

**EVALUACIÓN DE LA HARINA DE PLATANO VERDE (*Musa paradisiaca*) COMO  
MATERIA PRIMA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTO PANIFICADO TIPO  
GALLETAS**

**LINDA MARCELA GUTIÉRREZ ALVARADO  
JORLEY TATIANA BARROS URRUTIA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR-SECCIONAL AGUACHICA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROINDUSTRIALES  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
AGUACHICA CESAR  
2025**

**EVALUACIÓN DE LA HARINA DE PLATANO VERDE (*Musa paradisiaca*) COMO  
MATERIA PRIMA EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTO PANIFICADO TIPO  
GALLETAS**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIA**

**LINDA MARCELA GUTIÉRREZ ALVARADO  
JORLEY TATIANA BARROS URRUTIA**

**DIRECTOR  
Mg. JULIO CÉSAR SOCARRAS BALLESTA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
Ctel. Desarrollo Tecnológico e Innovación Industrial  
Producción Agroindustrial**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR–SECCIONAL AGUACHICA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROINDUSTRIALES  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
AGUACHICA CESAR**

**2025**

## NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado de las estudiantes **Linda Marcela Gutiérrez Alvarado** y **Jorley Tatiana Barros Urrutia**, titulado “**Evaluación de la harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) como materia prima en la elaboración de producto panificado tipo galletas.**”, ha sido aprobado por los jurados, quienes no se hacen responsables de su contenido, pero lo han encontrado correcto en su calidad y en su forma de presentación por lo que en fe de lo cual firman.

---

**NOMBRE DEL EVALUADOR**

**EMIR G. QUINTERO SOLANO**

---

**NOMBRE DEL EVALUADOR.**

**JONATHAN GUERRERO QUINTERO**

---

**NOMBRE DEL DIRECTOR**

**Mg. JULIO C. SOCARRAS BALLESTA**

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, quienes siempre han creído en nosotras y nos han brindado su apoyo incondicional en cada paso de este camino. Gracias por sus consejos, esfuerzos y por motivarnos a seguir adelante aun en los momentos más difíciles.

A nuestros profesores, por su dedicación, compromiso y pasión por la enseñanza, que contribuyeron de manera significativa a nuestra formación académica y personal.

Y a nuestros compañeros de estudio, por compartir experiencias, aprendizajes y momentos inolvidables que hicieron de este proceso académico una etapa llena de crecimiento y amistad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecemos a Dios por guiarnos, darnos sabiduría, fortaleza y permitirnos culminar esta importante etapa de nuestra formación profesional.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres y familias, por su amor, apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante todo este proceso académico. De igual manera, agradecemos a nuestro director, Julio Cesar Socarrás Ballestas, por su valiosa orientación, acompañamiento, dedicación y conocimientos brindados en el desarrollo de esta tesis.

A nuestros compañeros de estudio y a todas las personas que hicieron parte de este camino, gracias por su colaboración, amistad y por compartir experiencias que enriquecieron nuestra formación personal y profesional.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Popular del Cesar por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y desarrollar nuestra investigación en sus instalaciones, aportando las herramientas necesarias para alcanzar esta meta.

A todos, nuestro más profundo agradecimiento por su apoyo, confianza y motivación.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE LISTAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABLAS .....	X
LISTA DE ANEXOS .....	XI
GLOSARIO .....	XII
RESUMEN .....	XVI
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
3. JUSTIFICACIÓN .....	22
4. OBJETIVOS .....	24
<b>4.1 Objetivo General</b> .....	24
<b>4.2 Objetivos Específicos</b> .....	24
5. MARCO TEÓRICO .....	25
<b>5.1 Plátano</b> .....	25
<b>5.2 Harina de Plátano Verde y Características Nutricionales</b> .....	28
6. MARCO LEGAL.....	30
7. ESTADO DEL ARTE .....	32
8. METODOLOGÍA.....	35
<b>8.1 Enfoque de la investigación</b> .....	35
<b>8.2 Alcance de la investigación</b> .....	36
<b>8.3 Diseño de investigación</b> .....	37
<b>8.4 Población y muestra</b> .....	38
<b>8.5 Hipótesis</b> .....	39
<b>8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	39
<b>8.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b> .....	40
<b>8.8 Actividades realizadas</b> .....	41
<b>8.8.1 Actividades de estandarización del proceso para la elaboración del producto panificado tipo galleta.</b> .....	41
<b>8.8.2 Actividades para la determinación de las propiedades sensoriales (olor, sabor, textura sensación de masticabilidad y apreciación general) nutricionales y fisicoquímicas del producto panificado (galletas) a partir de harina de plátano verde (<i>Musa paradisiaca</i>) (Humedad, fibra, cenizas, grasa, proteína)</b> .....	45

8.8.3	Actividades para la comparación del producto panificado (galletas) elaborado a partir de harina de plátano verde, con productos panificados tipo galletas comerciales elaboradas en panaderías locales. ....	47
9.	<b>RESULTADOS</b> .....	50
9.1	<b>Estandarización del producto panificado (galleta) elaborado a partir de harina de plátano verde (<i>Musa paradisiaca</i>).</b> .....	50
9.1.1	<b>Materias primas utilizadas</b> .....	50
9.1.2	<b>Formulaciones Experimentales</b> .....	50
9.1.3	<b>Condiciones de horneado</b> .....	53
9.1.4	<b>Evidencias físicas y sensoriales de la masa y las galletas en laboratorio</b> .....	53
9.1.5	<b>Parámetros de control del proceso</b> .....	55
9.1.6	<b>Distribución de la estandarización del peso de las galletas</b> .....	55
9.2	<b>Determinación las propiedades sensoriales (olor, sabor, textura sensación de masticabilidad y apreciación general) nutricionales y fisicoquímicas del producto panificado (galletas) a partir de harina de plátano verde (<i>musa paradisiaca</i>) (Humedad, fibra, cenizas, grasa, proteína)</b> .....	58
9.2.1	<b>Resultados sensoriales individuales</b> .....	59
9.2.2	<b>Resultados de análisis fisicoquímicos y nutricionales</b> .....	63
9.2.3	<b>Análisis estadísticos de parámetros físico químicos</b> .....	64
9.3	<b>Comparación del producto panificado (galletas) elaborado a partir de harina de plátano verde (<i>Musa paradisiaca</i>), con productos panificados tipo galletas comerciales elaboradas en panaderías locales (Aguachica - Cesar)</b> .....	79
9.3.1	<b>Trabajo en campo, análisis sensorial y caracterización del entorno</b> .....	79
9.3.2	<b>Análisis comparativo fisicoquímico</b> .....	83
9.3.3	<b>Análisis general comparativo de las galletas con harina de plátano frente a la galleta comercial</b> .....	89
10.	<b>DISCUSION</b> .....	91
11.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	93
12.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	94
13.	<b>RERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	95
14.	<b>ANEXOS</b> .....	100

