

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE GALLETAS CON
INCORPORACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE BANANO**

POR:

ISABELLA MICHELLE FIGUEROA REYES

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE GALLETAS CON
INCORPORACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE BANANO**

POR:

ISABELLA MICHELLE FIGUEROA REYES

ASESOR PRINCIPAL:

KATY MARCELA CASTELLANOS REYES M.Sc.

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por acompañarme en cada momento de este proceso. Gracias por iluminar mi camino, brindarme paciencia en los momentos difíciles, darme la sabiduría para poder permitirme haber llegado hasta aquí.

A mis padres, José Nectalí Figueroa y María Francisca Reyes Antúnez, por su amor incondicional, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, constancia y dedicación. Gracias por su apoyo incondicional, por cada palabra de aliento y por enseñarme que con fe y perseverancia todo es posible. Este logro también es suyo, porque sin ustedes, este sueño no habría sido una realidad.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, por ser mi guía en todo momento, por darme la sabiduría, la inteligencia y la perseverancia necesarias para no rendirme, incluso cuando el camino se volvía difícil. Gracias por fortalecer mi fe y recordarme que cada esfuerzo tiene su recompensa.

A mis padres, José Nectalí Figueroa y María Francisca Reyes Antúnez con todo mi amor y gratitud, por estar siempre a mi lado en este camino hacia el cumplimiento de uno de mis mayores sueños. Gracias por ser mi apoyo moral, por sus palabras de aliento, por sus sacrificios y por nunca dejarme sola. Todo lo que soy y lo que he logrado se lo debo a ustedes.

A mis asesores, M Sc. Katy Castellanos, PhD. Mario Gonzales y la M Sc. Debora Mejía gracias por su guía y orientación durante el desarrollo de esta investigación. Aprecio profundamente su paciencia, su dedicación y por haber compartido conmigo parte de sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales para culminar este trabajo.

A Jenkell Savillón, gracias por ser un apoyo incondicional, por estar para mí a pesar de la distancia y por recordarme siempre que soy capaz de lograr todo lo que me proponga.

A mi mejor amigo, Jarod Mejía, gracias por tu amistad sincera, por estar presente en los momentos difíciles y por tu apoyo incondicional.

Y a mis amigos y compañeros Allan Gonzales, Juanangel Vázquez, Carlos Inestroza, Shelsse Bonillas, Shermy Martínez, Anuar López, Angie Erazo, Janella Salinas, Fabiola Cáceres y Myriam Funes, gracias por compartir conmigo esta etapa, por sus risas, consejos y compañía.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general:.....	3
2.2. Objetivos específicos:	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Subproductos agroindustriales	4
3.2. Aprovechamiento de subproductos.....	4
3.3. Banano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	5
3.4. Cáscara de banano	6
3.5. Harina de cáscara de banano.....	6
3.6. Galletas	7
3.6.1. Incorporación de harina de cáscara de banano en galletas	7
3.7. Propiedades fisicoquímicas.....	8
3.8. Análisis microbiológicos	9
IV. MATERIALES Y MÉTODO	10
4.1. Ubicación de la investigación	10
4.2. Obtención de la materia prima.....	10
4.3. Materiales.....	11
4.3.1. Equipos:	11

4.4.	Metodología:	12
4.4.1.	Etapla 1. Obtención de la harina de cáscara de banano	12
4.4.2.	Etapla 2. Formulación y elaboración de las galletas.....	13
4.4.3.	Etapla 3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos	15
4.5.	Análisis estadístico	19
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
5.1.	Análisis de color	21
5.2.	Análisis fisicoquímicos.....	25
5.2.1.	Minerales	27
5.2.2.	Análisis microbiológicos	28
VI.	CONCLUSIONES	29
VII.	RECOMENDACIONES	30
VIII.	BIBLIOGRAFIA	31
ANEXOS		35

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Equipos para el desarrollo de la investigación	11
Tabla 2 Formulación de las galletas	14
Tabla 3 Distribución de los tratamientos	20
Tabla 4 Análisis de color de la harina	21
Tabla 5 Análisis de color de las galletas.....	22
Tabla 6 Análisis fisicoquímicos	25
Tabla 7 Análisis de minerales de calcio, fósforo y magnesio.....	27
Tabla 8 Análisis de minerales de zinc, manganeso, potasio y hierro	27
Tabla 9 Análisis microbiológicos de las galletas.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ubicación de la Universidad Nacional de Agricultura	10
Figura 2 Etapas para el desarrollo de la investigación	12
Figura 3 Flujograma del proceso para la obtención de la harina de cáscara de banano	13
Figura 4 Flujograma de Proceso de Elaboración de las galletas	14
Figura 5 Diferencia de color de las galletas	24

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Harina de cáscara de banano.....	35
Anexo 2 Galletas a partir de harina de cáscara de banano	35
Anexo 3 Análisis fisicoquímicos.....	36
Anexo 4 Análisis de minerales en las galletas	36
Anexo 5 Análisis microbiológicos	37

Figueroa Reyes, I.M. (2025). Desarrollo y caracterización de la calidad de galletas con incorporación de harina de cáscara de banano. Tesis Ing. En Tecnología Alimentaria, Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 49

RESUMEN

La industria agroalimentaria produce grandes volúmenes de subproductos que, al ser desechados, generan pérdidas económicas y afectan el ambiente. La cáscara de banano, que representa hasta el 40 % del fruto, destaca por su alto contenido de fibra. Su aprovechamiento en la elaboración de galletas permite mejorar su valor nutricional. El objetivo de este estudio fue desarrollar y caracterizar galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de banano, evaluando sus propiedades fisicoquímicas y el contenido mineral. Las cáscaras de banano fueron lavadas, tratadas con una solución salina al 1%, deshidratadas a 60 °C por 8.5 h, y sometidas a molido para obtener harina. Se formularon cuatro tratamientos de galletas con 0 %, 9 %, 12 % y 15 % de sustitución de harina de cáscara de banano. Se evaluaron propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, color, humedad), contenido mineral y análisis microbiológicos. Se utilizó una prueba post hoc tukey ($p < 0.05$). En el porcentaje de humedad el tratamiento 0% presentó la media más baja con 13.48% de humedad, mientras que el tratamiento 4 mostró el valor más alto de 17.7% esta diferencia puede estar relacionada con la capacidad hidrofílica de los constituyentes del banano. En cuanto al pH se pudo observar que el tratamiento con 0% presentó un pH de 8.45 mientras que los tratamientos con 9, 12 y 15 % de harina de cáscara de banano fueron disminuyendo entre valores de 7.50-7.80 mostrando diferencias entre los tratamientos. Respecto al contenido mineral, donde el tratamiento 4 mostró mayor contenido de potasio (7613.5 mg/Kg), y el tratamiento 2 sobresalió en el contenido de fósforo (1513.7 mg/Kg), mostrando un efecto directo de la formulación. En el análisis de color a medida que se aumentó el porcentaje de la harina de cáscara de banano, las galletas se oscurecieron (L bajó de 41.07 a 26.52), disminuyeron los tonos rojizos (a de 15.47 a 8.21–9.15) y aumentaron los amarillos (b* hasta 23.58), generando un cambio de color visible. Las galletas mostraron ausencia de coliformes totales y *E.coli*. La incorporación de la harina de cáscara de banano mejora las características fisicoquímicas y el contenido de minerales de las galletas. Por lo que, el uso

de este subproducto es una alternativa para impulsar prácticas sostenibles y fomentar la innovación en alimentos mejorando la calidad.

Palabras claves: aprovechamiento, subproductos, enriquecimiento, sostenibilidad

I. INTRODUCCIÓN

La industria agroalimentaria genera una gran cantidad de subproductos durante el procesamiento de materias primas, los cuales, en muchos casos, son descartados sin un aprovechamiento adecuado, generando impactos ambientales negativos y pérdidas económicas considerables. Dentro de este contexto, se ha promovido el uso de residuos agroindustriales como insumos en nuevos productos alimentarios, en concordancia con los principios de la economía circular y el desarrollo sostenible (Preciado-Saldaña et al., 2022).

