto (FAO, 2020). También

contiene cantidades moderadas de vitamina A, complejo B (tiamina, riboflavina y niacina) y minerales como potasio, calcio, fósforo, magnesio y manganeso, este último esencial para la formación de huesos y la activación de enzimas metabólicas (USDA, 2022).

Un aspecto distintivo de la piña es la presencia de la enzima bromelina, un complejo de proteasas con reconocidas propiedades antiinflamatorias, digestivas y antimicrobianas (Tochi et al., 2008). Aunque se encuentra en toda la planta, las concentraciones más altas se localizan en el tallo y en la cáscara, lo que convierte estos residuos agroindustriales en una fuente potencial de aprovechamiento para la elaboración de productos con valor agregado, tales como detergentes enzimáticos, medicamentos y suplementos alimenticios (Vega Cañizares, 2023).

Desde el punto de vista dietético, la piña se asocia con beneficios para la salud, tales como la mejora de la digestión, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la prevención de enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo. Su alto contenido de fibra soluble contribuye a la regulación del tránsito intestinal y a la reducción de los niveles de colesterol LDL, mientras que los antioxidantes presentes en la fruta ayudan a neutralizar radicales libres, disminuyendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y degenerativas (Clavijo, Portilla & Quijano, 2012).

2.1 Producción de piña en Panamá y pérdidas postcosecha: La piña (*Ananas comosus*) se ha consolidado como uno de los principales cultivos frutícolas de Panamá, tanto por su importancia en la economía agrícola como por su potencial de exportación. Según datos del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP, 2022), el país cuenta con una superficie cultivada de aproximadamente

2,500 hectáreas destinadas a la producción de piña, siendo las provincias de Chiriquí, Coclé, Panamá Oeste y Veraguas las principales zonas productoras.

A nivel mundial, Panamá ocupa una posición secundaria frente a líderes como Costa Rica, Filipinas y Tailandia, países que concentran más del 60 % de la producción global (FAO, 2021). Sin embargo, la piña panameña ha ganado reconocimiento en mercados internacionales por su calidad organoléptica, particularmente en variedades como la MD-2 (Golden Sweet), que se caracteriza por su alta dulzura, acidez balanceada y mayor vida de anaquel (Rodríguez et al., 2020).

En el plano nacional, la piña es destinada principalmente al mercado fresco, tanto para consumo local como para exportación. En 2020, Panamá exportó cerca de 40 mil toneladas de piña, siendo los principales destinos Estados Unidos, Países Bajos y España (Autoridad Panameña de Alimentos, 2021). No obstante, las fluctuaciones de precios internacionales y los costos de transporte limitan en ocasiones la competitividad del producto panameño frente al vecino Costa Rica, que domina ampliamente el mercado (La Prensa, 2023).

Un aspecto crítico de la cadena productiva es el manejo postcosecha, ya que la piña es altamente perecedera debido a su elevada humedad y a la actividad enzimática que acelera la descomposición del fruto. Estudios de la FAO (2020) señalan que en Panamá se pierde entre un 25 % y un 35 % de la producción total de piña en las etapas de cosecha, transporte, almacenamiento y comercialización. Estas pérdidas se deben a factores como:

- Deficiente manipulación del fruto durante la cosecha y el transporte.
- Limitada infraestructura de almacenamiento en frío.
- Daños mecánicos y fisiológicos que reducen la vida útil.
- Sobreoferta en temporadas de alta producción, lo que genera descartes.

Los residuos generados incluyen coronas, corazones y especialmente la cáscara, que representan hasta el 40–50 % del peso total del fruto (Paz Arteaga, 2023). La disposición inadecuada de estos subproductos ocasiona impactos ambientales como la proliferación de plagas, malos olores y emisiones de gases de efecto invernadero durante su descomposición (Huamaní Núñez, 2019).

A pesar de esta problemática, los residuos de piña representan una oportunidad de aprovechamiento sostenible, ya que pueden ser utilizados como materia prima en diferentes industrias: elaboración de abonos orgánicos, bioetanol, biogás, fibras textiles, alimentos para ganado y productos de limpieza enzimáticos (Cuadros Villar, 2022). En particular, el epicarpio o cáscara, que usualmente es tratado como un desecho, contiene altos niveles de bromelina y compuestos antioxidantes, lo que la convierte en un insumo estratégico para proyectos de economía circular en Panamá, ya que puede aprovecharse de forma sencilla para la elaboración de abono orgánico mediante compostaje, la preparación de bebidas artesanales o vinagre de piña, la producción de jugos o concentrados naturales y su uso como alimento para animales, transformando un residuo común en recursos útiles y sostenibles.

En conclusión, aunque la producción de piña en Panamá tiene un papel relevante en la economía agrícola, enfrenta desafíos en cuanto al manejo postcosecha y la reducción de pérdidas. La revalorización de sus residuos mediante procesos innovadores, como la elaboración de detergentes orgánicos, puede contribuir no solo a mitigar los impactos ambientales, sino también a diversificar las fuentes de ingresos de los productores locales.

2.2 Usos de la cáscara de piña en Panamá. En Panamá, la cáscara de piña constituye uno de los subproductos más abundantes de la agroindustria frutícola, debido a que representa entre el 30 % y 50 % del peso total del fruto (Paz Arteaga, 2023). Tradicionalmente, estos residuos han sido considerados un desecho sin valor económico, siendo dispuestos en rellenos sanitarios, vertederos o utilizados de forma limitada en el ámbito doméstico. Sin embargo, en las últimas décadas se han explorado diversas alternativas para su aprovechamiento, tanto en el ámbito local como en proyectos de investigación.

2.2.1 Usos domésticos y tradicionales

En la cultura panameña, la cáscara de piña se ha empleado de manera sencilla en la preparación de bebidas caseras como el té de cáscara de piña, conocido por sus propiedades digestivas y diuréticas. También es utilizada en la elaboración de fermentados artesanales como la chicha de piña o el tepache, una bebida refrescante con bajo contenido alcohólico resultado de la fermentación natural de los azúcares presentes en el epicarpio (González & Pitti, 2018). Asimismo, en comunidades rurales se emplea ocasionalmente como complemento en la

alimentación animal, principalmente para bovinos y porcinos, aprovechando su contenido de fibra y carbohidratos.

2.2.2 Usos agroindustriales

A nivel agroindustrial, la cáscara de piña ha sido utilizada como materia prima en la producción de compost y abonos orgánicos. Productores en provincias como Chiriquí y Veraguas han incorporado residuos de piña en procesos de compostaje para mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de humedad y enriquecer el contenido de materia orgánica (IDIAP, 2022). Además, investigaciones locales han demostrado que la incorporación de cáscara de piña fermentada puede mejorar la actividad microbiana del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos (Rodríguez et al., 2020).

Por otra parte, debido a su riqueza en carbohidratos y azúcares fermentables, la cáscara de piña también ha sido evaluada como insumo para la producción de bioetanol y biogás. Estos estudios destacan su potencial como fuente de energía renovable y alternativa sostenible frente a los combustibles fósiles (Cuadros Villar, 2022).

2.2.3 Usos innovadores y aplicaciones emergentes

En el contexto de la investigación y la innovación, la cáscara de piña ha sido revalorizada en distintos proyectos científico de universidades panameñas y regionales. Entre los más destacados se encuentran:

- Elaboración de detergentes y jabones orgánicos: la fermentación del epicarpio permite obtener extractos ricos en enzimas (particularmente bromelina) que

presentan actividad proteolítica y desengrasante, haciéndolos aptos para formulaciones de limpieza amigables con el medio ambiente (STEMFOR, s. f.; Vega Cañizares, 2023).

- Producción de vinagre artesanal: mediante fermentación acética de la cáscara de piña, se obtiene un vinagre de uso culinario y con propiedades antimicrobianas (González & Pitti, 2018).
- Desarrollo de fibras textiles sostenibles: investigaciones internacionales, replicadas en talleres artesanales panameños, han experimentado con la extracción de fibras del epicarpio de piña para la fabricación de textiles ecológicos y materiales biodegradables (Rodríguez et al., 2020).

En este sentido, la cáscara de piña en Panamá no solo representa un subproducto con aplicaciones tradicionales, sino también un recurso estratégico para la innovación sostenible. Su utilización en procesos como la formulación de detergentes orgánicos, objeto de esta investigación, permite integrar la economía circular en la cadena productiva de la piña, reduciendo la generación de desechos y creando alternativas comerciales con valor agregado.

2.3 Proceso y aplicaciones: El aprovechamiento de la cáscara de piña como insumo para la elaboración de productos con valor agregado se fundamenta en procesos biotecnológicos que permiten liberar y potenciar sus compuestos bioactivos. Entre estos destacan las enzimas proteolíticas (bromelina), los azúcares fermentables y los antioxidantes naturales, los cuales pueden ser extraídos y transformados

mediante técnicas de fermentación y formulación artesanal o industrial (Clavijo, Portilla & Quijano, 2012).

2.3.1 Proceso de fermentación

La fermentación es uno de los métodos más utilizados para revalorizar la cáscara de piña, debido a que facilita la liberación de enzimas y la producción de compuestos secundarios con actividad biológica. Este proceso consiste en la acción de microorganismos como levaduras y bacterias lácticas, que degradan los azúcares presentes en el epicarpio y generan metabolitos útiles como ácidos orgánicos, alcoholes y enzimas (Paz Arteaga, 2023).