## LISTA DE LISTAS

Gráficos 1. Relación y distribución de peso de la galleta según formulación .....	57
Gráficos 2. Relación sensorial promedio de los evaluadores .....	62
Grafica 3. Variación del contenido de proteína (%) en las formulaciones .....	66
Grafica 4. Variación del contenido de fibra (%) en las formulaciones .....	68
Grafica 5. Variación del contenido de grasa (%) en las formulaciones.....	71
Grafica 6. Variación del contenido de cenizas (%) en las formulaciones .....	74
Gráficos 7. Variación del contenido de humedad (%) en las formulaciones.....	77
Gráficos 8. Comparación sensorial de galletas experimentales con harina de plátano y comerciales .....	80
Grafica 9. Comparación de parámetros en relación a las galletas del tratamiento 1 (50% harina de plátano + 50% harina de trigo) y galletas comerciales.....	85
Grafica 10. Comparación de parámetros en relación a las galletas del tratamiento 2 (75% harina de plátano + 25% harina de trigo) y galletas comerciales .....	87
Gráficos 11. Comparación de parámetros en relación a las galletas del tratamiento 3 (50% harina de plátano + 50% harina de trigo) y galletas comerciales .....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Materia prima selecciona (Plátano Verde) .....	41
Figura 2. Desinfección y corte de plátano en laminas .....	42
Figura 3. Secado de láminas de plátano a temperatura de 30°C.....	42
Figura 4. Verificación de etapas de molienda de la materia prima (Plátano Verde) .....	43
Figura 5. Cantidad de harina de plátano destinada para almacenar y conocer su vida útil .....	43
Figura 6. Condición de textura y manejabilidad de la masa de harina de plátano.....	44
Figura 7. Moldeado de galletas para pruebas de horneado progresivas .....	44

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estructura para encuesta según aceptación sensorial.....	47
Tabla 2. Tratamientos según porcentaje del tipo de harina usado y diseño experimental escogido .....	47
Tabla 3. Formulación experimental o tratamiento 1 (100% harina de plátano) .....	51
Tabla 4. Formulación experimental o tratamiento 2 (25% harina de trigo – 75% harina de plátano) .....	52
Tabla 5. Formulación experimental o tratamiento 3 (50% harina de trigo – 50% harina de plátano) .....	52
Tabla 6. Evaluación de parámetros al momento de estandarización de producto .....	54
Tabla 7. Medidas y control para el proceso .....	55
Tabla 8. Relación del peso de las galletas luego de horneado .....	56
Tabla 9. Análisis de varianza para medidas de peso de la galleta .....	56
Tabla 10. Términos generales de calificación por tratamientos .....	60
Tabla 11. Medida promedio de cada atributo .....	60
Tabla 12. Resultados de laboratorio.....	63
Tabla 13. Estadística descriptiva en análisis de proteína.....	65
Tabla 14. Análisis de varianza para niveles de proteína.....	65
Tabla 15. Estadística descriptiva en análisis de fibra .....	67
Tabla 16. Análisis de varianza para niveles de fibra .....	68
Tabla 17. Estadística descriptiva en análisis de grasa.....	70
Tabla 18. Análisis de varianza para niveles de grasa.....	71
Tabla 19. Estadística descriptiva en análisis de cenizas .....	73
Tabla 20. Análisis de varianza para niveles de cenizas .....	73
Tabla 21. Estadística descriptiva en análisis de humedad .....	76
Tabla 22. Análisis de varianza para niveles de humedad .....	76
Tabla 23. Medida general de cada promedio (tabla 11) con relación a resultados sensoriales de galletas comerciales .....	79
Tabla 24. Resultados de parámetros fisicoquímicos de galletas comerciales.....	83
Tabla 25. Comparación de parámetros fisicoquímicos de las galletas experimentales (tabla 12), con resultados de galletas comerciales (tabla 24).....	84

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados fisicoquímicos de galleta con 100% harina de plátano.....	100
Anexo 2. Resultados fisicoquímicos de galletas con 75% harina de plátano + 25% harina de trigo .....	101
Anexo 3. Resultados fisicoquímicos de galletas con 50% harina de plátano + 50% harina de trigo .....	102
Anexo 4. Análisis fisicoquímicos de galletas comerciales .....	103

## GLOSARIO

**Aceptación general:** La aceptación general corresponde al grado de agrado del consumidor hacia un producto alimentario, evaluado mediante análisis sensorial que integran atributos como color, sabor, aroma y textura. En estudios sobre galletas elaboradas con harina de plátano, este parámetro permite determinar la viabilidad del producto frente a formulaciones tradicionales (Castro López, 2015; León-Méndez et al., 2020).

**Acidez total:** La acidez total es la medida de la concentración de ácidos orgánicos presentes en un alimento y constituye un indicador relevante del perfil fisicoquímico y de la estabilidad del producto. En derivados del plátano, este parámetro puede variar según el método de secado y procesamiento aplicado a la materia prima (Kabeer et al., 2022).

**Alimentos funcionales:** Son alimentos que, además de su valor nutricional básico, aportan beneficios adicionales para la salud. La harina de plátano ha sido empleada en el desarrollo de productos funcionales debido a su contenido de fibra, almidón resistente y compuestos bioactivos, especialmente en formulaciones libres de gluten (Montoya, 2020; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024).

**Antioxidantes:** Compuestos bioactivos capaces de neutralizar radicales libres y reducir el estrés oxidativo. Diversos estudios reportan la presencia de antioxidantes naturales en el plátano y sus derivados, los cuales pueden conservarse parcialmente durante el secado y la transformación en harina (Kabeer et al., 2022; Vu et al., 2025).

**Bicarbonatos (sódico y amónico):** Agentes leudantes empleados en la elaboración de galletas, responsables de la liberación de dióxido de carbono durante el horneado. Su uso contribuye al desarrollo de volumen, porosidad y textura en productos elaborados con harinas alternativas como la de plátano (Loza Esteban, 2016; Quispe Cusi, 2016).

**Biotecnología:** Área de la ciencia que aplica organismos vivos o sus componentes para la obtención de productos de interés. En el ámbito alimentario, la biotecnología se relaciona con procesos como fermentación, transformación de materias primas y aprovechamiento de subproductos agroindustriales, incluidos los derivados del plátano (Montero & Salinas Alvarado, 2017).

**Bisulfito sódico:** Aditivo utilizado como mejorador de masa en productos horneados, con funciones antioxidantes y acondicionadoras. Su aplicación contribuye a mejorar la extensibilidad de la masa y la textura final del producto, especialmente en formulaciones con sustitución parcial de harina de trigo (Loza Esteban, 2016).

**Características sensoriales:** Conjunto de atributos percibidos por los sentidos, como color, aroma, sabor y textura. Estos parámetros son determinantes en la aceptación del consumidor y han sido ampliamente evaluados en galletas elaboradas con harina de plátano y mezclas con otras harinas (Castro López, 2015; López Medina et al., 2017).

**Catalizador natural:** Sustancia de origen biológico que acelera reacciones sin consumirse en el proceso. En la transformación de materias primas vegetales, los componentes naturales del plátano pueden favorecer reacciones fisicoquímicas durante el procesamiento térmico y el secado (Kabeer et al., 2022).

**Composición química:** Describe la proporción de macronutrientes y micronutrientes presentes en un alimento. La harina de plátano se caracteriza por un alto contenido de carbohidratos complejos, fibra dietaria y minerales, lo que la convierte en un ingrediente de interés nutricional (Kumalasari et al., 2020; Vu et al., 2025).