En este sentido, uno de los subproductos con alto potencial de aprovechamiento es la cáscara de banano ya que, el banano (*Musa paradisiaca*) es una de las frutas tropicales más producidas y consumidas a nivel mundial, generando un volumen considerable de residuos, especialmente cáscara, que representa entre el 30 % y 40 % del peso del fruto. Aunque frecuentemente desechada, esta cáscara posee un alto valor nutricional, destacando por su contenido en fibra, minerales y compuestos fenólicos con actividad antioxidante. Estudios recientes, han demostrado que la transformación de este residuo en harina permite su incorporación en productos como galletas, pan, pastas y bebidas, mejorando su perfil nutricional especialmente en fibra y antioxidantes (Segura-Badilla et al., 2022).

De igual manera, el aprovechamiento de subproductos como la cáscara de banano ha cobrado interés creciente debido a su riqueza en compuestos bioactivos, tales como fibra dietaria, polifenoles, minerales y vitaminas (Mohd Zaini et al., 2022). Diversos estudios han demostrado que la harina obtenida de esta cáscara puede utilizarse como ingrediente funcional en la industria alimentaria, mejorando la calidad nutricional de productos de panadería sin comprometer su aceptabilidad sensorial (Padam et al., 2014).

Explorar la aplicación de harina de cáscara de banano en panificación no solo permite valorizar un residuo agroindustrial abundante, sino también desarrollar alimentos funcionales con potencial beneficio para la salud, lo que representa una alternativa viable y sostenible para la industria alimentaria actual (Preciado-Saldaña et al., 2022).

La incorporación de harina de cáscara de banano en la elaboración de galletas representa una alternativa funcional y sostenible para la industria alimentaria. Dado que las galletas, elaboradas principalmente con harina de trigo refinada, carece de una cantidad significativa de fibra y otros compuestos bioactivos, su enriquecimiento con harina de subproductos como la cáscara de banano puede ayudar a que las galletas sean de mejor calidad nutricionalmente (Padam et al., 2014). En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar y caracterizar la calidad de galletas con incorporación de harina de cáscara de banano, evaluando su impacto en parámetros tecnológicos y nutricionales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Desarrollar y caracterizar la calidad de galletas con incorporación de harina de cáscara de banano.

2.2. Objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la incorporación de harina de cáscara de banano en diferentes niveles (9, 12 y 15%).
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la harina de cáscara de banano y de las galletas, porcentaje de humedad, pH, color, grados brix y contenido mineral.
- Realizar un análisis microbiológico de las galletas enriquecidas con harina de cáscara de banano, evaluando la carga microbiana, coliformes totales y *E. coli* para garantizar la seguridad del producto.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Subproductos agroindustriales

La industria alimentaria constituye uno de los pilares fundamentales del sector económico. Sin embargo, también es responsable de la generación de grandes cantidades de residuos, lo que conlleva importantes pérdidas económicas y un impacto negativo en el medio ambiente. Además, no considera el daño producido en diferentes sectores como el medio ambiente o el alimentario. Es por ello que resulta fundamental lograr una transición de este modelo lineal, hacia nuevos modelos productivos que reduzcan la contaminación medioambiental y generen desarrollo económico y bienestar social (Preciado-Saldaña et al., 2022).

3.2. Aprovechamiento de subproductos

Existe una necesidad continua de crear e inventar nuevos productos con aplicaciones de valor añadido a partir de recursos biológicos alternativos como medio para desarrollar una civilización sostenible (Padam et al., 2014). Muchos de estos desechos agroindustriales son ricos en compuestos bioactivos como fibra dietaria, antioxidantes, vitaminas y minerales, los cuales poseen un alto potencial nutricional y farmacológico. La recuperación y aprovechamiento de estos compuestos permite transformarlos en subproductos de alto valor, promoviendo así modelos de producción más sostenibles (Preciado-Saldaña et al., 2022).

3.3. Banano (*Musa paradisiaca*)

El banano es un cultivo frutal ampliamente cultivado y consumido en la región tropical y subtropical. El consumo promedio de banano es de 12 kg per cápita, lo que lo convierte en el principal cultivo alimentario del mundo después del arroz, el trigo y el maíz. La producción mundial de banano ha aumentado constantemente en los últimos 20 años, de aproximadamente 70 millones de toneladas en 1999 a alrededor de 117 millones de toneladas en 2019 (Mohd Zaini et al., 2022).

El banano (*Musa paradisiaca*) es una fruta tropical con un alto valor económico y nutricional. El cultivo ocupa una posición destacada en la producción agrícola mundial, ya que es la fruta más producida a nivel mundial y se cultiva en más de 130 países, predominantemente en Asia, América Latina y África. India es el mayor productor de banano del mundo, representando el 26.4 % de la producción total. China es el segundo mayor productor, representando el 9.3 %, seguido de Indonesia con el 7.0 % y Brasil con aproximadamente el 5.4 % de la producción mundial de banano (Leonel et al., 2024).

El banano es una fruta tropical que se cultiva en más de 130 países. Es la segunda fruta más producida después de los cítricos, contribuyendo con alrededor del 16 % de la producción mundial de fruta y el cuarto cultivo alimentario más importante después del arroz, el trigo y el maíz. El banano es muy nutritivo y se digiere mejor que muchas otras frutas. Su amplio consumo se debe a sus características sensoriales y a su atractiva textura y sabor. Además, tiene un alto contenido calórico, con una pequeña cantidad de grasa, y es una excelente fuente de fibra dietética, vitamina C, vitamina B6 y manganeso. Los fenoles presentes en el banano son los principales antioxidantes que brindan beneficios para la salud. Varios fenólicos están presentes en el banano, como el ácido gálico, la catequina, la epicatequina, los taninos y las antocianinas (Alzate Acevedo et al., 2021).

3.4. Cáscara de banano

La cáscara de banano es la cáscara exterior (cubierta) de la fruta del banano. La cáscara de banano tiene el potencial de transformarse en alimentos funcionales porque históricamente se consume como alimento y medicina en algunas regiones del mundo. La utilización de cascaras de frutas en la suplementación de nutrientes se basa principalmente en su composición química. Al igual que su contraparte de pulpa, la cáscara de banano contiene rico contenido orgánico (lípidos, fibra, carbohidratos y proteínas) como fuente clave de muchos compuestos bioactivos con diversas funcionalidades (Wafaa M. Hikal, et al., 2022).

La cáscara de banano sirve como un almacén natural de varios fitoquímicos beneficiosos para la salud y existen diferencias significativas en la composición fitoquímica, las propiedades antioxidantes. Es altamente recomendable incluir una combinación adecuada de cascara de frutas en los productos alimenticios, cuyos fitoquímicos actúan de forma sinérgica para reducir el riesgo de enfermedades degenerativas como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, entre otras (Vázquez, 2022).

3.5. Harina de cáscara de banano

El alto contenido de fibra dietética de la harina de cáscara de banano y los altos niveles de los compuestos bioactivos mencionados han permitido la producción de alimentos con funcionalidades notables. Además, el alto valor nutricional de la harina de cáscara de banano representa un subproducto de bajo costo para aplicaciones industriales. Por lo que, la harina de cáscara de banano ha demostrado excelentes usos en diferentes alimentos como panadería, productos culinarios y productos cárnicos, principalmente debido a sus diversos compuestos bioactivos con posibles efectos beneficiosos para la salud (Amini Khoozani et al., 2019).

3.6. Galletas

Las galletas ocupan un lugar destacado entre los productos horneados, principalmente por su diversidad de sabores, su textura crujiente y su fácil digestión. Su gran atractivo radica principalmente en su fácil consumo, su fácil preparación y su potencial de mejora con componentes beneficiosos. Además, las galletas pueden enriquecerse fácilmente con compuestos beneficiosos como los polifenoles para mejorar la salud y reducir la probabilidad de enfermedades (Pomasa et al., 2025).