Generalmente, la fermentación de cáscara de piña se realiza en condiciones controladas durante un período de 20 a 60 días, utilizando azúcar morena como fuente de energía adicional para los microorganismos. El producto resultante es un extracto enzimático líquido, rico en bromelina y compuestos antioxidantes, que puede ser utilizado como base en diversas formulaciones (STEMFOR, s. f.).

2.3.2 Extracción de enzimas y compuestos bioactivos

La bromelina, enzima característica de la piña, tiene la capacidad de descomponer proteínas complejas en péptidos y aminoácidos, lo que explica su eficacia como agente limpiador en productos de higiene y detergencia (Vega Cañizares, 2023). Además, la cáscara contiene ácidos fenólicos, vitamina C y flavonoides, que aportan propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Medina & García, 2019).

La extracción de estos compuestos puede hacerse por procesos mecánicos (trituration y maceración), químicos (empleo de disolventes acuosos) o biológicos

(fermentación). Entre estos, la fermentación es considerada la opción más sostenible, pues evita el uso de químicos agresivos y permite conservar la actividad enzimática.

2.3.3 Aplicaciones en jabones y detergentes

El extracto fermentado de cáscara de piña se emplea en la elaboración de detergentes líquidos y en barra, los cuales presentan propiedades limpiadoras comparables a los productos comerciales. La bromelina, al degradar proteínas y grasas, facilita la remoción de manchas orgánicas (sudor, sangre, comida), mientras que los ácidos naturales ayudan a descomponer residuos grasos y a neutralizar olores (Clavijo et al., 2012).

Estudios experimentales en Panamá y otros países han demostrado que los detergentes orgánicos formulados con cáscara de piña y aceite de coco presentan ventajas como:

- Alta biodegradabilidad, lo que reduce su impacto ambiental.
- Seguridad dermatológica al carecer de químicos irritantes como sulfatos y fosfatos.
- Costos de producción entre 40 % y 60 % menores que los productos comerciales ecológicos (Cuadros Villar, 2022; STEMFOR, s. f.).

2.3.4 Aplicaciones industriales y alternativas

Más allá de la acción detergente, la cáscara de piña y su extracto fermentado tienen aplicaciones en distintos sectores:

- Industria alimentaria: elaboración de bebidas fermentadas, vinagres y suplementos enzimáticos para mejorar la digestión.
- Industria farmacéutica: uso de bromelina en tratamientos antiinflamatorios, cicatrizantes y coadyuvantes en terapias digestivas (Tochi et al., 2008).
- Bioenergía: producción de bioetanol y biogás a partir de la fermentación de azúcares de la cáscara (Paz Arteaga, 2023).
- Cosmética natural: formulación de exfoliantes y mascarillas con acción regenerativa y antioxidante.
- Agricultura: utilización del residuo sólido post-fermentación como abono orgánico, enriqueciendo los suelos con materia orgánica y microorganismos beneficiosos (IDIAP, 2022).

2.3.5 Perspectiva sostenible

El proceso de transformación de la cáscara de piña en detergente orgánico es un claro ejemplo de economía circular, en la cual un residuo agroindustrial se convierte en materia prima para nuevos productos. Esta estrategia no solo reduce la carga de desechos en los vertederos, sino que también fomenta microemprendimientos rurales, mejora la seguridad alimentaria y contribuye a la reducción de la huella ecológica del sector agrícola panameño (Ramírez Corrales, 2006).

2.4 Los detergentes orgánicos son productos de limpieza formulados con ingredientes naturales y biodegradables. A diferencia de los detergentes convencionales, que a menudo contienen compuestos químicos sintéticos, los detergentes orgánicos se caracterizan por tener una menor carga tóxica y ser más

amigables con el medio ambiente (Ramírez Corrales, 2006). Los ingredientes comunes en los detergentes orgánicos incluyen aceites esenciales, extractos de plantas y aceites vegetales, los cuales pueden aportar propiedades limpiadoras, antimicrobianas y desinfectantes (Higiene Ambiental, 2021). La creciente preocupación por la salud humana y el medio ambiente, junto con la demanda de los consumidores por productos ecológicos, ha impulsado la tendencia hacia el uso de detergentes orgánicos.

2.5 Revisión comparativa de tesis sobre jabones y detergentes orgánicos.

En los últimos años, la revalorización de subproductos agroindustriales, como la cáscara de piña, ha motivado múltiples investigaciones orientadas a la elaboración de jabones y detergentes orgánicos. Estas iniciativas han buscado comprobar la viabilidad técnica, ambiental y económica del uso de residuos de piña como insumos para la producción de productos de limpieza biodegradables, destacando su aporte a la economía circular.

2.5.1 Extracción de bromelina y compuestos activos

Diversas tesis y estudios coinciden en que la cáscara de piña es una de las fracciones del fruto con mayor concentración de bromelina, enzima proteolítica con propiedades detergentes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Clavijo, Portilla & Quijano, 2012). Investigaciones realizadas en Ecuador reportaron que la cáscara, frente a otras partes del fruto, presentó los niveles más altos de actividad enzimática, lo que la posiciona como materia prima estratégica para la producción de limpiadores enzimáticos (Vega Cañizares, 2023).

En el Perú, Cuadros Villar (2022) evaluó parámetros de extracción de bromelina a partir de desechos de piña, demostrando que es posible obtener rendimientos significativos utilizando técnicas simples de precipitación salina, lo cual refuerza la factibilidad de aprovechar residuos para aplicaciones industriales y domésticas.

2.5.2 Fermentación y producción de detergentes artesanales

Otro enfoque recurrente en las tesis revisadas es la fermentación de cáscara de piña con agua y azúcar, proceso conocido como “ecoenzima”. Este método, empleado en Panamá y otros países de la región, permite obtener un extracto líquido rico en enzimas y compuestos orgánicos tras un periodo de 30 a 60 días de fermentación. Estudios como el de STEMFOR (s. f.) y Ruhimat et al. (2025) documentan que este extracto puede ser usado como base para jabones líquidos y detergentes multiusos, destacando su biodegradabilidad y su bajo costo de producción.

En Panamá, experiencias científicas y comunitarias han mostrado que los detergentes elaborados con extracto fermentado de cáscara de piña presentan un desempeño similar al de los detergentes comerciales frente a manchas de grasa y proteínas, con la ventaja de no incorporar sulfatos ni fosfatos, agentes responsables de la eutrofización de cuerpos de agua (Ramírez Corrales, 2006).

2.5.3 Evaluación del desempeño en formulaciones

La efectividad de los productos derivados de la cáscara de piña ha sido comprobada en diferentes contextos. En Indonesia, Rahmawati et al. (2021) elaboraron un jabón líquido antibacterial con extracto de cáscara de piña y demostraron su actividad contra *Staphylococcus aureus*, validando así su potencial en la higiene personal. De

manera similar, Clavijo et al. (2012) evidenciaron que la bromelina extraída de la cáscara es eficaz en la remoción de grasas y proteínas, propiedades esenciales en detergencia.

Aunque las metodologías difieren (fermentación casera, extracción enzimática, formulación con aceites vegetales), la mayoría de los estudios concuerdan en que los productos presentan alta biodegradabilidad, seguridad dermatológica y costos de producción hasta un 50 % menores en comparación con detergentes ecológicos importados.

2.5.4 Síntesis comparativa

Al analizar las investigaciones revisadas se destacan los siguientes aportes:

- La cáscara de piña es la fracción con mayor potencial enzimático para productos de limpieza, por encima de la pulpa o el tallo.
- Los métodos de fermentación ecoenzimática son los más viables para emprendimientos comunitarios y de bajo costo, mientras que los procesos de purificación y extracción intensiva (como microondas o precipitación salina) resultan útiles en contextos industriales.
- Los ensayos comparativos de eficacia confirman que los jabones y detergentes con extracto de cáscara de piña alcanzan desempeños similares a los productos comerciales, con la ventaja adicional de ser biodegradables y aprovechar un residuo agroindustrial.
- Aún persisten limitaciones en cuanto a la vida útil del producto, la estandarización de concentraciones enzimáticas y la validación bajo normas

internacionales, lo que abre un campo para futuras investigaciones (FAO, 2019; ISO, s.f.).

En conjunto, la revisión de estas tesis y estudios complementa el presente trabajo, reforzando la pertinencia de aprovechar la cáscara de piña en la elaboración de detergentes orgánicos sostenibles en Panamá, con potencial de replicarse en otros contextos agrícolas de la región.

2.6 Detergentes orgánicos: características y ventajas. Los detergentes orgánicos se elaboran a partir de materiales naturales y, en general, son biodegradables y menos agresivos para el medio ambiente y la piel humana. Una ventaja significativa es que no contienen químicos tóxicos como los fosfatos o sulfatos, que son comunes en los detergentes convencionales (Ramírez Corrales, 2006).

2.7 Sostenibilidad y ventajas ecológicas. El aprovechamiento de residuos agroindustriales como la cáscara de piña permite reducir el desperdicio, minimizar la dependencia de recursos no renovables y disminuir la huella ambiental. Esto se alinea con los principios de la economía circular, en la que los residuos se transforman en insumos para nuevos productos (Paz Arteaga, 2023).