**Economía circular:** Modelo productivo orientado al aprovechamiento eficiente de recursos y la reducción de residuos. El uso de cáscaras de plátano y plátanos de descarte para la elaboración de harinas y galletas constituye una estrategia alineada con principios de economía circular (Falla Dejo & Ramón Lluen, 2019; Seminario et al., s.f.).

**Factibilidad:** Evaluación de la viabilidad técnica, económica y operativa de un proyecto. En el desarrollo de productos alimentarios a base de harina de plátano, la factibilidad considera disponibilidad de materia prima, costos de producción, tecnología y aceptación del mercado (Palomino Monasterio, 2024; Seminario et al., s.f.).

**Funcionalidad alimentaria:** Propiedad de un alimento de generar beneficios fisiológicos adicionales a su aporte nutricional. Las galletas elaboradas con harina de plátano han mostrado potencial funcional por su aporte de fibra y compuestos bioactivos (Montoya, 2020; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024).

**Galleta:** Producto horneado obtenido a partir de una masa compuesta por harinas, grasas y azúcares. Las galletas permiten la incorporación de harinas no convencionales, como la de plátano, sin afectar significativamente su aceptabilidad sensorial (Maldonado & Pacheco de Delahaye, 2000; León-Méndez et al., 2020).

**Harina de plátano:** Ingrediente obtenido mediante la deshidratación y molienda del plátano verde o maduro. Se emplea como sustituto parcial o total de la harina de trigo, destacando por su contenido de fibra, almidón resistente y minerales (Montero & Salinas Alvarado, 2017; Kumalasari et al., 2020).

**Lecitina:** Emulsionante utilizado en productos de panificación para mejorar la estabilidad de la masa y la textura final del producto. En galletas con harinas alternativas, contribuye a una mejor cohesión y uniformidad estructural (Quispe Cusi, 2016).

**Levaduras:** Microorganismos que transforman azúcares en dióxido de carbono y otros compuestos durante procesos fermentativos. Aunque su uso es más común en panificación, pueden emplearse en formulaciones experimentales con harinas de plátano (Montero & Salinas Alvarado, 2017).

**Propiedades reológicas:** Características relacionadas con el comportamiento mecánico de la masa, como viscosidad y elasticidad. Estas propiedades influyen directamente en el procesamiento y calidad final de galletas elaboradas con mezclas de harina de trigo y plátano (Kumalasari et al., 2020; López Medina et al., 2017).

**Sal común:** Ingrediente utilizado para mejorar el sabor y reforzar la estructura de la masa. En formulaciones con sustitución de harina de trigo por harina de plátano, la sal contribuye al equilibrio sensorial y estructural del producto (Loza Esteban, 2016).

**Sensorial:** Relacionado con la percepción a través de los sentidos. El análisis sensorial es una herramienta fundamental para evaluar la calidad y aceptación de productos elaborados con harinas alternativas como la de plátano (Castro López, 2015; León-Méndez et al., 2020).

**Sustentabilidad:** Principio que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos futuros. El aprovechamiento del plátano y sus subproductos en la elaboración de alimentos contribuye a la sostenibilidad económica y ambiental del sistema agroalimentario (Falla Dejo & Ramón Lluen, 2019; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024).

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito evaluar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de galletas elaboradas a partir de diferentes proporciones de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) como sustituto parcial de la harina de trigo, con el fin de determinar la formulación óptima para obtener un producto funcional, nutritivo y aceptado por el consumidor. Se desarrollaron tres tratamientos: T1 (100% plátano), T2 (75% plátano – 25% trigo) y T3 (50% plátano – 50% trigo), comparados con una galleta comercial como referencia.

Los resultados mostraron que el aumento del contenido de harina de plátano verde generó un incremento en la fibra bruta y las cenizas, indicando un mayor aporte mineral y estructural, aunque con una disminución en la humedad y en la suavidad del producto. En el análisis sensorial, el tratamiento T2 obtuvo la mayor aceptación global, destacándose por su color uniforme, textura crocante y sabor equilibrado, atributos que lo posicionaron cercano al producto comercial en la preferencia del consumidor. Asimismo, el tratamiento 100% plátano (T1) mostró un perfil más denso y menos dulce, mientras que el T3 mantuvo características intermedias.

En términos generales, la incorporación de harina de plátano verde demostró ser tecnológicamente viable, mejorando el perfil nutricional sin comprometer la calidad sensorial del producto. La formulación T2 se consolidó como la más equilibrada, logrando integrar el valor funcional del plátano con las propiedades panificables del trigo. Por tanto, el uso de esta materia prima local representa una alternativa innovadora y sostenible para diversificar la producción de galletas y promover el aprovechamiento agroindustrial del plátano verde en la región del Cesar.

**Palabras claves:** Harina de plátano verde, galletas funcionales, propiedades sensoriales, sustitución de trigo, valor nutricional, agroindustria sostenible

## 1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para la producción de alimentos ha cobrado especial relevancia en el contexto actual, especialmente en el desarrollo de productos agroindustriales que permitan el aprovechamiento integral de materias primas locales. En este sentido, la transformación de productos agrícolas en ingredientes funcionales representa una estrategia viable desde los puntos de vista económico, ambiental y tecnológico, al contribuir a la reducción de desperdicios y a la generación de valor agregado (Falla Dejo & Ramón Lluen, 2019; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024).

En los últimos años, se ha evidenciado un creciente interés por parte de los consumidores en alimentos más saludables, funcionales y elaborados con ingredientes naturales. Esta tendencia ha impulsado la investigación y desarrollo de productos horneados que incorporan harinas no convencionales, entre ellas la harina de plátano, como alternativa parcial o total a la harina de trigo. Diversos estudios destacan que este ingrediente posee propiedades nutricionales y tecnológicas favorables para su aplicación en la industria alimentaria, particularmente en la elaboración de galletas (Castro López, 2015; León-Méndez et al., 2020).

El plátano verde (*Musa paradisiaca*) es un fruto ampliamente disponible en regiones tropicales y su procesamiento en forma de harina permite valorizar un recurso que, en muchos casos, no se comercializa debido a criterios estéticos o de maduración. La harina de plátano verde se caracteriza por su alto contenido de carbohidratos complejos, almidón resistente, fibra dietaria y minerales, lo que la convierte en una alternativa nutricionalmente interesante frente a la harina de trigo convencional (Kumalasari et al., 2020; Vu et al., 2025). Asimismo, su condición naturalmente libre de gluten amplía su potencial de consumo en poblaciones con intolerancia al gluten o que buscan productos diferenciados (Montoya, 2020).

Desde el punto de vista tecnológico, diferentes investigaciones han demostrado que la harina de plátano presenta un comportamiento adecuado en la elaboración de productos de panificación. Estudios experimentales reportan buenas propiedades funcionales, como capacidad de absorción de agua y aceite, así como una aceptable estabilidad durante el horneado, lo que permite obtener

productos con características sensoriales favorables (Maldonado & Pacheco de Delahaye, 2000; Kumalasari et al., 2020). En particular, el desarrollo de galletas a partir de harina de plátano ha mostrado niveles adecuados de aceptación en cuanto a sabor, textura y color (León-Méndez et al., 2020).