Las galletas de trigo han ganado una amplia popularidad como refrigerio debido a su conveniencia como producto listo para comer y fácil de almacenar, amplia disponibilidad en diversas variedades y asequibilidad. La facilidad de preparación, consumo, portabilidad y larga vida útil de las galletas las convierten en una opción popular entre los consumidores de todas las edades. Sin embargo, con frecuencia se componen únicamente de una mezcla de mantequilla, azúcar y harina. Por un lado, esto implica que constituyen un alimento alto en calorías; por otro lado, poseen bajos niveles de fibra dietética y compuestos bioactivos (Krajewska & Dziki, 2023).

3.6.1. Incorporación de harina de cáscara de banano en galletas

Diversos estudios han demostrado que el aumento en el consumo de fibra dietética puede desempeñar un papel fundamental en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer de colon, la diverticulosis, la diverticulitis, la diabetes y otros trastornos del sistema gastrointestinal y cardiovascular. Ante el reconocimiento de estos beneficios para la salud, la industria alimentaria ha mostrado un creciente interés en el desarrollo de productos funcionales enriquecidos con fibra. En este contexto, la utilización de cáscaras de banano como fuente alternativa de fibra representa una opción sostenible y nutritiva. Investigaciones previas han evidenciado que la cáscara de banano posee un alto contenido de fibra dietética, además de compuestos bioactivos con potencial benéfico para la salud. La incorporación de harina de cáscara de banano en la formulación de galletas no solo permite aprovechar un

subproducto agroindustrial, sino que también contribuye a mejorar el perfil nutricional del producto final, ofreciendo al consumidor una alternativa funcional con aplicaciones comerciales prometedoras (Ayoub et al., 2022).

3.7. Propiedades fisicoquímicas

Los análisis físicos en la industria alimentaria se refieren a los métodos utilizados para evaluar las diversas cualidades físicas de un producto alimenticio. El color, la viscosidad, el peso, el grosor, el tamaño de granulación y la textura son atributos comunes que se examinan en los productos alimenticios. Las pruebas físicas en la industria alimentaria se emplean generalmente como indicador de calidad, pero también pueden utilizarse para garantizar la consistencia del producto. Los fabricantes pueden utilizarlas para evaluar el valor del producto, relacionarlo con la percepción del consumidor y, en algunas situaciones, garantizar la seguridad alimentaria cuando un producto debe cocinarse (Sarkar et al., 2022).

La química de los alimentos puede considerarse como una rama de la química que se ocupa del estudio de los alimentos, profundizando en los aspectos relacionados con la caracterización cualitativa y cuantitativa de sus principales componentes (lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales). Por otro lado, los productos alimenticios pueden consumirse tal cual o someterse a tratamientos que incluyen tecnologías de conservación y transformación, con todas las consecuencias resultantes debido a la posible disminución de la calidad de los productos finales (Naviglio & Gallo, 2020).

Por lo tanto, el enorme crecimiento de la industria alimentaria en los últimos cincuenta años ha ampliado el alcance de la química analítica no solo a los alimentos, sino también a la tecnología alimentaria, que es fundamental para aumentar la producción de una gran gama de alimentos (Naviglio & Gallo, 2020).

Musa paradisiaca presenta una composición mineral destacada, con altos niveles de potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), sodio (Na), fósforo (P) y nitrógeno (N) en la pulpa, la cáscara y los extractos de la fruta. El potasio es el mineral predominante, confirmando el valor del banano como una fuente dietaria esencial para el equilibrio electrolítico y la función muscular. Además, la presencia de minerales como calcio y magnesio refuerza su importancia en el metabolismo óseo y enzimático, posicionando a *M. paradisiaca* como un alimento de alto valor nutricional y funcional dentro de las dietas tradicionales (Oyeyinka y Afolayan 2019).

3.8. Análisis microbiológicos

La evaluación de la calidad microbiológica de un producto alimenticio implica dos aspectos: la calidad higiénica, que indica el riesgo para la salud del consumidor; la calidad comercial, que indica la existencia o el riesgo de deterioro.

Lo ideal para los fabricantes que desean conocer la calidad microbiológica de los alimentos que producen sería analizar todos los productos alimenticios elaborados e identificar y enumerar todos los microorganismos patógenos y causantes de deterioro. Sin embargo, la diversidad de microorganismos, el número de pruebas necesarias y el efecto destructivo de los análisis hacen necesario seleccionar unos pocos análisis suficientemente informativos como indicador de calidad. En el caso de productos como las galletas elaboradas con harina de cáscara de banano, los microorganismos que podrían desarrollarse en el producto final incluyen coliformes, *Escherichia coli*, y bacterias mesófilas aerobias como *Staphylococcus spp.*, las cuales pueden estar presentes debido a una higiene inadecuada durante el procesamiento o la contaminación cruzada. (Baron et al., 2016).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Ubicación de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la planta de procesamiento de granos y cereales, laboratorios de análisis de alimentos, microbiología y suelos de la Universidad Nacional de Agricultura, Barrio El Espino, Catacamas, Olancho.



Figura 1 Ubicación de la Universidad Nacional de Agricultura

4.2. Obtención de la materia prima

La materia prima principal utilizada fue el banano, adquirido en la frutera La Sureñita, garantizando su buen estado y grado de madurez adecuado para el procesamiento. Los demás ingredientes necesarios para la elaboración de las galletas fueron obtenidos en el supermercado La Colonia.

4.3. Materiales

- Cuchillo de acero inoxidable
- Tabla de cortar
- Recipientes plásticos
- Cuaderno
- Lápiz
- Computadora
- Bolsas plásticas Ziploc
- Bandejas para hornear
- Redecillas
- Papel filtro
- Mascarillas

4.3.1. Equipos:

Tabla 1 Equipos para el desarrollo de la investigación

Equipo	Marca/Modelo
Balanza de precisión	OHAUS
Horno deshidratador	NR AGR FR 0230
Colorímetro	Konica Minolta, Meter CR-410
Espectrofotómetro de máxima precisión UV/Vis	(SPECORD 210 plus)
Balanza determinadora de humedad	OHAUS MB 120
Molino de mano	Corona
Refractómetro	ATC
pH metro	Thermo Scientific, Orion Versa Star Pro
Horno de mufla	(BIOBASE)
Espectrofotómetro	(novAA-800)

Fuente: Elaboración propia

4.4. Metodología:

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en tres etapas, como se ilustran en la siguiente Figura 2:

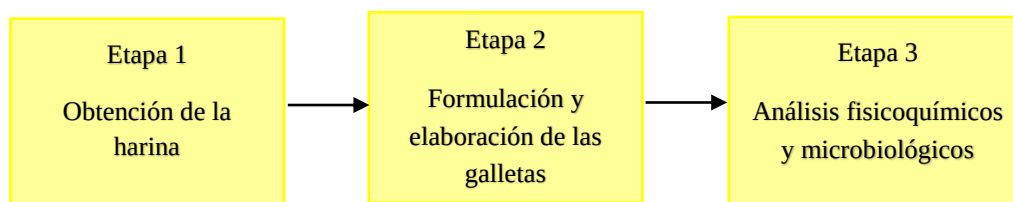
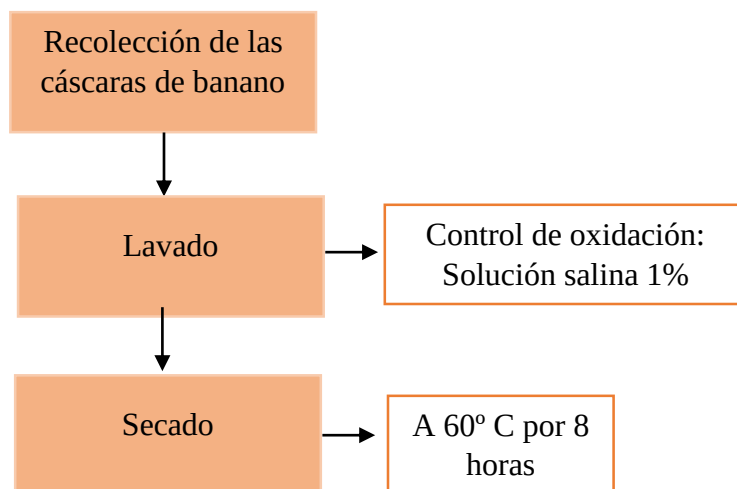