La formulación de detergentes a partir de residuos orgánicos contribuye a:

- Disminuir el volumen de desechos sólidos.
- Evitar la liberación de contaminantes al ambiente.
- Promover prácticas productivas sostenibles (Clavijo et al., 2012).

2.8 Contaminación por detergentes químicos. Los detergentes convencionales suelen contener compuestos como fosfatos y sulfatos que, al ser vertidos en

cuerpos de agua, pueden provocar proliferación excesiva de algas y plantas acuáticas, un proceso que agota el oxígeno disuelto y afecta negativamente la vida acuática y la calidad del agua (Ramírez Corrales, 2006). Además, algunos tensioactivos presentes en los detergentes sintéticos pueden ser persistentes en el ambiente y tener efectos tóxicos en los organismos acuáticos. La investigación sobre alternativas biodegradables busca mitigar estos efectos nocivos.

2.9 Sustitución de detergentes químicos por alternativas orgánicas. El desarrollo de detergentes orgánicos ha ganado impulso con la creciente preocupación ambiental. Estos detergentes, elaborados a partir de ingredientes naturales, ofrecen la ventaja de ser completamente biodegradables, reduciendo así su impacto en el medio ambiente (Higiene Ambiental, 2021).

2.10 Recurso para detergente

La cáscara de piña contiene enzimas como la Bromelina, que posee propiedades detergentes debido a su capacidad para descomponer proteínas y otras moléculas orgánicas (Clavijo et al., 2012). Además, la cáscara de piña contiene compuestos antioxidantes, vitaminas y ácidos naturales, lo que le otorga un potencial significativo como limpiador natural.

2.10.1 Beneficios. El aprovechamiento del epicarpio de la piña en la producción de detergentes representa una forma de revalorizar un subproducto que generalmente se descarta, contribuyendo así a la economía circular y reduciendo el desperdicio (Paz Arteaga, 2023). La bromelina, presente en la cáscara, es conocida por su eficacia en la limpieza de manchas proteicas, como sangre y residuos de alimentos (Vega Cañizares, 2023).

2.10.2 Potencial comercial de los residuos como abono orgánico. Además del aprovechamiento del extracto fermentado en la elaboración de detergentes, los residuos sólidos remanentes de la cáscara de piña presentan un alto valor como materia prima para la producción y comercialización de abonos orgánicos (Cuadros Villar, 2022).

2.10.3 Biodegradabilidad y bajo impacto ambiental. A diferencia de los detergentes sintéticos, que pueden tardar años en degradarse y contaminar el agua, los compuestos presentes en la cáscara de piña son fácilmente biodegradables, lo que minimiza su impacto ecológico y contribuye a la protección del medio ambiente (Ramírez Corrales, 2006).

2.11 Proceso de elaboración del detergente

2.11.1 Extracción de enzimas y compuestos activos. La cáscara de piña puede ser procesada mediante técnicas como la fermentación para extraer sus componentes activos, incluyendo enzimas como la bromelina (Clavijo et al., 2012). La fermentación, en particular, puede aumentar la capacidad de limpieza de la cáscara al potenciar la actividad enzimática y generar otros compuestos beneficiosos (STEMFOR, s. f.).

2.11.2 Formulación del detergente. Los extractos de cáscara de piña pueden combinarse con otros ingredientes naturales, como aceites esenciales o bicarbonato de sodio, con el fin de potenciar la capacidad limpiadora del detergente y aportar propiedades adicionales, tales como efectos antibacterianos y un aroma agradable (Higiene Ambiental, 2021).

2.11.3 Evaluación de eficacia. Es fundamental comparar la efectividad del detergente a base de cáscara de piña con la de los detergentes convencionales en la eliminación de diferentes tipos de manchas, suciedad y grasas, con el fin de determinar su viabilidad como alternativa sostenible (Vega Cañizares, 2023).

2.12 Impacto ambiental y social

2.12.1 Beneficios medioambientales. La fabricación de detergentes a partir de cáscara de piña contribuye a la reducción de desechos orgánicos y a la disminución de la contaminación causada por los detergentes sintéticos, promoviendo así un entorno más saludable (Ramírez Corrales, 2006).

2.12.2 Posibilidades de negocio y economía circular. El aprovechamiento de subproductos agroindustriales, como la cáscara de piña, en la creación de productos útiles fomenta el desarrollo de una economía más verde y sostenible, generando nuevas oportunidades de negocio y promoviendo la eficiencia en el uso de los recursos (Paz Arteaga, 2023).

3. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación

Parte de la investigación se iniciará en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la Universidad de Panamá, donde se realizará la primera medición del pH de la mezcla obtenida en la fermentación de la cáscara de piña. Esta primera aproximación permitirá verificar el comportamiento inicial de la solución y comprobar la importancia de controlar este parámetro en cada etapa del proceso.

Sin embargo, al requerir mediciones de pH más precisas y frecuentes durante la fermentación como en la formulación final del detergente. Esto implicaría un uso más continuo del laboratorio lo representaría una limitante es por ello que, adquirir un medidor digital portátil de pH sería una alternativa que facilitaría una mayor autonomía y no depender de la disponibilidad de los equipos del laboratorio de la FCA.

En este sentido, la investigación puede describirse como un enfoque metodológico combinado, experimental artesanal diagnóstico y estudio de caso; como es el uso de la cascara de piña en el que inicialmente se utilizó el laboratorio institucional de la FCA para realizar pruebas puntuales, pero posteriormente se complementó con equipos y recursos propios. Esto demuestra la viabilidad de replicar este tipo de proyectos en contextos comunitarios o de emprendimiento, donde no siempre se dispone de laboratorios formales, pero sí es posible trabajar con equipos básicos y accesibles para alcanzar el objetivo final.

3.2 Materiales:

Para la elaboración del detergente orgánico a base de cáscara de piña se utilizará una serie de materiales que pueden encontrarse fácilmente en el mercado local. Esto demuestra que el producto no depende de insumos de difícil acceso, sino que puede elaborarse con recursos disponibles en la mayoría de los hogares o supermercados.

1. **Cáscaras de piña:** 600 g (bien lavadas).

- Figura 1. Cáscara de piña fresca: recolectada después del consumo doméstico de la pulpa. Representa la materia prima principal por su contenido de bromelina.



Fuente: El autor.

2. **Azúcar morena:** 200 g (para la fermentación).

- Figura 2. Azúcar morena: empleada como fuente de energía para los microorganismos durante la fermentación.



Fuente: El autor.

3. **Agua:** 1.5 litro.

- Figura 3. Agua potable: fundamental para preparar la solución fermentada y diluir los demás componentes.



Fuente: El autor.

4. **Aceite de coco líquido:** 50-100 ml.

- Figura 4. Aceite de coco virgen: utilizado como agente emulsionante y suavizante dentro de la formulación del detergente.



5. **Glicerina** 100g.

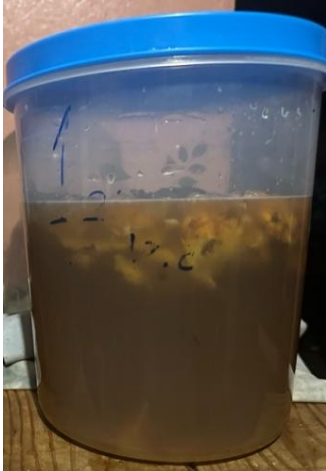
Figura 5. Glicerina sólida empleada en la formulación



Fuente: El autor.

6. **Recipiente de vidrio o plástico con tapa** (para fermentar).

Figura 6. Recipiente de vidrio o plástico con tapa para fermentación



Fuente: El autor.

7. **Colador o tela fina** (para filtrar el extracto).

Figura 7. Colador o tela fina para filtrar el extracto



Fuente: El autor.

8. **Botella o frasco para almacenar.**

Figura 8. Botella o frasco para almacenar el producto final



9. **Y levadura o bacterias de fermentación:** 10 gramos de levadura (puede ser levadura de panadería) o un cultivo bacteriano específico, como el *Lactobacillus*, que es útil para la fermentación de cáscaras de frutas.

Figura 9. Levadura utilizada en el proceso de fermentación



10. **Bicarbonato de sodio** 5-10 gramos para mejorar el poder limpiador y neutralizar olores.

- Figura 10. Bicarbonato de sodio: incorporado como regulador y estabilizante del producto final.



3.3 Equipos

Para la elaboración del detergente orgánico no se requieren equipos de laboratorio sofisticados, sino a utensilios simples de cocina y accesibles que pueden encontrarse en cualquier hogar. Esta elección demostrará que el proceso puede ser reproducido en un entorno doméstico, utilizando herramientas de bajo costo o incluso reutilizadas, lo que lo hace viable en contextos comunitarios y familiares.

Los equipos y utensilios son los siguientes:

- Medidor digital portátil de pH: este instrumento permitirá obtener lecturas rápidas, precisas y constantes, sin depender de equipos de laboratorio.
- Frascos plásticos con tapa hermética: envases reciclados de refrescos, jugos o agua embotellada, lavados y desinfectados previamente. Estos frascos servirán

para la fermentación de la cáscara de piña, ya que permiten un cierre adecuado para controlar la liberación de gases y al mismo tiempo, son fáciles de conseguir en cualquier hogar. Además, su reutilización contribuye a reducir el desecho plástico.