Adicionalmente, el uso de subproductos del plátano, como la cáscara, en la formulación de alimentos responde a criterios de sostenibilidad y economía circular. La elaboración de galletas a partir de harina de cáscara de banano no solo contribuye a la reducción de residuos agroindustriales, sino que también permite obtener productos con valor nutricional y viabilidad económica, como lo evidencian estudios recientes en contextos latinoamericanos (Falla Dejo & Ramón Lluen, 2019; Aguinda Andy et al., 2024).

En este contexto, el desarrollo de productos a base de harina de plátano verde representa una oportunidad para fortalecer la agroindustria local, reducir costos de producción y fomentar emprendimientos alimentarios a pequeña escala, especialmente en zonas rurales con alta disponibilidad de esta materia prima (Palomino Monasterio, 2024; Seminario et al., s.f.).

Por lo anterior, el presente proyecto tiene como objetivo evaluar el uso de harina de plátano verde como materia prima en la elaboración de galletas, con el fin de analizar sus características fisicoquímicas y sensoriales, así como su viabilidad como sustituto parcial o total de la harina de trigo. Esta investigación busca aportar conocimiento técnico sobre el aprovechamiento de ingredientes alternativos y promover el desarrollo de alimentos más saludables y sostenibles a partir de recursos agrícolas locales.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, el consumo de alimentos panificados ha presentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, lo que ha incrementado la demanda de trigo como materia prima principal para la elaboración de pan, galletas y otros productos de panificación. No obstante, la producción nacional de trigo es limitada y no logra suplir las necesidades del mercado interno, debido a factores como condiciones climáticas poco favorables, degradación y compactación de los suelos, así como prácticas agrícolas inadecuadas que afectan el rendimiento del cultivo. Como consecuencia, el país depende en gran medida de la importación de este cereal, lo que impacta directamente en los costos de producción de la industria panificadora (FAO, 2024).

A esta situación se suma el incremento del precio del trigo en el mercado internacional, lo cual representa una desventaja económica para los pequeños y medianos productores de alimentos panificados, quienes ven reducida su rentabilidad. En este contexto, se ha planteado la necesidad de buscar materias primas alternativas que permitan sustituir parcial o totalmente la harina de trigo, manteniendo características organolépticas aceptables y aportando beneficios nutricionales adicionales. Entre estas alternativas se destacan las harinas obtenidas de productos agrícolas locales, como el plátano, que presentan un alto potencial funcional y tecnológico para su uso en panificación (Montoya, 2020; FAO, 2024).

La harina constituye un ingrediente fundamental en los procesos de panificación, ya que influye directamente en la textura, el sabor, el volumen y la calidad nutricional del producto final. Sin embargo, el uso de harina de trigo también está asociado a problemáticas relacionadas con la salud, especialmente por la presencia de gluten. Este componente puede generar efectos adversos en personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten, lo que ha impulsado el desarrollo de productos elaborados con harinas naturalmente libres de gluten como alternativa más segura y saludable (Montoya, 2020).

Desde una perspectiva de sostenibilidad y seguridad alimentaria, la sustitución del trigo por harinas funcionales de origen local no solo contribuye a diversificar la dieta, sino que también reduce la dependencia de insumos importados y promueve el aprovechamiento de recursos agrícolas

disponibles en el país. En este sentido, la harina de plátano se presenta como una opción viable para la elaboración de productos de panificación, al ofrecer características nutricionales favorables, aceptabilidad sensorial y un menor impacto económico y ambiental (FAO, 2021; León-Méndez et al., 2020).

El desaprovechamiento del plátano tiene efectos negativos significativos en varios niveles. Desde una perspectiva económica, la pérdida de producto representa un desperdicio de recursos y una disminución de ingresos para los agricultores. Esto es especialmente crítico en comunidades donde el plátano es una fuente vital de ingresos y sustento. Desde un punto de vista social, el desaprovechamiento contribuye a la inseguridad alimentaria. En un mundo donde millones de personas sufren de hambre, deshacerse de alimentos comestibles es un contrasentido. Según la FAO, más de 820 millones de personas padecen hambre en el mundo, mientras que un tercio de los alimentos producidos se desperdician (FAO, 2019). Una de las principales causas del desaprovechamiento del plátano es la clasificación y los estándares de calidad en el mercado. Los retailers y consumidores a menudo prefieren plátanos de un tamaño y aspecto específicos. Aquellos que no cumplen con estos estándares, aunque sean perfectamente comestibles, son desechados. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estima que alrededor del 30% de la producción de plátano se pierde debido a criterios estéticos (FAO, 2024).

Asimismo, es importante considerar las limitaciones asociadas al uso de la harina de trigo en productos panificados, especialmente por la presencia de gluten. Diversos estudios han señalado que el gluten puede generar restricciones de consumo en determinados grupos poblacionales, lo que ha impulsado la búsqueda de materias primas alternativas para la elaboración de productos horneados. En este contexto, la harina de plátano se presenta como una opción viable, ya que carece de gluten y puede emplearse como sustituto parcial o total de la harina de trigo en la formulación de galletas, manteniendo características tecnológicas y sensoriales aceptables. Investigaciones realizadas en América Latina han demostrado que la incorporación de harina de plátano en galletas permite obtener productos con adecuada textura, sabor y aceptación por parte del consumidor, además de ampliar la oferta de alimentos libres de gluten (Castro López, 2015; Maldonado & Pacheco de Delahaye, 2000; Montoya, 2020).

Por otra parte, el desaprovechamiento del plátano constituye un problema relevante desde el punto de vista ambiental y socioeconómico. A pesar de ser un cultivo ampliamente producido en regiones tropicales, una parte significativa del plátano se pierde por razones asociadas a criterios comerciales, maduración o falta de procesos de transformación. Este desperdicio implica la pérdida de recursos naturales y productivos, además de afectar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. La transformación del plátano, incluyendo su cáscara, en harina para la elaboración de productos panificados como galletas, representa una estrategia eficiente para reducir pérdidas, agregar valor a la producción agrícola y promover el aprovechamiento integral del recurso (Falla Dejo & Ramón Lluen, 2019; FAO et al., 2019; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024). En este sentido, el desarrollo de galletas a base de harina de plátano se alinea con los principios de sostenibilidad y economía circular promovidos a nivel internacional (FAO, 2024).

¿Como afecta la sustitución de diferentes porcentajes de harina de trigo por harina de plátano en las propiedades sensoriales (sabor, textura y color), fisicoquímicas y nutricionales de la masa de galleta?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El plátano constituye uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial, tanto por su aporte nutricional como por su relevancia económica en numerosas regiones tropicales. En países en desarrollo, este fruto desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos para pequeños y medianos productores. No obstante, una parte significativa de la producción se desperdicia debido a problemas de comercialización, maduración acelerada o criterios estéticos, lo que representa pérdidas económicas y un uso ineficiente de los recursos agrícolas (FAO et al., 2019; FAO, 2024).