Figura 2 Etapas para el desarrollo de la investigación

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Etapa 1. Obtención de la harina de cáscara de banano

Las cáscaras de banano se recolectaron, limpiaron, se sumergieron en una solución salina al 1 % para controlar oxidación y se secaron en un horno de aire (Horno deshidratador (NR AGR FR 0230), a una temperatura de 60 ° C por 8 horas, para reducir el contenido de humedad. Posteriormente, se trituraron en un molino de mano hasta obtener un polvo fino, luego se empacó al vacío. Para, después proceder a la elaboración de las galletas. En la Fig.3, se describe el proceso para la obtención de la harina de cascara de banano:



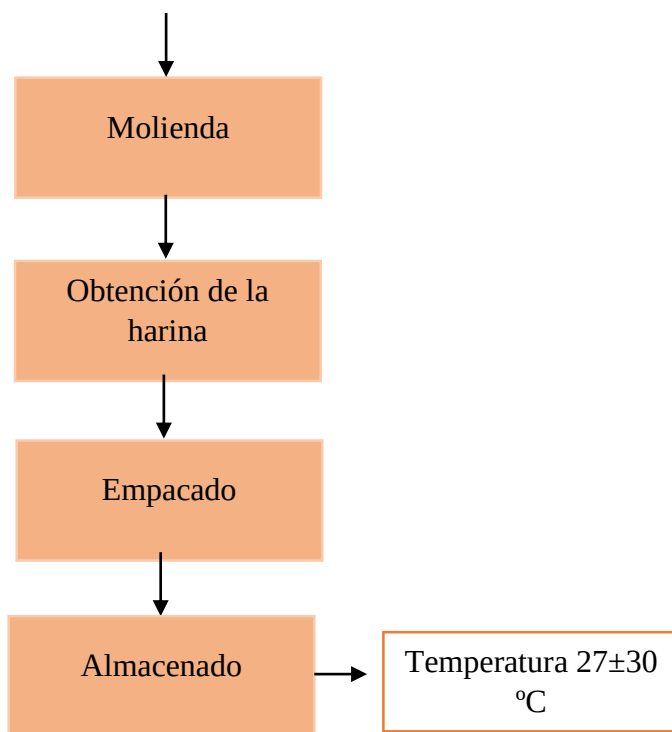


Figura 3 Flujograma del proceso para la obtención de la harina de cáscara de banano

4.4.2. Etapa 2. Formulación y elaboración de las galletas

Se desarrollaron cuatro formulaciones de galletas con la incorporación de la harina de cáscara de banano reemplazando parcialmente la harina de trigo, en diferentes porcentajes: 9, 12 y 15 %.

La formulación general para la elaboración de las galletas incluyó harina de trigo con sustituciones parciales por harina de cáscara de banano, polvo de hornear, azúcar, aceite vegetal, margarina y leche. Las formulaciones se elaboraron sustituyendo la harina de trigo en proporciones de, 9, 12 y 15%. En el cuadro 2 se presentan las formulaciones de las galletas que equivalen a 386 gramos de masa total con diferentes cantidades de los ingredientes que se utilizaron en la elaboración de las galletas.

Tabla 2 Formulación de las galletas

FORMULACIONES EN GRAMOS				
Ingredientes	F1	F2	F3	F4
Harina de cascara de banano	0 g	18 g	24 g	30 g
Harina de trigo	200 g	182 g	176 g	170 g
Otros ingredientes				
Polvo de hornear		2 g		
Azúcar		70 g		
Aceite vegetal		3 g		
Leche		71 g		
Margarina		40 g		

La harina de trigo, la harina de cáscara de banano, el azúcar y el polvo de hornear se mezclaron en un recipiente. Por separado, se mezclaron el aceite vegetal y la leche durante 60 segundos y luego esta mezcla líquida se incorporó a los ingredientes secos hasta obtener una masa uniforme y moldeable. Posteriormente, se moldearon las galletas y se colocaron en bandejas de aluminio a una temperatura de 180 °C durante 10 minutos. Luego se dejaron enfriar a temperatura 27 ± 30 °C y se almacenaron al vacío para proceder a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. (Segura-Badilla et al., 2022). En la Fig. 4, se muestra el flujograma del proceso de elaboración de las galletas.

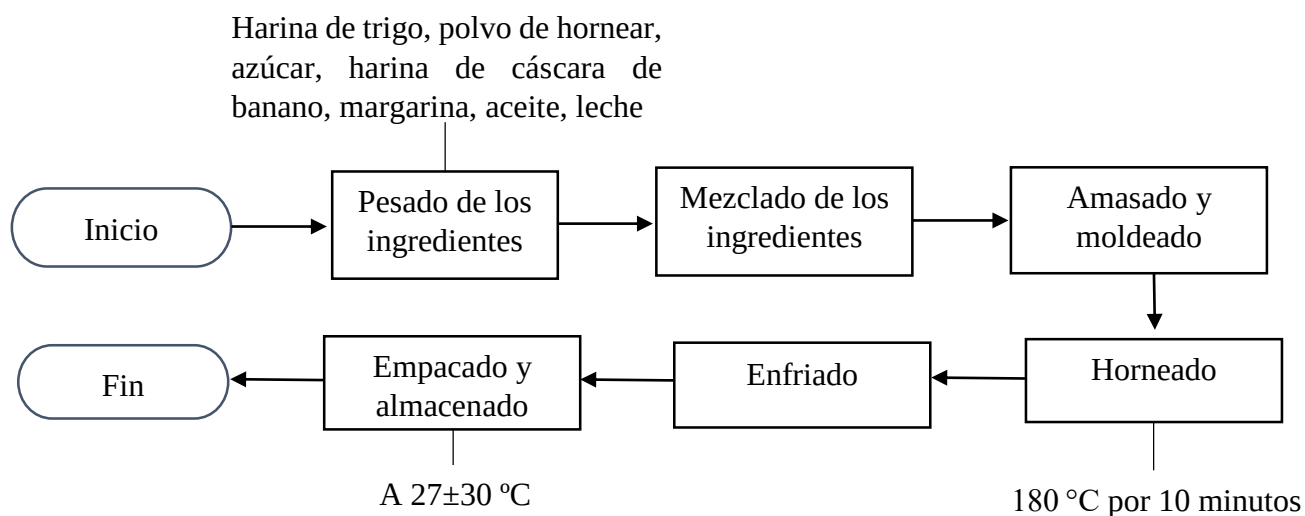


Figura 4 Flujograma de Proceso de Elaboración de las galletas

4.4.3. Etapa 3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

4.4.3.1. Porcentaje de humedad

Para el análisis se utilizó una balanza de humedad (OHAUS MB 120) equipada con cápsulas de aluminio. Antes de colocar la muestra, se encendió la balanza y se dejó calentar hasta alcanzar estabilidad operativa. Luego, se colocó una cápsula vacía sobre la balanza y se taró el sistema para registrar un peso inicial.

Posteriormente, se depositaron 3 gramos de la muestra de harina de cáscara de banano sobre la cápsula, distribuyéndola uniformemente para asegurar un secado homogéneo.

En el caso de las galletas, se trituraron muestras de cada tratamiento y se colocaron 3 gramos de cada muestra en capsulas. Posteriormente, al tener listas cada una de las muestras, se empezó a realizar el análisis para cada una de las muestras. Donde se cerró la tapa de la balanza y se seleccionó el modo de secado automático, configurando la temperatura de secado a 160 °C. Durante el secado, la balanza mostró: en tiempo real la pérdida de humedad de cada una de las muestras, y al concluir el análisis, arrojó directamente el porcentaje de humedad presente en la muestra. (Pesantes & Pincay, 2021).