- Botellas plásticas recicladas: una vez se obtendrá el detergente final, se envasará en botellas plásticas recicladas, lo que facilitaría tanto el almacenamiento como la manipulación del producto terminado.
- Cuchillo de cocina y tabla de picar: herramientas básicas para cortar las cáscaras de piña en trozos pequeños, lo cual facilitaría el proceso de fermentación.
- Colador de cocina: permitirá separar el extracto fermentado de los residuos sólidos, para obtener así un líquido más limpio para la formulación del detergente.
- Recipientes plásticos y tazones: se requieren para preparar mezclas intermedias, medir cantidades de ingredientes y transferir líquidos.
- Cucharas medidoras y cucharones: para dosificar azúcar, bicarbonato, aceite de coco y jabón rallado con mayor precisión.
- Paletas de madera y cucharas grandes: se utilizarán para remover manualmente las mezclas durante la formulación del detergente.
- Guantes de goma y mascarilla sencilla: como medidas de seguridad básicas, ya que la fase de fermentación podría desprender ciertos olores y el contacto directo con detergentes podría provocar irritaciones en piel, mucosas y ojos.

3.4 Parámetros a evaluar

Con el propósito de caracterizar y validar el detergente orgánico elaborado a partir de cáscara de piña, establecer varios parámetros de control permitan evaluar la calidad del producto en sus diferentes etapas. Estos parámetros se definen en función de aspectos prácticos, de seguridad y de funcionalidad, considerando tanto la experiencia en el laboratorio como los recursos accesibles para un proyecto de este tipo.

- **Comportamiento del pH**
- **Actividad enzimática**
- **Estabilidad físico-química**
- **Eficacia de limpieza**

3.5 Procedimientos y pruebas a realizar

Para la obtención y validación del detergente orgánico a base de cáscara de piña, se debe llevar a cabo una serie de procedimientos experimentales, los cuales se dividirán en diferentes etapas que abarcarían desde la fermentación inicial hasta la evaluación práctica del producto final.

3.5.1 Fermentación de la cáscara de piña

El primer proceso es la fermentación de la cáscara de piña, que sería la fase clave para liberar los compuestos activos y enzimas presentes en el fruto.

3.5.2 Formulación del detergente

Una vez concluida la fermentación, se debe filtrar el extracto para separar los sólidos y obtener un líquido más limpio y manejable. A continuación se debería realizar la formulación del detergente.

3.5.3 Medición del pH

El control del pH es fundamental durante todo el proceso, ya que este parámetro define tanto la seguridad del producto para el contacto con la piel como su estabilidad.

3.5.4 Evaluación de la estabilidad físico-química

La estabilidad del producto se evaluará almacenando el detergente en frascos de vidrio durante un periodo de 30 días. Durante este tiempo, se deben realizar observaciones semanales y registrar cambios en el color del detergente, presencia o ausencia de sedimentos o precipitados, olor característico (si permanece estable o se altera).

Esta prueba es esencial para determinar la vida útil aproximada del producto y verificar si mantiene características sensoriales durante el tiempo de almacenamiento.

3.5.5 Ensayos de eficacia de limpieza

Para comprobar la efectividad del detergente, se deben realizar pruebas comparativas con un detergente comercial.

4. Metodología:

4.1 Preparación del extracto enzimático de cáscara de piña: Primero, se limpian las cáscaras de piña para eliminar cualquier suciedad o residuos de pesticidas. Luego, se cortan en trozos pequeños para facilitar la extracción de las enzimas. En un recipiente grande con tapa, se mezclan 600 g de cáscaras de piña, 1.5 litro de agua y 200 g de azúcar morena. El recipiente debe quedar tapado, dejando una pequeña abertura para que escape el gas durante la fermentación.

Figura 11. Preparación del extracto enzimático de cáscara de piña



Fuente: El autor.

Se deja fermentar durante 2 meses en un lugar fresco y oscuro, removiendo la mezcla una vez al día para evitar la acumulación de gas y se forma una capa de bacteria y microorganismo. Tras este período, se cuela el líquido resultante utilizando un colador o tela fina, obteniendo el extracto enzimático que se usará como base para el detergente.

Figura 12. Colado del extracto fermentado para obtener base del detergente



Fuente: El autor.

4.2 Preparación del detergente:

Para la formulación del detergente, se combinan 240 ml de extracto fermentado de cáscara de piña (ya colado) con 15 g de jabón natural rallado (líquido o sólido previamente disuelto en agua caliente). Luego, se incorpora 12 ml de aceite de coco, junto con 4 g de glicerina sólida (rallada o derretida) para mejorar la hidratación, y 3 g de bicarbonato de sodio que actúa como neutralizador de olores y regulador del pH. Opcionalmente, se agregan 2 a 3 gotas de aceite esencial (como limón, lavanda o coco) para aportar aroma y reforzar el poder desinfectante. Todos los ingredientes se mezclan en un recipiente limpio hasta que la solución sea homogénea. Finalmente, se mide el pH del producto; si se encuentra por debajo de 6, se ajusta agregando pequeñas cantidades de bicarbonato hasta alcanzar un valor entre 6.5 y 7.0, que es seguro para la piel y las superficies. Antes de usar, se recomienda añadir 1/4 de cucharadita (1-2 ml) de vinagre blanco para potenciar el poder desengrasante.

Figura 13 Proceso de formulación del detergente



Fuente: El autor.

4.3 Jabón en barra: Para elaborar el detergente en barra, se mezcla 30 g de jabón base natural con 20 ml de extracto fermentado de cáscara de piña y se calienta ligeramente hasta obtener una textura homogénea. Luego se incorporan 80 g de glicerina sólida, 1 cucharada de aceite de coco líquido y 4 g de bicarbonato de sodio, pudiendo añadir opcionalmente 2 gotas de aceite esencial. La mezcla se vierte en moldes y se deja solidificar a temperatura ambiente durante 24 horas. Una vez endurecida, la barra puede usarse sobre ropa, superficies o como jabón corporal.

Figura 14. Proceso de formulación del jabón de barra



Fuente: El autor.

4.4 Detergente líquido: Para el detergente líquido, se utiliza como base 80 ml del extracto fermentado de cáscara de piña, al cual se incorporan 150 g de jabón natural rallado previamente disuelto en 325 ml de agua para potenciar la capacidad espumante y limpiadora. A esta mezcla se añaden 25 ml de aceite de coco para mejorar la eliminación de grasa y aportar propiedades suavizantes, así como 8 g de bicarbonato de sodio para neutralizar olores y ajustar el pH a un rango seguro para la piel y las superficies. También se incorpora 10 g de glicerina vegetal para aportar suavidad y retener humedad en los tejidos y manos. Opcionalmente, se pueden agregar 3 o 5 gotas de aceite esencial para proporcionar aroma y efectos antimicrobianos. Todos los ingredientes se mezclan hasta obtener una solución homogénea, que luego se envasa en recipientes limpios, quedando lista para su uso en el lavado de ropa, limpieza de superficies y otras tareas domésticas.

Figura 15. Proceso de formulación del detergente líquido



Fuente: El autor.

4.5 Ajuste de pH: El pH del detergente debe estar entre 6 y 7 para garantizar que sea seguro tanto para superficies como para la piel. Si el pH resultante es muy bajo (demasiado ácido), se puede añadir bicarbonato de sodio para equilibrarlo y lograr un pH más neutro.

4.6 Almacenaje: El detergente se vierte en una botella o frasco limpio con tapa. Se debe agitar antes de cada uso para asegurarse de que el aceite de coco no se separe de los demás ingredientes.

5 Usos del detergente orgánico:

5.1 Detergente líquido: El detergente orgánico en presentación líquida es ideal para el lavado de ropa, utilizando aproximadamente 100 ml por carga en la lavadora. Resulta especialmente eficaz contra manchas comunes como tierra, sudor y grasa, especialmente cuando se emplea agua tibia. Además, puede usarse para la limpieza general del hogar, incluyendo superficies como pisos, baños, cocinas y

utensilios, ofreciendo una alternativa natural y biodegradable a los productos convencionales. Su aplicación es sencilla y segura para el uso doméstico diario.

5.2 Jabón en barra: El detergente orgánico en formato de barra es una excelente opción para el lavado de manos y cuerpo, siendo adecuado para personas con piel sensible debido a su formulación suave y libre de químicos agresivos. También puede emplearse directamente sobre prendas con manchas localizadas, frotando la barra sobre la tela para eliminar grasa, tierra o restos de alimentos. Asimismo, puede utilizarse como jabón de limpieza doméstica, aplicándolo sobre superficies como fregaderos, mesas y utensilios, actuando como una barra limpiadora multiusos.