En este contexto, el aprovechamiento del plátano verde como materia prima para la elaboración de harina surge como una alternativa viable y sostenible. La transformación del plátano en harina permite extender su vida útil, reducir pérdidas postcosecha y generar valor agregado, contribuyendo al fortalecimiento de las economías locales y rurales. Diversos estudios realizados en América Latina evidencian que la harina de plátano puede emplearse exitosamente en la elaboración de productos panificados, como galletas, sin comprometer la calidad sensorial ni tecnológica del producto final (Castro López, 2015; Maldonado & Pacheco de Delahaye, 2000; López Medina et al., 2017).

Desde el punto de vista nutricional, la harina de plátano verde presenta un perfil favorable, caracterizado por un alto contenido de carbohidratos complejos, fibra dietaria y minerales esenciales como potasio y magnesio. Investigaciones recientes han demostrado que el plátano verde es rico en almidón resistente, componente asociado con beneficios metabólicos y digestivos, así como con una liberación más lenta de glucosa en el organismo (Kabeer et al., 2022; Vu et al., 2025). Estas características hacen de la harina de plátano una alternativa interesante frente a la harina de trigo convencional, especialmente en el desarrollo de alimentos con enfoque funcional.

Asimismo, la harina de plátano se destaca por su condición de ingrediente naturalmente libre de gluten, lo que amplía su potencial de uso en la formulación de productos dirigidos a personas con intolerancia al gluten o que buscan opciones alimentarias diferenciadas. Estudios orientados al

desarrollo de galletas y otros productos horneados han reportado resultados satisfactorios en términos de textura, aceptabilidad sensorial y estabilidad del producto cuando se emplea harina de plátano como sustituto parcial o total de la harina de trigo (León-Méndez et al., 2020; Quispe Cusi, 2016; Montoya, 2020).

Desde una perspectiva económica y ambiental, el uso integral del plátano, incluyendo frutos de descarte e incluso subproductos como la cáscara, representa una estrategia alineada con los principios de sostenibilidad y economía circular. La FAO destaca que la reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos contribuye directamente al aumento de ingresos de los productores, a la optimización del uso de recursos naturales y a la mitigación de impactos ambientales asociados a la producción agrícola (FAO et al., 2019; FAO, 2024). En este sentido, experiencias de aprovechamiento del plátano y su cáscara en la elaboración de galletas demuestran la viabilidad técnica y económica de este tipo de iniciativas (Falla Dejo & Ramón Lluen, 2019; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024).

Por lo anterior, la elaboración de galletas a base de harina de plátano verde se justifica como una propuesta que integra beneficios nutricionales, tecnológicos, económicos y ambientales. Este tipo de desarrollo contribuye no solo a diversificar la oferta de productos panificados, sino también a promover el aprovechamiento integral de recursos agrícolas locales, fortalecer la seguridad alimentaria y fomentar prácticas productivas más sostenibles.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

- Evaluar el efecto de la sustitución parcial o total de la harina de plátano en las propiedades sensoriales (sabor, textura y color), fisicoquímicas y nutricionales de un producto panificado tipo galleta.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Estandarizar el producto panificado (galleta) elaborado a partir de harina de plátano verde (musa paradisiaca).
- Determinar las propiedades sensoriales (olor, sabor, textura sensación de masticabilidad y apreciación general) nutricionales y fisicoquímicas del producto panificado (galletas) a partir de harina de plátano verde (musa paradisiaca) (Humedad, fibra, cenizas, grasa, proteína)
- Comparar el producto panificado (galletas) elaborado a partir de harina de plátano verde (musa paradisiaca), con productos panificados tipo galletas comerciales elaboradas en panaderías locales (Aguachica - Cesar)

## 5. MARCO TEÓRICO

El uso de referencias bibliográficas con una antigüedad superior a diez años se justifica en el presente trabajo debido a la naturaleza del objeto de estudio y al tipo de información que dichas fuentes aportan. En investigaciones relacionadas con cultivos agrícolas, botánica, morfología vegetal, fisiología de plantas y bases productivas tradicionales, las fuentes clásicas continúan siendo altamente válidas, ya que describen principios científicos y técnicos que no han sufrido modificaciones sustanciales a lo largo del tiempo.

En este sentido, documentos de investigación como el de (Delahaye, 2000), institucionales y técnicos como los elaborados por organismos reconocidos entre ellos la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA 1999) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, s,f) constituyen referentes fundamentales para la comprensión del origen, clasificación, desarrollo, características agronómicas y nutricionales del plátano. Estas fuentes proporcionan información estructural y conceptual que mantiene vigencia, dado que los procesos fisiológicos, morfológicos y productivos del cultivo no se modifican con los avances tecnológicos recientes, sino que se estudian y perfeccionan a partir de estos fundamentos.

### 5.1 Plátano

El plátano pertenece a la familia *Musaceae* y es uno de los cultivos agrícolas de mayor importancia en las regiones tropicales del mundo. Su relevancia radica tanto en su aporte nutricional como en su valor económico y social, especialmente en países en desarrollo, donde constituye un alimento básico para amplios sectores de la población y una fuente fundamental de ingresos para pequeños productores rurales (FAO, s. f.).

Desde el punto de vista productivo, el cultivo de plátano se caracteriza por su alta adaptabilidad a condiciones tropicales, lo que ha permitido su amplia difusión y consolidación como uno de los principales cultivos alimentarios a nivel global (CORPOICA, 1999).

- **Clasificación Botánica**

El plátano es una planta herbácea perenne que presenta una estructura morfológica particular. La parte subterránea está conformada por un rizoma o cormo, considerado el verdadero tallo de la planta, del cual se originan brotes laterales denominados retoños, responsables de la multiplicación vegetativa del cultivo. A partir del rizoma se desarrolla un sistema radicular fasciculado que permite la absorción de agua y nutrientes del suelo (CORPOICA, 1999).

La parte aérea está constituida por un falso tallo, formado por la superposición de las vainas foliares. De este emergen hojas grandes y alargadas que, al disponerse unas sobre otras, permiten que la planta alcance alturas considerables, generalmente entre seis y ocho metros, dependiendo de la variedad y de las condiciones agroclimáticas (Grupo de Seguimiento Técnico y Asesores, 2023).

- **Crecimiento y desarrollo del plátano**

La madurez de cosecha o comercial es cuando la fruta puede desprenderse del árbol y, porque el plátano es un fruto climatérico, puede desarrollar su madurez de consumo, etapa en la que posee sus características sensoriales completas como sabor, aroma, color, textura y consistencia (Flores Navarrete, 2018), generando un gran interés comercial. El ciclo de vida del plátano comprende dos etapas principales: la fase vegetativa y la fase reproductiva. La fase vegetativa inicia desde la siembra y se extiende hasta la diferenciación floral, mientras que la fase reproductiva comienza con la aparición de la inflorescencia y culmina con la madurez del fruto (CORPOICA, 1999).

Durante el desarrollo del fruto se producen cambios fisiológicos y físicos importantes, especialmente en el color y la textura. El fruto pasa de un color verde intenso a tonalidades amarillas a medida que avanza la maduración, fenómeno asociado a la degradación de la clorofila. Paralelamente, se presenta un ablandamiento progresivo del tejido, lo que incide directamente en las características sensoriales del plátano destinadas al consumo humano (FAO, s. f.).