4.4.3.2. Color

Se midió el color de la harina y de las galletas utilizando un colorímetro (Konica Minolta, Meter CR-410) basado en las coordenadas CIELAB (L^* , a^* , b^*) (Chikpah et al., 2020), para evaluar las diferencias en la tonalidad entre las galletas con diferentes concentraciones de harina de cáscara de banano y las galletas de control con 0 % de harina de cáscara de banano.

Se utilizó una galleta de cada tratamiento para realizar las mediciones en tres puntos distintos de cada muestra. Luego cada muestra se colocó en la sonda del colorímetro firmemente sobre la superficie de la muestra y se anotaron los valores L^* , a^* , y b^* para cada una de las muestras.

- **L ***: Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)
- **a ***: Variación del verde (-) al rojo (+)
- **b ***: Variación del azul (-) al amarillo (+)

El cambio total de color (ΔE), la saturación o croma (C^*) y el ángulo de tono (h^*) se determinaron utilizando las fórmulas correspondientes:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Ecuación 1:

ΔE : Diferencia de color

ΔL : Diferencia en luminosidad

Δa : Diferencia en el eje verde-rojo

Δb : Diferencia en el eje azul-amarillo

$$C^* = \sqrt{a^2 * b^2}$$

Ecuación 2:

C^* : croma

a: eje verde-rojo

b: eje azul-amarillo

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

Ecuación 3:

h^* : ángulo de tono

a^* : eje verde-rojo

b^* : eje azul-amarillo

4.4.3.3. pH

Se procedió a determinar el pH de las galletas elaboradas, con el fin de evaluar su acidez o alcalinidad, parámetro importante para conocer la estabilidad del producto y posibles efectos en su conservación.

Para ello, se pesaron 10 g de muestra de las galletas previamente trituradas para garantizar una mayor homogeneidad. Posteriormente, se agregaron 90 ml de agua destilada, formando una solución con una proporción 1:10 (muestra: agua). Esta mezcla se homogenizó cuidadosamente utilizando un agitador (Thermo Scientific) durante cinco minutos, para disolver los compuestos solubles presentes en las galletas.

Luego, la mezcla obtenida se filtró con papel filtro, separando los residuos sólidos de la fase líquida. El filtrado obtenido constituyó la dilución utilizada para la medición del pH que se realizó mediante un pH-metro digital (Thermo Scientific, Orion Versa Star Pro), previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 para asegurar la precisión de la lectura. El electrodo del equipo se sumergió directamente en la muestra líquida y se esperó hasta obtener una lectura estable.

4.4.3.4. °Brix (Sólidos solubles totales)

Se tomaron 10 g de muestra previamente triturada de las galletas y se mezclaron con 90 ml de agua destilada, en una relación de 1:10 (muestra: agua). La mezcla se homogenizó para lograr una distribución uniforme de los compuestos solubles y luego se filtró con papel filtro para separar los residuos sólidos.

El líquido filtrado se empleó para realizar la medición de °Brix utilizando un refractómetro digital, el cual fue calibrado previamente con agua destilada a temperatura ambiente. Posteriormente, se colocó una pequeña gota del filtrado sobre el prisma del equipo y se registró el valor mostrado en pantalla, correspondiente al contenido de sólidos solubles de la muestra.

4.4.3.5. Minerales

Para la determinación del contenido mineral en las galletas con incorporación de harina de cáscara de banano, se recolectó una muestra representativa de cada tratamiento. Cada muestra fue triturada hasta obtener un polvo fino y homogéneo. Posteriormente, se pesaron 0.5 g de cada muestra y se colocaron en crisoles de porcelana, los cuales se introdujeron en un horno de mufla (BIOBASE) programado a 500 °C durante 5 horas, hasta que las muestras adquirieron una coloración gris clara, indicando la eliminación completa de la materia orgánica.

Una vez finalizado el tiempo de calcinación, los crisoles se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Las cenizas obtenidas se disolvieron añadiendo 10 mL de ácido nítrico 1 M a cada muestra. Luego, las soluciones se filtraron con papel filtro, y el filtrado se aforó a 50 mL con ácido ascórbico en un matraz aforado.

Para el análisis de Cobre (Cu), Hierro (Fe), Calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn), se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (novAA-800), en las muestras destinadas a la lectura de Cu, Fe, K, Zn y Mn, se añadió ácido nítrico (HNO_3) al 1 M como solvente. Para cada mineral, se mezclaron 9 mL de HNO_3 con 1 mL de la solución de cenizas, y posteriormente se realizó la lectura haciendo uso de un espectrofotómetro (novAA-800). En cuanto a la lectura de Mg y Ca, se utilizó una solución salina según las indicaciones establecidas en el protocolo del equipo y esta se calculó: lectura $\times 100$ ppm.

En el caso, del fósforo se determinó mediante un espectrofotómetro UV/Vis (SPECORD 210 plus), en la cual a la solución disuelta en ácido nítrico al 1 M se mezcla con molibdato de amonio formando un color azul, cuando fue necesario, las muestras se diluyeron en relación 1:5 para entrar en el rango lineal. El cálculo final siguió: concentración leída $\times 100$ (aforo) $\times 5$ (dilución 1:5). La unidad se reportó en ppm (mg/kg).

4.4.3.6. Análisis Microbiológicos

Se realizaron análisis microbiológicos a cada uno de los tratamientos por duplicado y se evaluaron Coliformes totales y *E. coli*. Para esto se utilizaron placas Compact Dry, por lo cual se hizo la dilución de cada uno de los tratamientos. Se utilizó agua peptonada para poder realizar las diluciones, para cada tratamiento las cuales fueron 6 por cada muestra 10^{-6} . Una vez se hicieron las diluciones para cada tratamiento estas se incubaron por 24 horas a una temperatura de 37 °C. Para luego hacer la lectura de estos mismos cada cuatro horas.

4.5. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados obtenidos en esta investigación, se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA). Y permitió que la asignación de tratamientos a las unidades experimentales se realizara de forma aleatoria, minimizando el riesgo de sesgos sistemáticos y asegurando la validez de los resultados. Con base en este diseño, se aplicó un Análisis de Varianza de una vía (ANOVA de una vía), con el objetivo de evaluar el impacto de los distintos niveles de sustitución sobre un conjunto de variables dependientes que reflejen las variables de las galletas elaboradas.

En caso, de que el análisis de varianza (ANOVA) indique diferencias significativas entre tratamientos, se realizarán comparaciones post hoc, como Tukey ($p < 0.05$), para saber con mayor claridad entre qué concentraciones existieron diferencias reales. Esto permitió una comparación más precisa y útil entre los tratamientos evaluados.

El factor de estudio fue la concentración de harina de cáscara de banano incorporada en la formulación de las galletas. Este factor se evaluó en cuatro niveles de sustitución respecto a la harina de trigo, expresados en porcentajes: 0 (control), 9, 12 y 15 %. La variable de respuesta principal fue la aceptabilidad general de las galletas elaboradas con diferentes niveles de harina de cáscara de banano.

La harina de cáscara de banano fue el ingrediente variable en los tratamientos, siendo incorporada en diferentes proporciones para evaluar su efecto en las propiedades del producto final. Por su parte, los demás ingredientes de la formulación se mantuvieron constantes en todas las muestras. A continuación, se presentan los tratamientos en la **Tabla 3**.