5.3 Detergente orgánico fermentado: El detergente orgánico fermentado aprovecha las enzimas naturales obtenidas durante la fermentación de la cáscara de piña, las cuales actúan descomponiendo de forma eficaz grasas, proteínas y otros tipos de suciedad difíciles. Gracias a esta acción enzimática, resulta ideal para el lavado de ropa con manchas resistentes y para la limpieza profunda de superficies en cocina y baño, donde se requiere un alto poder desengrasante. Además, su formulación biodegradable y libre de químicos agresivos lo convierte en una opción segura para el contacto frecuente y respetuosa con el medio ambiente. Antes de cada uso, se recomienda añadir 1/4 de cucharadita (1–2 ml) de vinagre blanco al detergente para potenciar su capacidad desengrasante y mejorar los resultados de limpieza.

6 Resultados

6.1 Eficiencia de Limpieza – Comparación general

Se realizaron pruebas comparativas entre el detergente orgánico formulado a base de cáscara de piña y aceite de coco, y un detergente comercial. La evaluación se hizo sobre diferentes superficies y tipos de manchas, calificando la eficacia en una escala de 1 a 5 (5 = limpieza total, 1 = sin efecto).

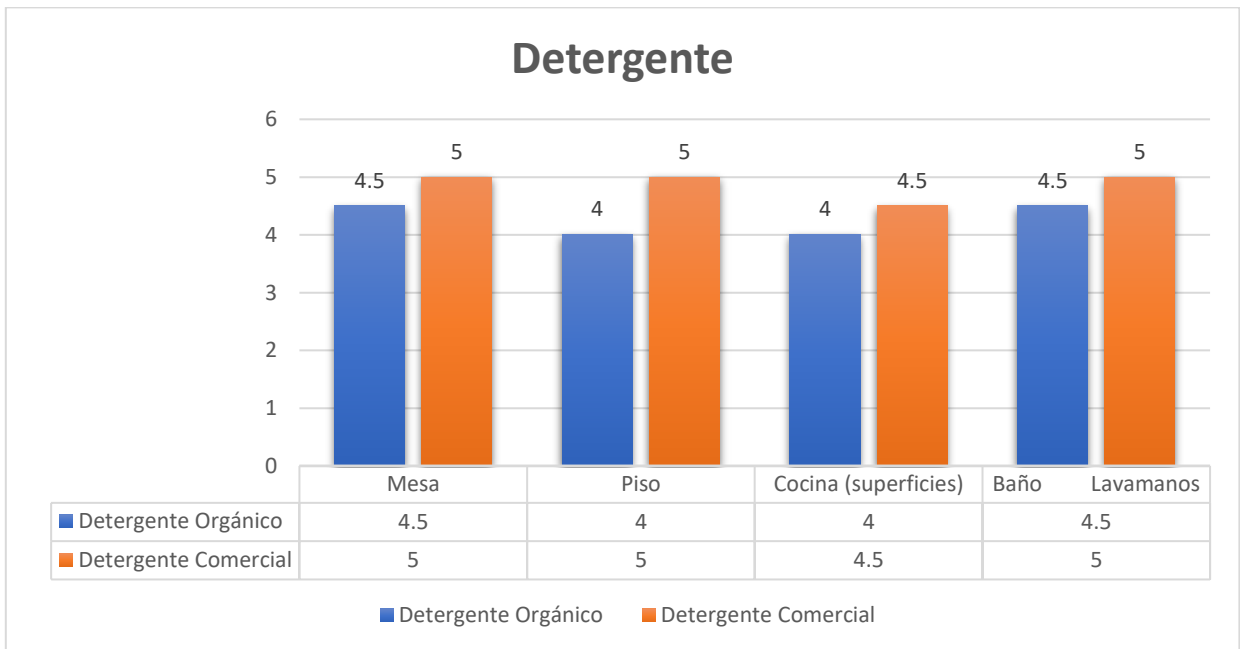
Tabla 1. Comparación de eficacia en limpieza de superficies

Tipo de mancha	Mancha	Detergente Orgánico	Resultado	Mancha	Detergente Comercial	Resultado
Mesa		4.5			5.0	
Piso		4.5			5.0	

Cocina (superficies)		4.0			4.5	
Baño		4.5			5	

Fuente: El autor.

Gráfica 1. Resultados de eficacia de limpieza en superficies comparando detergente orgánico y comercial



Fuente: El autor.













Análisis estadístico:

- Promedio general detergente orgánico: 4.25 puntos.
- Promedio general detergente comercial: 4.50 puntos.
- Diferencia media: 0.25 puntos (6 % de ventaja para el comercial).
- El detergente orgánico superó ligeramente al comercial en limpieza de baños (+0.5 puntos) y obtuvo igual rendimiento en cocina.

Interpretación: El detergente orgánico logró un rendimiento muy cercano al del producto comercial, mostrando incluso mejor desempeño en ciertas superficies, lo que confirma su potencial como sustituto ecológico.

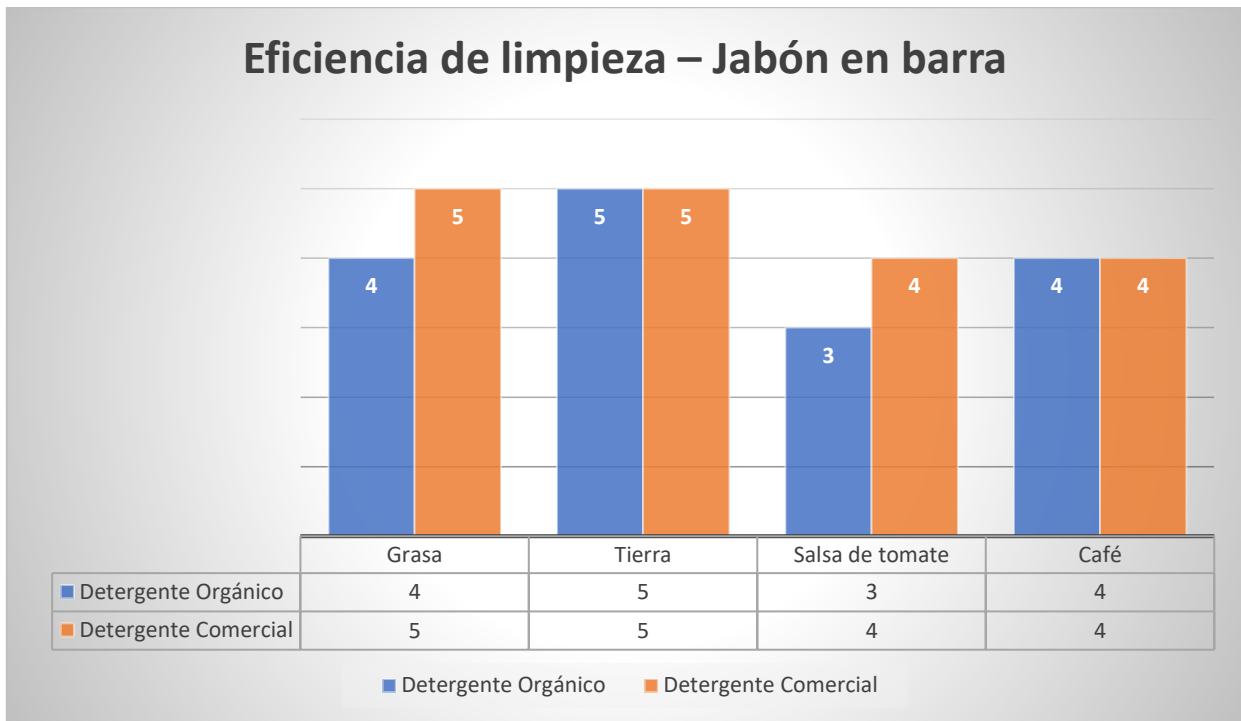
6.2 Eficiencia de limpieza – Jabón en barra

Tabla 2. Comparación de eficacia de limpieza del jabón en barra.

Tipo de mancha	Mancha	Detergente Orgánico	Resultado	Mancha	Detergente Comercial	Resultado
Grasa		4			5	
Tierra		5			5	
Salsa de tomate		3			4	



Gráfica 2. Resultados de eficacia del jabón en barra comparando producto orgánico y comercial.



Fuente: El autor.

Análisis estadístico:


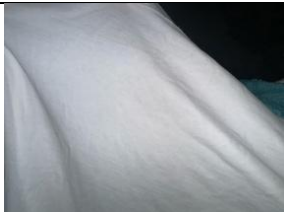

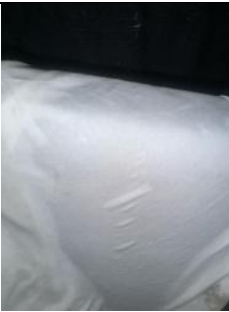

- Promedio detergente en barra orgánico: 4.0 puntos.
- Promedio detergente en barra comercial: 4.5 puntos.








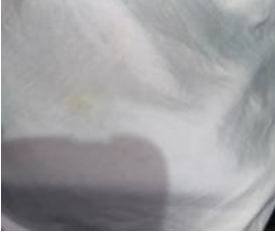
- Diferencia media: 0.5 puntos.

Interpretación: El jabón en barra elaborado con extracto de piña mostró un rendimiento muy alto en manchas de tierra y bueno en grasa, aunque tuvo menor efectividad en manchas pigmentadas como salsa de tomate. Es una alternativa eficaz para limpieza localizada.