- **Morfología**

Las especies comerciales de plátano pertenecen al orden Zingiberales y a la familia Musaceae. Morfológicamente, la planta está compuesta por el sistema radicular, el rizoma, el sistema foliar y la inflorescencia, que posteriormente da origen al racimo de frutos. Existen diversas variedades y tipos de plátano, los cuales se diferencian por su forma, tamaño, uso culinario y adaptación a condiciones específicas de cultivo (CORPOICA, 1999).

- **Cultivo**

El cultivo de plátano se desarrolla principalmente en zonas tropicales húmedas, donde las condiciones climáticas favorecen su crecimiento. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo oscila entre 20 y 30 °C, siendo sensible a temperaturas extremas por debajo o por encima de este rango. Asimismo, requiere suelos con buena capacidad de retención de humedad, adecuados niveles de materia orgánica y drenaje eficiente (EOS Data Analytics, 2025).

El plátano puede sembrarse durante todo el año, siempre que se garantice una disponibilidad adecuada de agua en el suelo. Su producción es realizada mayoritariamente por pequeños y medianos productores, lo que lo convierte en un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible (Grupo de Seguimiento Técnico y Asesores, 2023).

A nivel mundial, los plátanos y bananos se posicionan entre los cultivos alimentarios más importantes, solo superados por cereales como el arroz, el trigo y el maíz, siendo además uno de los productos frutícolas más comercializados internacionalmente (FAO, s. f.).

- **Características Nutricionales**

Desde el punto de vista nutricional, el plátano es un alimento energético, rico en carbohidratos complejos, principalmente almidón, lo que lo convierte en una fuente importante de energía para la dieta humana. Además, aporta fibra dietética, vitaminas y minerales esenciales, destacándose el

potasio, que cumple funciones clave en el equilibrio electrolítico y el funcionamiento muscular (FAO, s. f.).

El consumo de plátano contribuye a una alimentación balanceada, especialmente en comunidades donde el acceso a otros alimentos es limitado, razón por la cual su aprovechamiento integral representa una estrategia relevante para fortalecer la seguridad alimentaria y reducir pérdidas postcosecha (CORPOICA, 1999).

## **5.2 Harina de Plátano Verde y Características Nutricionales**

La harina de plátano verde se caracteriza por su alto contenido de almidón, el cual representa aproximadamente el 86 % de su composición, con una proporción de amilosa cercana al 40,7 %. Además, contiene bajas cantidades de lípidos y presenta un aporte energético aproximado de 377 kcal por cada 100 g de producto comestible. Estas características convierten a la harina de plátano verde en un ingrediente con alto potencial para la elaboración de productos alimenticios ricos en carbohidratos de bajo índice glucémico, especialmente orientados a poblaciones que requieren control metabólico o dietas especiales (Maldonado & Pacheco de Delahaye, 2000; Kumalasari et al., 2020; Vu et al., 2025).

Diversos estudios han señalado que la harina de plátano verde puede ser considerada un alimento con propiedades funcionales, debido a su elevado contenido de almidón resistente. Este componente no es digerido en el intestino delgado, actuando de manera similar a la fibra dietaria y generando efectos positivos sobre la salud intestinal, la regulación glucémica y la prevención de enfermedades crónicas. En este sentido, su incorporación en productos de panificación y galletería ha demostrado beneficios nutricionales adicionales más allá de su valor energético convencional (Kabeer et al., 2022; Silva Jiménez & Rojas Navarro, 2024).

La elaboración de la harina de plátano verde inicia con la selección de frutos en estado verde, sanos y libres de daños mecánicos o microbiológicos. Posteriormente, los plátanos son lavados, pelados y cortados en hojuelas de tamaño uniforme. Estas hojuelas se someten a un tratamiento antioxidante mediante inmersión en una solución de ácido cítrico al 0,15 % durante

aproximadamente 30 minutos, con el fin de reducir el pardeamiento enzimático y preservar la calidad del producto final (Castro López, 2015; López Medina et al., 2017).

Una vez concluido el tratamiento, las hojuelas se filtran para eliminar el exceso de líquido y se disponen en bandejas para su secado. El proceso de deshidratación se realiza generalmente en horno a una temperatura cercana a 80 °C durante un tiempo aproximado de cuatro horas, hasta alcanzar un contenido de humedad adecuado. Posteriormente, el producto seco es molido hasta obtener la granulometría deseada, dando origen a la harina de plátano verde (Loza Esteban, 2016; Montero & Salinas Alvarado, 2017).

La transformación del plátano verde en harina constituye una estrategia eficiente para reducir las pérdidas postcosecha y el desperdicio de este fruto, ya que el bajo contenido de humedad del producto final limita el crecimiento de bacterias y hongos. Asimismo, durante el proceso de secado y molienda se reduce la actividad enzimática responsable de la senescencia en frutos climatéricos, contribuyendo a una mayor estabilidad y vida útil del producto, así como a su aprovechamiento en la formulación de alimentos funcionales y libres de gluten (Moresco et al., s. f.; Montoya, 2020; Palomino Monasterio, 2024).

## 6. MARCO LEGAL

La investigación se respalda con algunas normativas; entre ellas, tenemos las siguientes:

**La Ley 9 de 1979**, conocida como el Código Sanitario Nacional, establece las disposiciones generales relacionadas con la salubridad pública, incluyendo los alimentos destinados al consumo humano. Esta ley exige que toda actividad relacionada con la producción, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos se realice bajo condiciones sanitarias que garanticen la inocuidad y eviten la contaminación. En el contexto del presente proyecto, la elaboración de galletas a partir de harina de plátano verde debe cumplir con estos lineamientos, desde la selección del fruto hasta el procesamiento y empaque del producto final (Congreso de Colombia, 1979).

**La Resolución 2674 de 2013**, expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, regula los requisitos sanitarios para la fabricación, procesamiento y comercialización de alimentos en Colombia. Esta norma es clave para este proyecto, ya que establece la obligación de aplicar las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), las cuales aseguran que el producto elaborado —en este caso, galletas a base de harina de plátano— no represente riesgo alguno para la salud del consumidor (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

**La Norma Técnica Colombiana NTC 267**, correspondiente a la reglamentación específica de galletas, establece los requisitos de calidad y características físicas y sensoriales que deben cumplir estos productos, como textura, color, humedad máxima y sabor. En este proyecto, dicha norma se adapta como referencia para verificar si las galletas elaboradas con harina de plátano verde cumplen con los parámetros que exige el mercado en cuanto a calidad y presentación del producto (ICONTEC, 2021).

**La NTC 1486**, sobre el etiquetado de alimentos empacados, regula la forma en que debe comunicarse al consumidor la información del producto, incluyendo nombre, ingredientes, tabla nutricional, fechas de vencimiento, y advertencias. Aplicar esta norma al proyecto permite que las galletas de harina de plátano, en caso de ser comercializadas, cuenten con un etiquetado correcto, transparente y que cumpla con las disposiciones legales en Colombia (ICONTEC, 2020).