Tabla 3 Distribución de los tratamientos

Ingredientes	F1 (Control)	F2	F3	F4
Harina de cáscara de banano	0%	7,04%	9.39%	11,74%
Harina de trigo	78,25%	71,21%	68,86%	66,51%
Polvo de hornear	0,78%	0,78%	0,78%	0,78%
Margarina	1,41%	1,41%	1,41%	1.41%
Azúcar	3,13%	3,13%	3,13	3,13%
Aceite vegetal	2,35%	2,35%	2,35%	2,35%
Leche	14,08%	14,08%	14,08%	14,08%

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se elaboraron galletas sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de cáscara de banano en proporciones de 9 12 y 15 %, además de un tratamiento control sin sustitución de harina de cascara de banano. A los cuales se le realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

5.1. Análisis de color

El análisis de color permitió evaluar el impacto de la sustitución con harina de cascara de banano sobre la intensidad y el tono del color del producto final. Además, se realizó la medición del color de la harina de cáscara de banano para conocer sus características Los parámetros de L*(luminosidad), a*(rojo a verde), * (amarillo frente a azul), C* (croma), h° (tono) y ΔE (diferencia de color) mostraron variaciones consistentes con los cambios visuales observados.

Harina de cáscara de banano

Tabla 4 Análisis de color de la harina

Color de harina de cáscara de banano				
L*	a*	b*	Croma	h°
10,07	5,76	8,62	10,4	56,2



Los resultados del análisis de color muestran que la harina de cáscara de banano tiene un tono bastante oscuro, con un valor de L^* de 10.07, lo que indica una baja luminosidad. Los valores de a^* (5.76) y b^* (8.62) reflejan una ligera tendencia hacia tonos rojizos y amarillentos, típicos del color natural de la cáscara de banano madura. Además, el croma de 10,4 sugiere que el color es moderadamente intenso, mientras que el ángulo de tono de $56,2^\circ$ ubica la tonalidad dentro de la gama de los amarillos-rojizos cálidos.

Tabla 5 Análisis de color de las galletas

Tratamiento	L	a	b	Croma	h°	ΔE
1	41,07±12,65 ^b	15,47±11,82 ^a	18,95±7,92 ^a	24,5 ^a	50,8 ^a	0 ^a
2	32,69±10,76 ^{ab}	8,21±0,02 ^a	22,24±3,64 ^a	23,7 ^a	69,7 ^d	4,7 ^c
3	26,52±4,56 ^a	9,15±1,53 ^a	20,64±2,31 ^a	22,6 ^a	66,1 ^b	4,3 ^b
4	36,98±9,05 ^{ab}	8,78±0,80 ^a	23,58±2,47 ^a	25,2 ^a	69,6 ^c	5,4 ^d

Nota: Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

T1 (tratamiento control), T2 (9% de harina de cáscara de banano), T3 (12% de harina de cáscara de banano), T4 (15% de harina de cáscara de banano)

En la Tabla 5 se observa que el tratamiento 1 presentó la mayor luminosidad ($L^* = 41,07$), mostrando galletas más claras, mientras que el tratamiento 3 mostró el valor más bajo (26,52), indicando un oscurecimiento asociado al incremento de reacciones de Maillard y caramelización durante el horneado. Este patrón es consistente con lo señalado por Kumar et al. (2025), quienes describen que el aumento de compuestos fenólicos y azúcares reductores favorece el oscurecimiento en matrices de panificación.

En el parámetro a^* , el tratamiento 1 presentó el valor más alto (15,47), mientras que los tratamientos con incorporación de harina de cáscara de banano mostraron valores reducidos (8,21–9,15), lo cual muestra que, conforme aumenta el porcentaje de la harina, disminuye la tonalidad rojiza del producto. Esto coincide con lo reportado por Amarasinghe et al. (2021), quienes explican que los compuestos bioactivos presentes en harinas alternativas atenúan la formación de pigmentos rojizos.

Para el parámetro b^* , los tratamientos con harina de cáscara de banano mostraron incrementos notables, destacando el tratamiento 4 con el valor más alto (23,58). Este comportamiento se atribuye a la presencia de pigmentos amarillentos propios de la cáscara

de banano, como carotenoides y polifenoles, aspecto también señalado por Pomasa et al. (2025) en productos enriquecidos con subproductos de frutas.

El croma mostró una ligera disminución en los tratamientos 2 y 3 (23,7 y 22,6, respectivamente), indicando menor saturación del color en comparación con el tratamiento 4 (25,2). Esto concuerda con Amarasinghe et al. (2021) y Pomasa et al. (2025), quienes reportan que la incorporación de harinas con alto contenido de fibra y compuestos fenólicos reduce la viveza del color debido a la absorción diferencial de luz y a la influencia de las reacciones no enzimáticas.

El ángulo de tono (h°) presentó valores más elevados en los tratamientos 2 y 4 (69.7° y 69.6°), desplazándose hacia tonalidades amarillentas más marcadas. Este comportamiento coincide con lo mencionado por Shafi et al. (2022) y Owuno et al. (2024), quienes relacionan el incremento del tono amarillo con la oxidación de pigmentos naturales y la presencia de compuestos bioactivos en harinas de subproductos vegetales.

Finalmente, la diferencia total de color (ΔE) aumentó en los tratamientos con harina de cáscara de banano, siendo mayor en T4 ($\Delta E = 5.4$), lo que supera ampliamente el umbral perceptible para el ser humano ($\Delta E > 2.3$). Este incremento sugiere un cambio visible en el color respecto al control y coincide con lo reportado por Krajewska et al. (2023) y Amarasinghe et al. (2021), quienes atribuyen los altos valores de ΔE a la interacción de la fibra dietética y antioxidantes con los componentes de la masa durante el horneado, modificando la apariencia final del producto.



9% de harina de cascara de banano



12% de harina de cascara de banano



15% de harina de cascara de banano

Figura 5 Diferencia de color de las galletas

Para el porcentaje de la harina de cáscara de banano, esta presentó un porcentaje de humedad del 12%, el cual se encuentra dentro del rango permitido para harinas, cuyo límite máximo establecido es de aproximadamente 15–15.5% según lo que establece el Codex Alimentarius (2000). Este valor confirma que la muestra posee una adecuada deshidratación, favoreciendo su estabilidad en almacenamiento al reducir el riesgo de deterioro microbiológico y físico-químico.

5.2. Análisis fisicoquímicos

Tabla 6 Análisis fisicoquímicos

Tratamiento	°Brix	pH	% Humedad
T1	3±0 ^a	8,45±0,11 ^c	13,48±0,97 ^a
T2	2,75±0,35 ^a	7,50±0,04 ^a	15,75±0,02 ^b
T3	3±0 ^a	7,54±0,12 ^{a,b}	15,20±1,28 ^{a,b}
T4	3±0 ^a	7,85±0,07 ^b	17,7±0,75 ^b

Nota: Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

T1 (tratamiento control), T2 (9% de harina de cáscara de banano), T3 (12% de harina de cáscara de banano), T4 (15% de harina de cáscara de banano)

En la tabla 6 se presentan los promedios y desviaciones para grados brix, pH y humedad, de las galletas elaboradas con incorporación de harina de cáscara de banano. Donde los sólidos solubles (°brix) no mostraron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

En cuanto al pH, se observó una disminución significativa en las galletas elaboradas con harina de cáscara de banano en comparación con el tratamiento de control. Ya que, presentó un valor de pH de 8.45. Mientras que en los tratamientos con harina de cáscara de banano se mostraron diferencias significativas moderadas en los tratamientos con menores valores de pH (T2: 7.50 y T3: 7.54) ya que no difirieron entre sí, pero si respecto al tratamiento 4 con un pH de 7.85, lo cual muestra que el efecto acidificante puede estar relacionado con la cantidad de harina de cáscara de banano incorporada.

En el estudio realizado por Massingue Júnior et al (2025), con el objetivo de evaluar la calidad de las galletas elaboradas con harina de pulpa de banano verde y cáscara de banano verde, menciona que obtuvo valores de pH en el rango de 7.32 a 7.49, donde los valores más altos los encontraron en las formulaciones A con 0% de harina de pulpa de banano verde y 0% de harina de cáscara de banano verde con un pH de 7.49 al igual que el tratamiento E el cual tenía 10% de harina de cascara de banano verde y 0% de harina de pulpa de banano verde mostrando un pH de 7.49. En cuanto a la formulación C que contenía 20% de harina de pulpa de banano verde se pudo observar una diferencia significativa con un pH de 7.32 siendo este el tratamiento con un pH más bajo que los demás tratamientos.