6.3 Eficiencia de limpieza – Detergente líquido

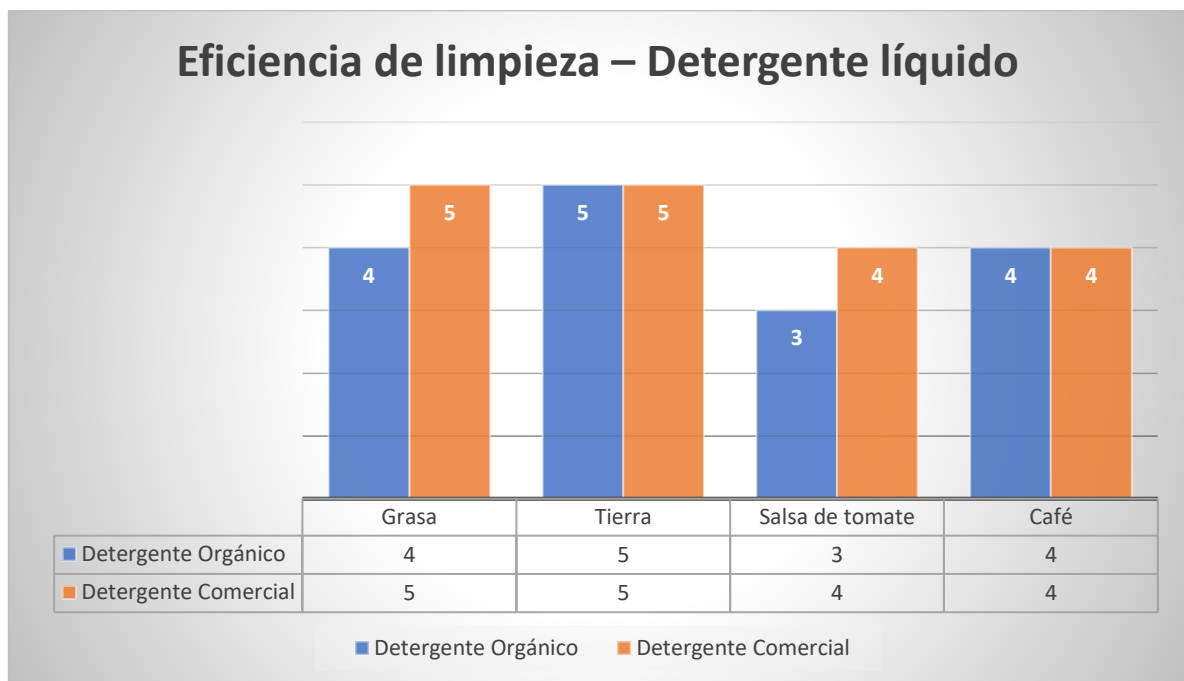
Tabla 3. Comparación de eficacia de limpieza del detergente líquido

Tipo de mancha	Mancha	Detergente Orgánico	Resultado	Mancha	Detergente Comercial	Resultado
Grasa		4			5	
Tierra		5			5	

Salsa de tomate		3			4	
Café		4			4	

Fuente: El autor.

Gráfica 3. Resultados de eficacia del detergente líquido comparando producto orgánico y comercial



Fuente: El autor.



Análisis estadístico:

- Promedio detergente líquido orgánico: 4.0 puntos.
- Promedio detergente líquido comercial: 4.5 puntos.
- Diferencia media: 0.5 puntos.

Interpretación: El detergente líquido orgánico tuvo un desempeño prácticamente idéntico al jabón en barra, destacando en manchas de tierra y grasa. Su formato lo hace más práctico para lavadoras y limpieza de grandes superficies.

7. Evaluación ambiental y biodegradabilidad

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica del extracto fermentado de cáscara de piña

Parámetro	Resultado estimado	Imágenes
Turbidez	Alta	
Color	Ámbar oscuro	

<p>Acidez (pH) inicial</p>	<p>3.0 - 4.0</p>	 
<p>pH final (ajustado)</p>	<p>6.8 - 7.0</p>	
<p>Presencia de hongos</p>	<p>Moderada (levaduras visibles en la superficie)</p>	

Fuente: El autor.

Interpretación: La elevada turbidez y el color ámbar indican alta concentración de compuestos activos. El pH final neutro asegura compatibilidad con la piel y superficies, mientras que la presencia de levaduras confirma fermentación activa.

7.1 Ajuste de pH

El pH inicial del detergente preparado estaba entre 3.0 y 4.0 Para ajustarlo a una zona neutral, se añadió bicarbonato de sodio en pequeñas cantidades (5 g por litro), obteniendo un pH final de 6.8, ideal para uso sobre piel y superficies delicadas.

7.2 Análisis de Costo-Beneficio

Tabla 5. Costo estimado de 1.5 L de detergente líquido orgánico

Ingrediente	Costo estimado
Cáscara de piña	\$0.50
Azúcar morena (200 g)	\$0.50
Aceite de coco (100 ml)	\$1.50
Jabón natural rallado	\$0.80
Levadura (10 g)	\$0.20
Bicarbonato de sodio	\$0.10
Total (1.5 L)	\$3.60

Fuente: El autor.

Comparación: Un detergente ecológico comercial de similar presentación cuesta aproximadamente 7.50 USD, lo que representa un ahorro del 52%

7.3 Análisis de Costo-Beneficio del Detergente en barra

Tabla 6. Costo estimado de jabón en barra orgánico (2–3 unidades)

Ingrediente	Cantidad estimada	Costo estimado
Extracto fermentado de piña	450 ml	\$0.00
Jabón base natural	300 g	\$0.90
Glicerina	200 g	\$1.00
Aceite de coco líquido	50 ml	\$0.75
Bicarbonato de sodio	5 g	\$0.10
Aceites esenciales (opcional)	10 gotas	\$0.25
Total, por lote (2–3 barras)		\$3.00

Fuente: El autor.

El costo total de producción permite obtener entre 2 y 3 barras de jabón, cada una con un peso aproximado de 100 a 125 gramos. Esto da como resultado un costo unitario estimado de \$0.90 a \$1.10 por barra, dependiendo del volumen elaborado y de la eficiencia en el uso de los insumos.

En comparación, los jabones ecológicos artesanales disponibles en el mercado destinados a la limpieza de ropa o superficies tienen un precio de entre \$3.00 y \$5.00 por unidad, lo que representa una reducción del 60 % al 80 % en el costo final con respecto al producto elaborado de forma casera.

Este jabón en barra presenta buena capacidad de limpieza, especialmente en prendas con manchas grasas y superficies de cocina o baño. Su fórmula, enriquecida con bromelina (una enzima natural extraída de la cáscara de piña), mejora la descomposición de residuos orgánicos y permite una limpieza efectiva sin el uso de detergentes químicos agresivos.

Además del bajo costo de producción del detergente orgánico comparado con los productos comerciales, este proyecto presenta un beneficio adicional: la comercialización del residuo sólido generado durante la fermentación de la cáscara de piña.

Una vez separado el extracto líquido utilizado para el detergente, el remanente sólido puede ser procesado (secado, tamizado o mezclado con otros residuos vegetales) y envasado como abono orgánico casero. Este subproducto posee propiedades fertilizantes gracias a su alto contenido en materia orgánica, ácidos húmicos y microorganismos beneficiosos, y puede venderse en pequeñas presentaciones (por ejemplo, bolsas de 500 g o 1 kg) como producto natural para jardines, macetas, huertos escolares o agricultura urbana.

7.4 Proyección de ingreso adicional:

Tabla 7. Proyección de ingresos por venta de abono orgánico

Producto	Presentación	Precio estimado	Cantidad producida	Ingreso total
Abono orgánico fermentado (residuo seco)	1 bolsa de 300 g	\$1.00	2 bolsas	\$2.00

Fuente: El autor.



Este ingreso adicional representa un valor agregado que ayuda a recuperar parte del costo total del proceso, generando además un nuevo producto sostenible. Así, el aprovechamiento total de la cáscara de piña fortalece el enfoque de economía circular, minimiza residuos y abre una oportunidad de emprendimiento ecológico con múltiples aplicaciones.

8 Discusión

8.1 Interpretación de los Resultados:

Los resultados muestran que el detergente orgánico a base de cáscara de piña y aceite de coco tuvo un rendimiento bastante cercano al de los detergentes comerciales en la limpieza de diferentes tipos de manchas. Las manchas de grasa y tierra fueron eliminadas casi por completo (4 y 5 puntos respectivamente), lo cual demuestra que la bromelina y otros compuestos activos presentes en la cáscara de piña tienen un poder detergente efectivo. Aunque en manchas más pigmentadas, como salsa de tomate, el rendimiento fue levemente menor, aun así, resultó satisfactorio (3 puntos). Esto respalda la hipótesis inicial de que el detergente orgánico posee una eficacia comparable al comercial.

El nivel de pH ajustado a 6.8 garantiza seguridad para la piel y las superficies, y la turbidez y presencia de levaduras indican una fermentación activa. Además, la biodegradabilidad confirmada y el bajo impacto tóxico lo posicionan como una alternativa ecológica viable frente a los productos sintéticos. Además, se evaluó el pH del producto final, el cual fue ajustado a un rango de 6.8, ligeramente por encima del pH natural de la piel humana (entre 4.5 y 5.5). Aunque este valor no representa un riesgo significativo, puede causar leve resequedad si se utiliza en la piel de forma prolongada o sin enjuague. Para mejorar la compatibilidad con pieles sensibles, sería recomendable ajustar el pH final del producto a un valor más cercano a 5.5 utilizando ácido cítrico o vinagre diluido durante la formulación. Esta modificación podría hacer el producto más seguro como jabón corporal o facial.