**La Resolución 3803 de 2016** del Ministerio de Salud establece los valores nutricionales de referencia para el etiquetado de alimentos. Esta norma se adapta al proyecto en la medida en que permite calcular y expresar adecuadamente la composición nutricional de las galletas, considerando su contenido de carbohidratos, fibra, energía y minerales, lo cual es importante si se desea promocionar el producto como saludable (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

**El Decreto 1500 de 2007** establece el sistema de inspección, vigilancia y control sanitario de la producción de alimentos para consumo humano. Aunque inicialmente se aplica a productos de origen animal, también guía los lineamientos generales para la inocuidad alimentaria y el cumplimiento de normas sanitarias en los procesos productivos. En este caso, puede considerarse para asegurar que el producto artesanal cumpla con los estándares mínimos para una posible comercialización o venta directa (Presidencia de la República, 2007).

Finalmente, **la NTC 4597** sobre alimentos funcionales es pertinente en este proyecto si se considera que la harina de plátano verde, por su contenido de almidón resistente y fibra, puede otorgar beneficios adicionales al consumidor. Esta norma establece los criterios para que un alimento sea considerado funcional, y se puede aplicar como guía para investigar o validar el valor agregado nutricional del producto (ICONTEC, 2019).

## 7. ESTADO DEL ARTE

Diversos estudios en América Latina han explorado el uso de harinas alternativas como el plátano verde (*Musa paradisiaca*) en productos panificados, en especial las galletas, con el objetivo de mejorar su perfil nutricional, reducir el uso de harinas refinadas y ofrecer alternativas sin gluten.

En Colombia, Montoya (2020) desarrolló una matriz alimentaria a base de harina de plátano Dominicano con el fin de diseñar alimentos funcionales libres de gluten, contribuyendo así a la diversificación de productos dirigidos a consumidores con intolerancia o sensibilidad al gluten. En su investigación, evaluó detalladamente las propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas y texturales de la harina obtenida, además del efecto de distintos aditivos —como proteínas, almidones, hidrocoloides y emulsionantes— sobre dichas propiedades. A través de un proceso experimental sistemático, logró determinar las combinaciones más estables y funcionales que garantizan una adecuada textura, cohesión y capacidad de retención de agua, factores determinantes en la calidad final de los alimentos sin gluten. Finalmente, se diseñó un alimento basado en esta matriz, enriquecido con vitaminas del complejo B, D, calcio y hierro, cuya evaluación sensorial y textural evidenció un excelente comportamiento físico, resaltando el potencial del plátano como base para productos funcionales, nutritivos y de alto valor agregado en el mercado de alimentos saludables.

En Argentina, Moresco y Righi (2019) elaboraron galletas dulces libres de gluten empleando harina de plátano verde y semillas de lino, buscando obtener un producto alternativo con alta calidad nutricional y buena aceptación por parte del consumidor. Las galletas desarrolladas presentaron una composición notablemente rica en fibra (9,8 g/100 g), proteínas (8,75 g) y lípidos (19,45 g), además de un contenido energético balanceado que las convierte en una opción funcional dentro de la dieta cotidiana. En cuanto a la aceptabilidad sensorial, las pruebas realizadas arrojaron un 65,19 % de aceptación, valor que demuestra que la inclusión de harina de plátano no solo es tecnológicamente viable, sino que también resulta agradable para el consumidor promedio. Este estudio demostró que la harina de plátano puede integrarse exitosamente en productos horneados, aportando características nutricionales superiores y contribuyendo al desarrollo de alimentos inclusivos, saludables y sostenibles desde el punto de vista agroindustrial.

Desde Perú, Falla Dejo y Morelia Yasmi (2019) investigaron la elaboración de galletas a partir de harina de cáscara de plátano verde, aprovechando residuos provenientes de la industria de chifles, lo cual representa una estrategia de valorización de subproductos agroindustriales. Mediante cinco formulaciones con diferentes proporciones de harina de cáscara y harina de trigo, las autoras evaluaron las características físicas, químicas y sensoriales de las galletas obtenidas, analizando variables como textura, color, sabor y contenido de fibra. Los resultados evidenciaron que las galletas con mayor proporción de harina de cáscara presentaron un incremento significativo en la fibra dietaria y en la capacidad antioxidante, además de mantener una aceptabilidad sensorial dentro de parámetros aceptables para el consumo humano. Este trabajo puso de relieve el valor agregado que puede tener la reutilización de residuos del plátano, consolidando su aplicación en productos de consumo masivo como una alternativa económica, ambientalmente sostenible y alineada con los principios de economía circular.

En Honduras, Montero y Alvarado (2017) estudiaron la elaboración de harina de plátano verde y su aplicación como sustituto parcial en la formulación de pan y pasta fresca, con el propósito de mejorar el perfil nutricional de estos alimentos sin afectar su textura ni su sabor. Para ello, los autores utilizaron tres métodos de secado natural, por aire caliente y por convección con el fin de comparar el rendimiento y las características de la harina obtenida. Posteriormente, mediante metodología de superficie de respuesta, optimizaron las variables de formulación, logrando determinar que un 29,7 % de sustitución de harina de plátano resultaba óptimo para la elaboración de pan molde, ya que mejoraba el contenido de fibra dietética (7,95 %) sin comprometer la aceptabilidad sensorial ni la textura del producto final. Estos hallazgos respaldan la potencial aplicación de la harina de plátano verde no solo en panadería, sino también en galletería y otros productos funcionales, diversificando las opciones de uso alimentario y fomentando el aprovechamiento de cultivos tropicales en la industria.

En Chile, Méndez et al. (2020) formularon galletas empleando una mezcla compuesta por 70 % de harina de plátano pelipita y 30 % de batata, con el objetivo de desarrollar un producto alternativo a las galletas tradicionales que combinara calidad sensorial y valor nutricional. Esta combinación de harinas mejoró de forma significativa los valores de proteínas, fibra dietaria, cenizas y minerales

como hierro, potasio y magnesio en comparación con las galletas estándar elaboradas a base de trigo. Además, los productos obtenidos cumplieron con los requisitos industriales de humedad (3,3 %), actividad de agua ( $a_w = 0,410$ ) y color, garantizando su estabilidad durante el almacenamiento. Los resultados demuestran que la sustitución parcial o total de la harina de trigo por harinas alternativas de origen vegetal es viable técnica y nutricionalmente, abriendo el camino hacia la formulación de alimentos más saludables, con propiedades funcionales y bajo impacto ambiental.

En Ecuador, Gallegos (2013) exploró la mezcla de harina de banano (*Musa cavendishii*), harina de trigo y glucosa para la producción de galletas, con el propósito de determinar el efecto de diferentes proporciones de los ingredientes sobre la textura, el color y la aceptabilidad sensorial del producto final. Mediante un diseño experimental multifactorial, aplicó distintos porcentajes de cada componente y tiempos de horneado, identificando las condiciones más favorables para lograr una textura crujiente y un sabor equilibrado. A través de pruebas sensoriales con paneles de consumidores, se determinó que la formulación con 15 % de harina de banano, 4,6 % de glucosa y 8 minutos de horneado presentó la mejor aceptabilidad, con una puntuación promedio superior al 80 %. Este estudio refuerza la factibilidad técnica y económica del uso de harinas de musáceas en productos horneados, además de promover la innovación en el aprovechamiento de cultivos tropicales como el banano para el desarrollo de alimentos con valor agregado.