En cuanto, a los porcentajes de humedad que se presentan en la tabla 1, muestran diferencias entre los tratamientos, lo que señala que la harina de cáscara de banano influye directamente en la capacidad de retención de agua de las galletas. Como se puede observar en el tratamiento 1 el cual contiene 0% de harina de cáscara de banano presentó menor humedad, con un valor de 13.48%, lo cual muestra que tiene menor capacidad de retención de agua. En cambio, los tratamientos 2 y 3 que contienen 9 y 12% de harina de cáscara de mostraron valores de 15.75% y 15.20% de humedad los cuales se mantienen en rangos similares mostrando que no hubo mucha diferencia entre estos dos tratamientos. Mientras que en el tratamiento 4 con 15% de harina de cáscara de banano mostró el porcentaje más alto con 17.70% de humedad. Mostrando que la humedad iba aumentando según el porcentaje de sustitución de harina de cáscara de banano.

Según Massingue Júnior et al. (2025) los resultados de humedad que obtuvo en las galletas con incorporación de harina de pulpa de banano verde y harina de cáscara de banano verde variaron entre 15.86% y 18.39% de humedad. Donde se observó claramente que la incorporación de harina de pulpa de banano verde y de cáscara de banano verde tuvo un efecto directo en el aumento del porcentaje de humedad de las galletas elaboradas. La formulación A presentó un contenido de humedad de 15.86%, la B de 16.55%, la formulación C alrededor de 18.39%, la D de 17.65% y la E aproximadamente 17.63%. Entre las formulaciones desarrolladas, la formulación estándar mostró el menor contenido de humedad, mientras que la formulación C presentó el valor más alto. También menciona que la adición de harina de banano verde provoca una mayor absorción de agua. Por otro lado, esta diferencia puede estar relacionada con la capacidad hidrofílica de los constituyentes del banano, lo que implica una mayor retención de moléculas de agua.

5.2.1. Minerales

Tabla 7 Análisis de minerales de calcio, fósforo y magnesio

Tratamiento	Calcio	Fósforo	Magnesio
T1	290,13±318,01 ^a	848,685±12,81 ^a	302,95±32,03 ^a
T2	243,1±184,27 ^a	1513,725±870,34 ^a	449,8±139,44 ^a
T3	773,5±730,44 ^a	955,345±36,64 ^a	399,8±66,89 ^a
T4	337,15±97,51 ^a	1066,785±148,50 ^a	469,05±23,12 ^a

Nota: Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

T1 (tratamiento control), T2 (9% de harina de cáscara de banano), T3 (12% de harina de cáscara de banano), T4 (15% de harina de cáscara de banano)

La tabla 7 muestra que las galletas elaboradas con diferentes niveles de harina de cáscara de banano no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para los minerales Calcio (Ca), Fósforo (P) y Magnesio (Mg) lo que indica que la incorporación de este subproducto no modificó de manera significativa en el contenido mineral del producto.

Sin embargo, se mostró una tendencia al incremento en los valores de fósforo conforme aumentó la proporción de harina de cáscara de banano, lo que podría atribuirse al aporte natural de estos minerales presentes en dicho residuo agroindustrial. Estos resultados son similares con lo reportado por Kumari et al. (2023), donde destaca que la cáscara de banano constituye una fuente importante de micronutrientes, especialmente fósforo.

Tabla 8 Análisis de minerales de zinc, manganeso, potasio y hierro

Tratamiento	Zinc	Manganeso	Potasio	Hierro
1	7,37±1,09 ^a	12,83±0,89 ^a	1427,5±60,10 ^a	21,13±3,49 ^a
2	10,19±2,47 ^{ab}	17,68±3,39 ^b	5375,5±205,77 ^b	34,28±10,72 ^b
3	9,84±0,42 ^{ab}	16,68±0,74 ^{ab}	5236±517,60 ^b	31,79±4,96 ^b
4	11,93±0,72 ^b	17,02±1,05 ^b	7613,5±1003,38 ^c	38,02±4,16 ^b

Nota: Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

T1 (tratamiento control), T2 (9% de harina de cáscara de banano), T3 (12% de harina de cáscara de banano), T4 (15% de harina de cáscara de banano)

La tabla 8 muestra un incremento significativo en el contenido de minerales como potasio, hierro, zinc y manganeso, lo que demuestra el potencial de este subproducto como ingrediente con valor nutricional agregado. El potasio destacó como el mineral más presente en las galletas en el tratamiento 4 con 7613.5. Seguido del hierro con 38.02 en el tratamiento 4, lo que demuestra que la cáscara de banano es una fuente importante de estos micronutrientes. Estos resultados son coherentes con Oyeyinka y Afolayan (2019) donde menciona que la cáscara de *M.paradisiaca* mostró 10478 en el contenido de potasio. Y en cuanto al contenido de hierro mostró 22.84 el cual muestra rangos similares a los de la tabla 4. Por otro lado, el contenido de zinc y manganeso se pudo observar un incremento en los tratamientos a medida se aumentaba el porcentaje de harina de cáscara de banano. (Oyeyinka & Afolayan., 2019).

5.2.2. Análisis microbiológicos

En los análisis microbiológicos realizados a las galletas de trigo, no se detectó la presencia de *Escherichia coli* ni de coliformes totales, cumpliendo así con los límites establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), donde menciona que el límite máximo permitido es < 3 Número Más Probable (NMP/g) para *E.coli* en productos de panificación y galletas. Estos resultados confirman que el producto evaluado se encuentra dentro de los parámetros de inocuidad microbiológica exigidos por la normativa regional, lo que garantiza que las galletas son seguras para el consumo humano y reflejan adecuadas condiciones higiénico-sanitarias durante su elaboración, manipulación y almacenamiento.

Tabla 9 Análisis microbiológicos de las galletas

Tratamiento	E. Coli (< 3 NMP/g)	Coliformes totales (< 3 NMP/g)
1	Ausencia	Ausencia
2	Ausencia	Ausencia
3	Ausencia	Ausencia
4	Ausencia	Ausencia

VI. CONCLUSIONES

La incorporación de harina de cáscara de banano en porcentajes de 9, 12 y 15% evidenció cambios significativos en cuanto a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las galletas, demostrando que este subproducto puede aprovecharse de forma útil y sostenible en la industria alimentaria.

Las propiedades fisicoquímicas demostraron que la harina de cáscara de banano contiene alto contenido mineral principalmente en potasio, mostrando que se puede obtener un producto mejorado en su contenido mineral.

Las propiedades fisicoquímicas de las galletas elaboradas mostraron que la adición de harina de cáscara de banano modifica de forma moderada algunos parámetros de calidad, como la humedad, el pH y el color sin afectar negativamente la estabilidad ni la apariencia del producto final.

En cuanto a la inocuidad microbiológica, no se detectó la presencia de *Escherichia coli* ni de coliformes totales en ninguno de los tratamientos, cumpliendo con el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA), que establece un límite menor a 3 NMP/g. Esto confirma que las galletas fueron elaboradas bajo condiciones higiénicas adecuadas y son seguras para el consumo humano.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar la aceptabilidad sensorial de las galletas elaboradas con harina de cáscara de banano mediante paneles de consumidores, con el fin de determinar el nivel de sustitución óptimo que combine la calidad y aceptación del consumidor.

Analizar la vida útil y estabilidad del producto durante el almacenamiento, considerando variables como humedad, actividad de agua y recuento microbiano a lo largo del tiempo, para establecer condiciones de conservación adecuadas.