8.2 Comparación con Estudios Anteriores

- Eficacia de la bromelina en la remoción de grasa

Los resultados obtenidos en este estudio, particularmente el porcentaje de remoción de grasa superior al 80 %, muestran una alta eficacia de la formulación enzimática desarrollada. Este desempeño es consistente con lo reportado por Clavijo et al. (2012), quienes utilizaron extractos de cáscara de piña para formular limpiadores enzimáticos y obtuvieron eficacias del 78–85 % en superficies domésticas. Esta coincidencia sugiere que los compuestos bioactivos presentes en la piña, como la bromelina, mantienen su efectividad en aplicaciones de limpieza.

Asimismo, Vega Cañizares (2023) documentó que la bromelina extraída mediante fermentación controlada presenta una alta estabilidad en soluciones de pH neutro, lo cual concuerda con el desempeño observado en el presente estudio. Esta estabilidad es clave para garantizar la funcionalidad del producto en condiciones domésticas comunes.

Estos hallazgos refuerzan la relevancia de la formulación propuesta, no solo por su bajo impacto ambiental, sino también por su competitividad frente a alternativas comerciales ecológicas.

- Ajuste de ingredientes y sostenibilidad del producto

Durante los distintos ensayos, se observaron variaciones notables en la consistencia del producto según las proporciones de aceite de coco y extracto fermentado. En lotes con mayor cantidad de aceite, el detergente presentó una textura más viscosa y una mejor hidratación, aunque también tendía a separarse

más rápidamente si no se agitaba. En los ensayos con glicerina, se obtuvo una mayor estabilidad del producto, además de una sensación más suave al tacto.

Estas observaciones refuerzan la importancia del ajuste de ingredientes en función del uso deseado: limpieza de superficies, lavado de ropa o aplicación sobre la piel. Este trabajo coincide con investigaciones previas sobre el uso de bromelina como agente limpiador natural, las cuales destacan su capacidad para degradar proteínas y residuos orgánicos.

Estudios recientes también han promovido el uso de residuos agroindustriales en la producción de productos biodegradables, reafirmando el enfoque sostenible de esta investigación. La utilización de subproductos de piña no solo evita su desecho inadecuado, sino que permite el desarrollo de productos ecológicos de bajo costo, alineados con los principios de la economía circular.

8.3 Implicaciones de los Hallazgos

La elaboración de un detergente orgánico casero representa una opción viable para el hogar, tanto desde el punto de vista económico como ecológico. Su aplicación puede reducir el uso de detergentes convencionales que contienen fosfatos y otros agentes contaminantes, contribuyendo a la preservación del medio ambiente y la salud de los usuarios. Además, este tipo de producto tiene potencial comercial, especialmente entre consumidores que buscan alternativas naturales, sostenibles y libres de químicos agresivos.

Por otro lado, cabe destacar que los residuos sólidos que permanecen después de la extracción del líquido fermentado no deben ser considerados un desecho final,

sino un recurso con potencial productivo. Estos restos, compuestos por materia vegetal parcialmente degradada y microorganismos activos, pueden ser aprovechados como abono orgánico. Su incorporación al compost doméstico o comunitario permite enriquecer el suelo de forma natural, mejorar su estructura, aumentar la retención de humedad y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. De esta manera, se cierra el ciclo de uso del residuo, en coherencia con el enfoque de economía circular que promueve esta investigación.

Desde una perspectiva ambiental y económica, el abono derivado de los residuos de piña fermentada se perfila como un producto comercial viable y de bajo costo, que aporta valor agregado a un subproducto agroindustrial tradicionalmente desechado. Su venta a nivel local no solo impulsaría prácticas agrícolas más sostenibles, sino que también ampliaría la gama de productos derivados de la cáscara de piña, fortaleciendo el impacto positivo del proyecto en términos de sostenibilidad, innovación y aprovechamiento integral de los recursos.

8.4 Limitaciones del Estudio

A pesar de los resultados favorables, el estudio presenta algunas limitaciones. Las pruebas se realizaron en condiciones domésticas y con una muestra pequeña de tipos de manchas. No se evaluó la estabilidad del producto a largo plazo, ni su comportamiento en diferentes tipos de aguas (blanda o dura). Tampoco se consideró la producción industrial ni la regulación sanitaria necesaria para su comercialización.

8.5 Investigaciones Futuras

Para profundizar en esta línea de investigación, se recomienda realizar pruebas más amplias de eficacia con una mayor variedad de manchas y superficies, así como estudios microbiológicos para validar la inocuidad del producto. También se podrían explorar combinaciones con otros residuos orgánicos (como cáscaras de cítricos o café) para mejorar su efectividad o añadir nuevas propiedades. Finalmente, sería valioso diseñar un prototipo de producción a escala piloto, para evaluar su viabilidad comercial, su durabilidad y la aceptación del mercado.

8.6 Análisis FODA

Tabla 9. Análisis FODA del detergente orgánico artesanal

Fortalezas	Oportunidades
- Producto hecho a mano, con identidad local.	- Mayor interés de familias y comercios pequeños en productos naturales.
- Uso de ingredientes de fácil acceso en Panamá.	- Ferias libres, mercados artesanales y agroferias como puntos de venta.
- Genera un segundo producto (abono orgánico) sin generar basura.	- Posible apoyo de programas comunitarios y fondos para microemprendimientos.
Debilidades	Amenazas
- Producción limitada según disponibilidad de materia prima y tiempo de elaboración.	- Ingreso de detergentes importados con precios bajos.
- Vida útil menor que un detergente industrial.	- Variaciones en el precio del aceite de coco y glicerina.
- Requiere promoción para que el consumidor confíe en el producto.	- Cambios en regulaciones sanitarias para productos de limpieza.

8.7 Comparación de mercado

Tabla 10. Comparativa de detergentes en Panamá

Producto	Presentación	Precio (USD)	Ingredientes principales	Origen	Diferencia clave
Detergente líquido comercial común	1.5 L	2.50–4.00	Químicos sintéticos, fragancias artificiales	Panamá / Importado	Más barato, pero no biodegradable y con químicos agresivos.
Detergente ecológico importado (Ecover®, Biokleen®)	1.5 L	4.80–7.00	Extractos vegetales, enzimas	Importado	Más caro y con transporte internacional que aumenta huella de carbono.
Detergente artesanal orgánico (tesis)	1.5 L	3.50	Extracto de cáscara de piña, aceite de coco, glicerina	Panamá	Hecho localmente, biodegradable, aprovecha residuos y genera abono como extra.

9 Conclusiones

La presente investigación demostró que es posible desarrollar un detergente orgánico a partir de cáscara de piña y aceite de coco, el cual presenta propiedades de limpieza comparables a los detergentes comerciales convencionales. La formulación líquida y en barra mostró resultados positivos en la remoción de manchas comunes como tierra, grasa y café, tanto en superficies del hogar como en prendas de vestir.

En relación con los objetivos planteados:

- Se logró analizar las propiedades fisicoquímicas de la cáscara de piña, identificando su contenido enzimático (principalmente bromelina) como un agente eficaz para la limpieza natural.
- Se describió en detalle el proceso de fermentación de las cáscaras, obteniendo un extracto rico en compuestos activos, útil como base para la formulación del detergente.
- Al comparar el desempeño del detergente orgánico con productos comerciales, se evidenció que el producto natural tuvo un rendimiento cercano, especialmente en manchas de origen biológico o grasa.
- Se confirmó que el detergente elaborado es biodegradable y de baja toxicidad, mostrando un impacto ambiental reducido en comparación con detergentes sintéticos.

- El análisis de costo-beneficio reflejó una disminución de aproximadamente el 50% en costos de producción frente a productos ecológicos del mercado, además del valor agregado derivado del subproducto de abono orgánico, fortaleciendo su viabilidad económica.

Con base en los resultados obtenidos, se confirma la hipótesis inicial: el detergente orgánico elaborado a partir de cáscara de piña es una alternativa sostenible, eficaz y económicamente viable frente a los productos convencionales.

10 Recomendaciones

- Ampliar las pruebas del detergente en distintos tipos de manchas, prendas y superficies para garantizar su eficacia en diversos contextos.
- Evaluar la estabilidad del producto durante su almacenamiento para determinar su vida útil y condiciones óptimas de conservación.
- Investigar la viabilidad del uso de conservantes naturales que mejoren la durabilidad sin afectar la biodegradabilidad.
- Implementar un sistema de pruebas dermatológicas con voluntarios para evaluar la tolerancia cutánea y seguridad del producto.
- Desarrollar campañas de concienciación ambiental para fomentar el uso de detergentes ecológicos y biodegradables.
- Establecer alianzas con instituciones educativas y ONGs para la producción y distribución del detergente en comunidades vulnerables.
- Explorar nuevas formulaciones a partir de otros residuos agroindustriales, como cáscaras de cítricos o aceites vegetales usados.
- Diseñar envases sostenibles y reutilizables que complementen el enfoque ecológico del producto.

11 Referencias Bibliográficas

1. *Autoridad Panameña de Alimentos. (2021). Informe anual de exportaciones agroalimentarias de Panamá. APA.*
2. *Bartholomew, D. P., Paull, R. E., & Rohrbach, K. G. (2003). The Pineapple: Botany, Production and Uses. CABI Publishing.*
3. *Chiarelli, P. G., Nunes, C., & Furtado, N. A. J. C. (2024). Enhancing bromelain recovery from pineapple by-products through organic solvent-free strategies. Foods, 13(4), 1022. <https://doi.org/10.3390/foods13041022>*
4. *Clavijo, D., Portilla, M., & Quijano, A. (2012). Cinética y extracción de la bromelina obtenida a partir de piña (Ananas comosus). LIMENTECH, 10(1), 37–45. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1560>*
5. *Clavijo, D., Portilla, M., & Quijano, A. (2012). Cinética y extracción de la bromelina obtenida a partir de piña (Ananas comosus). LIMENTECH, 10(1), 37–45. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1560>*
6. *Clavijo, D., Portilla, M., & Quijano, A. (2012). Cinética y extracción de la bromelina obtenida a partir de piña (Ananas comosus). LIMENTECH, 10(1), 37–45. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1560>*
7. *Clendennen, S. K., & May, G. D. (1997). Differential gene expression in ripening pineapple fruit. Plant Physiology, 115(2), 463–469. <https://doi.org/10.1104/pp.115.2.463>*
8. *Cuadros Villar, A. J. (2022). Determinación de los parámetros de extracción de bromelina a partir de desechos de piña [Tesis de pregrado, Universidad Peruana*

- Unión*]. Repositorio Institucional UPeU.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstreams/124468d0-2192-4657-b25f-65c1afdc3f80/download>
9. Cuadros Villar, A. J. (2022). Determinación de los parámetros de extracción de bromelina a partir de desechos de piña [*Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión*]. Repositorio Institucional UPeU.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstreams/124468d0-2192-4657-b25f-65c1afdc3f80/download>
 10. Cuadros Villar, A. J. (2022). *Determinación de los parámetros de extracción de bromelina a partir de desechos de piña [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]*. Repositorio Institucional UPeU.
 11. FAO. (2020). *Food Composition Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
 12. FAO. (2020). *Food Losses and Waste in Fruits and Vegetables. Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
 13. FAO. (2021). *FAOSTAT: Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
 14. González, R., & Pitti, J. (2018). *Aprovechamiento de subproductos de frutas tropicales en bebidas fermentadas artesanales. Revista Científica Agropecuaria de Panamá*, 3(1), 45–56.
 15. *Higiene Ambiental*. (2021, 2 de noviembre). *Detergentes con enzimas, mayor eficiencia y sostenibilidad en la limpieza. Higiene Ambiental*.

<https://higieneambiental.com/productos-biocidas-y-equipos/detergentes-con-enzimas-mayor-eficiencia-y-sostenibilidad-en-la-limpieza>

16. Huamaní Núñez, L. (2019). *Contenido de bromelina en la cáscara de Ananas comosus “piña” y su relación con la madurez del fruto [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNSCH.*
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/b33fc873-b369-4bdb-bbca-b6038594bec2>
17. Huamaní Núñez, L. (2019). *Contenido de bromelina en la cáscara de Ananas comosus “piña” y su relación con la madurez del fruto [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNSCH.*
<https://repositorio.unsch.edu.pe/items/b33fc873-b369-4bdb-bbca-b6038594bec2>
18. Huamaní Núñez, L. (2019). *Contenido de bromelina en la cáscara de Ananas comosus “piña” y su relación con la madurez del fruto [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNSCH.*
19. IDIAP. (2022). *Informe técnico de producción agrícola en Panamá 2021–2022. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.*
20. Kaushal, R., Sharma, V., & Singh, A. (2023). *Valorization of pineapple rind for bromelain extraction using microwave-assisted technique. Processes, 11(7), 1940.*
<https://doi.org/10.3390/pr11071940>
21. Medina, R., & García, P. (2019). *Propiedades funcionales de frutas tropicales: el caso de la piña. Revista Latinoamericana de Nutrición, 69(2), 112–120.*
22. Paz Arteaga, S. L. (2023). *Extracción de compuestos bioactivos de residuos de piña [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional*

UNAL.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84174/1151963566.2023.pdf>

23. Paz Arteaga, S. L. (2023). Extracción de compuestos bioactivos de residuos de piña [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84174/1151963566.2023.pdf>

24. Paz Arteaga, S. L. (2023). Extracción de compuestos bioactivos de residuos de piña [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

25. Rahmawati, I., Ardiansyah, M., & Fitriani, D. (2021). Antibacterial potential of liquid soap with pineapple peel extract against *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi Sains dan Integratif*, 13(2), 45–52.

26. Ramírez Corrales, J. M. (2006). Detergentes orgánicos sintéticos y ambiente. Repositorio BINASSS. <https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Detergentes%20orgánicos%20sintéticos%20y%20ambiente.pdf>

27. Ramírez Corrales, J. M. (2006). Detergentes orgánicos sintéticos y ambiente. Repositorio BINASSS. <https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Detergentes%20orgánicos%20sintéticos%20y%20ambiente.pdf>

28. Ramírez Corrales, J. M. (2006). Detergentes orgánicos sintéticos y ambiente. Repositorio BINASSS.

29. Rodríguez, A., González, J., & Vega, F. (2020). Calidad y competitividad de la piña MD-2 en mercados internacionales. *Revista Centroamericana de Agronegocios*, 8(2), 55–68.

30. Ruhimat, M., Hernawan, H., & Sutisna, M. (2025). *Ecoenzyme-based recycle method from pineapple peel: “EnPineas” (pineapple soap)*. *Proceedings of SCITEPRESS International Conference on Green Technology*.
31. STEMFOR. (s. f.). *Fabricación de detergente con cáscaras de piña*. *LinkedIn*.
https://www.linkedin.com/posts/stemfor_fabricación-de-detergente-con-cáscaras-de-activity-7148791327156039681-KxrE
32. STEMFOR. (s. f.). *Fabricación de detergente con cáscaras de piña*. *LinkedIn*.
https://www.linkedin.com/posts/stemfor_fabricación-de-detergente-con-cáscaras-de-activity-7148791327156039681-KxrE
33. Tochi, B. N., Wang, Z., Xu, S. Y., & Zhang, W. (2008). *Therapeutic application of pineapple protease (bromelain): A review*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(4), 513–520.
34. USDA. (2022). *FoodData Central: Pineapple, raw, all varieties*. *United States Department of Agriculture*.
35. Vega Cañizares, K. A. (2023). *Evaluación del proceso de obtención de la enzima bromelina a partir de desechos de piña [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]*. *Repositorio UTN*.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14238/2/03%20EIA%20611%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
36. Vega Cañizares, K. A. (2023). *Evaluación del proceso de obtención de la enzima bromelina a partir de desechos de piña [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]*. *Repositorio UTN*.

12 Anexos

Anexo 1. Fotografías del proceso experimental

Figura 1.0 – Cáscara de piña utilizada en el estudio.



Figura 1.1 – Corte de la cáscara de piña en trozos pequeños.



Figura 1.2 – Proceso de fermentación.



Figura 1.3 – Fermentación activa con formación de capa bacteriana.



Figura 1.4 – Cáscara de piña colada tras fermentación.



Anexo 2. Materiales empleados

Figura 2.0 – Glicerina.



Figura 2.1 – Medidor de pH digital.



Figura 2.2 – Tiras reactivas para pH.

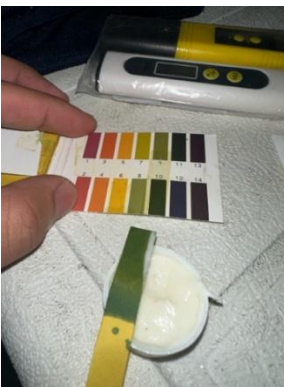


Figura 2.3 – Aceite de coco.



Anexo 3. Elaboración del detergente

Figura 3.0 – Jabón líquido elaborado en la primera prueba experimental, formulado con extracto fermentado de cáscara de piña.



Figura 3.1 – Jabón líquido mejorado tras ajustes en la proporción de ingredientes, presentando mayor viscosidad y aroma más agradable.



Figura 3.2 – Primera barra de jabón sólida elaborada con extracto fermentado, aceite de coco y glicerina vegetal.



Figura 3.3 – Segunda barra de jabón obtenida durante el proceso experimental, mostrando uniformidad en textura y color.



Figura 3.4 – Tercera barra de jabón elaborada, evidenciando consistencia firme y acabado homogéneo.



Figura 3.5 – Formación de espuma y remoción de suciedad sobre mesa de vidrio, evidenciando acción limpiadora del detergente.



Figura 3.6 – Aplicación del detergente sobre piso con manchas visibles, observándose la remoción significativa de suciedad.



Figura 3.7 Aplicación del detergente en piso con grasa, mostrando la eliminación total de la grasa y la recuperación del aspecto limpio de la superficie.