Explorar nuevas aplicaciones de la harina de cáscara de banano en otros productos de panificación como panes, muffins o barras nutritivas, y combinarla con otras harinas funcionales o fuentes proteicas que mejoren el perfil nutricional general del alimento.

Realizar la determinación del contenido de minerales para la harina de cáscara de banano para así establecer una relación directa entre su composición mineral y la concentración final de los minerales presentes en las galletas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Alzate Acevedo, S., Díaz Carrillo, Á. J., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). *Recovery of banana waste-loss from production and processing: A contribution to a circular economy*. *Molecules*, 26(17), 5282. <https://doi.org/10.3390/molecules26175282>

Amarasinghe, N. K., Jayasinghe, M. J., & Kodithuwakku, K. A. H. (2021). *Functional, physicochemical, and antioxidant properties of banana peel flour and cookies*. *Foods*, 10(6), 1256. <https://doi.org/10.1155/2021/6681687>

Amini Khoozani, A., Birch, J., & Bekhit, A. E.-D. A. (2019). *Production, application and health effects of banana pulp and peel flour in the food industry*. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 548–559. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-03562-z>

Ayoub, W. S., Zahoor, I., Dar, A. H., Anjum, N., Pandiselvam, R., Farooq, S., Rusu, A. V., Rocha, J. M., Trif, M., & Jeevarathinam, G. (2022). *Effect of incorporation of wheat bran, rice bran and banana peel powder on the mesostructure and physicochemical characteristics of biscuits*. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1016717. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1016717>

Baron, F., Brulé, G., & Gautier, M. (2016). *Evaluation of the physical-chemical properties and quality of food*. En *Handbook of Food Science and Technology 1* (pp. 205–234). John Wiley & Sons, Inc.

Chikpah, S. K., Korese, J. K., Hensel, O., & Sturm, B. (2020). *Effect of sieve particle size and blend proportion on the quality properties of peeled and unpeeled orange fleshed sweet potato composite flours*. *Foods*, 9(6), 740. <https://doi.org/10.3390/foods9060740>

Codex Alimentarius Commission. (2000). *Codex Standard 152 – Wheat Flour*. Codex Alimentarius.

Krajewska, A., & Dziki, D. (2023). *Enrichment of cookies with fruits and their by-products: Chemical composition, antioxidant properties, and sensory changes*. *Molecules*, 28(10), 4005. <https://doi.org/10.3390/molecules28104005>

Kumar, P. S., Alex, A., & Saini, C. S. (2025). *Enhancing the dietary fibre in muffins with banana peel powder: Impact on physicochemical quality*. *Discover Food*. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00544-x>

Kumari, P., et al. (2023). *Banana and its by-products: A comprehensive review*. *eFood*, 4(1), efd2.110. <https://doi.org/10.1002/efd2.110>

Leonel, S., Leonel, M., Jesus, P. R. R. de, Tecchio, M. A., Silva, M. de S., Cândido, H. T., Molha, N. Z., & Ouros, L. F. dos. (2024). *Achievements of banana (Musa sp.)-based intercropping systems in improving crop sustainability*. *Horticulturae*, 10(9), 956. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090956>

Massingue Júnior, AA; Hédio, JA; Agostinho Machalela, A; Macuacua, TJ; Elísio José, A; Nanelo, RF; De Cristo, E; Pacule, R; Alberto, A; Júnior, M. 2025. Physico-chemical and Sensory Quality of Biscuits based on Pulp and Peel of Green (banana) Musa spp. Flour [https://www.researchtrend.net/ijet/pdf/Physico-chemical-and-Sensory-Quality-of-Biscuits-based-on-Pulp-and-Peel-of-Green-\(banana\)-Musa-spp.-Flour-Abel-Alberto-Massingue-J%C3%BAnior-24-.pdf](https://www.researchtrend.net/ijet/pdf/Physico-chemical-and-Sensory-Quality-of-Biscuits-based-on-Pulp-and-Peel-of-Green-(banana)-Musa-spp.-Flour-Abel-Alberto-Massingue-J%C3%BAnior-24-.pdf).

Mohd Zaini, H., Roslan, J., Saallah, S., Munsu, E., Sulaiman, N. S., & Pindi, W. (2022). *Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry*. *Journal of Functional Foods*, 92, 105054. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054>

Naviglio, D., & Gallo, M. (2020). *Application of analytical chemistry to foods and Food Technology. Foods*, 9(9), 1296. <https://doi.org/10.3390/foods9091296>

Owuno, F., Nwude, D., & Oni, O. (2024). *Effect of banana peel addition on the chemical, functional and sensory properties of cookies. Research Journal of Food Science and Quality Control*, 10(2), 31–44.

Oyeyinka, B. O., & Afolayan, A. J. (2019). *Comparative evaluation of the nutritive, mineral, and antinutritive composition of Musa species. Plants*, 8(12), 598. <https://doi.org/10.3390/plants8120598>

Padam, B. S., Tin, H. S., Chye, F. Y., & Abdullah, M. I. (2014). *Banana by-products: An under-utilized renewable food biomass with great potential. Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3527–3545. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0861-2>

Pesantes, A. D. A., & Pincay, N. M. E. (2021). *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7d0a082a-a18a-4eab-8997-b86a0de57db6/content>

Pomasa, P., Sai-Ut, S., Sinthusamran, S., & Techavuthiporn, C. (2025). *Valorization of banana peel by-product: An innovative component for gluten-free cookies rendered with corn flour. Journal of Agriculture and Food Research*, 19, 101744. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101744>

Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M. A., Domínguez-Avila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). *Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria: Un acercamiento a la economía circular. Redalyc*. <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/>

Sarkar, T., Salauddin, M., Kirtonia, K., Pati, S., Rebezov, M., Khayrullin, M., Panasenkov, S., Tretyak, L., Temerbayeva, M., Kapustina, N., Azimova, S., Gruzdeva, L., Makhmudov, F., Nikitin, I., Kassenov, A., Shariati, M. A., & Lorenzo, J. M. (2022). *A review on the commonly used methods for analysis of physical properties of food materials*. *Applied Sciences*, 12(4), 2004. <https://doi.org/10.3390/app12042004>

Segura-Badilla, O., Kammar-García, A., Mosso-Vázquez, J., Ávila-Sosa Sánchez, R., Ochoa-Velasco, C., Hernández-Carranza, P., & Navarro-Cruz, A. R. (2022). *Potential use of banana peel (Musa cavendish) as ingredient for pasta and bakery products*. *Heliyon*, 8(10), e11044. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11044>

Shafi, A., Baba, W. N., Masoodi, F. A., et al. (2022). *Effect of the addition of banana peel flour on the shelf life and quality of cookies*. *ACS Food Science & Technology*, 2(7), 1375–1384. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00159>

Vázquez, J. M. (2022). Utilización del desecho orgánico de cáscara de plátano como aditivo de enriquecimiento en productos alimenticios [Universidad Autónoma de Puebla]. <http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/20220124084631-7508-T.pdf>

Wafaa, M. H., Said-Al Ahl, H. A. H., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Sharifi-Rad, J., Kačániová, M., Elhourri, M., & Atanassova, M. (2022). *Banana peels: A treasure trove of waste for humans*. *Wiley Online Library*. <https://doi.org/10.1155/2022/761645>

ANEXOS

Anexo 1 Harina de cáscara de banano



Anexo 2 Galletas a partir de harina de cáscara de banano



Anexo 3 Análisis fisicoquímicos



% de humedad



Análisis de pH

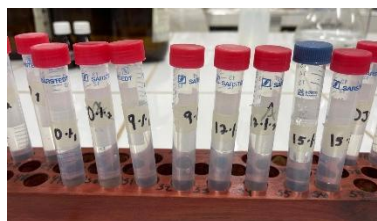
Anexo 4 Análisis de minerales en las galletas



Obtención de cenizas



Preparación de las muestras



Anexo 5 Análisis microbiológicos



Preparación de las muestras



Dilución de las muestras



Incubación de las muestras



Ausencia de *E. coli* y coliformes totales