En conjunto, estos trabajos evidencian que la harina de plátano ya sea obtenida de la pulpa o de la cáscara posee características funcionales, tecnológicas y nutricionales que la convierten en una alternativa viable frente a la harina de trigo en la elaboración de productos de panadería y repostería. Su alto contenido en fibra dietaria, minerales, antioxidantes naturales y su buena capacidad de gelatinización le otorgan propiedades reológicas favorables, además de beneficios nutricionales comprobados. Asimismo, la creciente evidencia científica respalda su uso en la formulación de alimentos saludables y sostenibles, especialmente en contextos latinoamericanos donde el plátano es un cultivo abundante y de bajo costo. En este sentido, los hallazgos revisados sustentan la pertinencia del presente proyecto, orientado a evaluar el uso de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) como ingrediente principal en la elaboración de galletas artesanales, buscando aportar al desarrollo de productos funcionales, accesibles y ambientalmente responsables.

## **8. METODOLOGÍA**

La metodología aplicada en este proyecto proporcionó un enfoque estructurado y sistemático para llevar a cabo el proceso de evaluación de la harina de plátano verde como materia prima en la elaboración de galletas. Se establecieron etapas claras, como la selección y preparación de las muestras, el diseño experimental de las formulaciones, y la recolección de datos fisicoquímicos y sensoriales, lo que garantizó que los resultados obtenidos fueran consistentes, comparables y reproducibles.

Este enfoque metodológico permitió analizar con precisión el comportamiento de la harina de plátano verde en la preparación de galletas, comparando su desempeño frente a las harinas convencionales. Gracias a ello, se generó evidencia sólida sobre la viabilidad de su uso, así como su efecto en la textura, sabor, color y aceptabilidad general del producto.

Además, los análisis fisicoquímicos y sensoriales permitieron tomar decisiones informadas sobre el potencial de la harina de plátano verde como un ingrediente alternativo, saludable y funcional. Este enfoque no solo aporta al mejoramiento de procesos artesanales de panificación, sino que también tiene implicaciones positivas para la economía local, el aprovechamiento de productos agroindustriales y la innovación en el desarrollo de alimentos funcionales.

### **8.1 Enfoque de la investigación**

Se centró en un enfoque cuantitativo experimental, con características de un enfoque aplicado. A continuación, se explican los aspectos clave de este enfoque, sus características, las razones de su elección y cómo se utilizó para alcanzar el objetivo de la investigación.

El enfoque de la investigación describió el marco conceptual y metodológico con el que se abordó el estudio, orientando las decisiones sobre cómo se recolectaron y analizaron los datos. En este caso, el enfoque seleccionado se basó en la investigación experimental y cuantitativa, que implicó la manipulación de variables (en este caso, la harina de plátano) y la medición de sus efectos sobre los resultados de la galleta.

- **Enfoque Cuantitativo**

Se enfocó en la recolección y análisis de datos numéricos. En este proyecto, se midieron variables como carbohidratos, proteína, lípidos, y fibra alimentaria (evaluados por medio de escalas de calificación numérica). Estos datos proporcionaron una visión objetiva y precisa del impacto de la harina de plátano en la elaboración artesanal de galletas.

- **Enfoque Experimental**

En este enfoque se trabajó el control y manipulación de las variables independientes (porcentaje harina de plátano) para observar su efecto sobre las variables dependientes (propiedades químicas y sensoriales de la galleta). Se llevó a cabo una comparación entre un grupo experimental (harina de plátano) y un grupo control (sin harina de plátano), lo que permitió establecer relaciones de causa y efecto.

## **8.2 Alcance de la investigación**

El alcance exploratorio ha sido seleccionado para este proyecto sobre el uso de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en la elaboración de un producto panificado tipo galleta, debido a la escasez de estudios previos sobre esta materia prima en aplicaciones de panadería artesanal. Este enfoque resulta pertinente para realizar una evaluación preliminar de las propiedades funcionales, sensoriales y fisicoquímicas de la harina de plátano, y de su impacto en la calidad final del producto.

El carácter exploratorio del estudio permitió generar conocimientos iniciales que aportan al entendimiento del comportamiento de esta harina alternativa en la formulación de galletas, adaptándose a un contexto local específico y aprovechando recursos agrícolas subutilizados. Además, este enfoque facilitó identificar ventajas potenciales, limitaciones y oportunidades de mejora, lo cual puede servir de base para investigaciones más profundas y experimentales en el futuro.

### 8.3 Diseño de investigación

El diseño de este proyecto tuvo como objetivo evaluar el impacto del uso de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) en la elaboración de un producto panificado tipo galleta, analizando sus efectos sobre diversas propiedades del producto final, como la textura, el sabor, el color y la aceptabilidad sensorial. Dado el carácter exploratorio de la investigación, se empleó un diseño experimental de tipo descriptivo y comparativo, lo que permitió observar las interacciones entre los ingredientes utilizados y cómo estos influyen en las características físicas, sensoriales y funcionales de las galletas. Esta estrategia metodológica facilitó recopilar información valiosa para determinar la viabilidad del uso de esta harina como materia prima alternativa en la panificación artesanal.

- **Variables Independientes (Factores)**

Las variables independientes fueron aquellas que se manipularon durante el experimento. En este proyecto, se centraron en las características y proporciones de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) utilizadas en la formulación de las galletas. Los principales factores manipulados fueron: el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de plátano, Los principales factores que se manipularon fueron:

- **Porcentajes de harina:** Se usaron diferentes porcentajes de harina

- 100% Harina de plátano
- 75% Harina de plátano – 25% Harina de trigo
- 50% Harina de plátano – 50% Harina de trigo

- **Variables Dependientes**

Las variables dependientes fueron aquellas que se midieron para observar cómo son influenciadas por las variables independientes. En este proyecto, las variables dependientes fueron los componentes nutricionales presentes en las galletas elaboradas, específicamente: el contenido de

humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Estos indicadores permitieron evaluar el impacto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano verde en la composición química del producto final, aportando información relevante sobre su valor nutricional, además de, olor, sabor, textura, apreciación general y sensación de masticabilidad

- **Grupo Control**

El grupo control fue el grupo de referencia en el experimento, en el cual se elaboraron galletas utilizando únicamente harina de trigo y los ingredientes tradicionales de este tipo de producto panificado. Este grupo no incluyó harina de plátano verde, lo que permitió establecer una base para la comparación. Al contrastar los resultados obtenidos con los grupos experimentales (que sí incorporaron diferentes proporciones de harina de plátano), fue posible determinar si la inclusión de esta materia prima alternativa tenía un efecto significativo en las propiedades nutricionales, sensoriales y fisicoquímicas del producto final.

#### **8.4 Población y muestra**

La población de estudio se definió con base en criterios geográficos y de relevancia para el contexto local del municipio de Aguachica, Cesar. Para ello, se tomó como referencia el número de panaderías ubicadas en el área comprendida entre las calles 5ª y 6ª, desde la carrera 7 hasta la carrera 30, identificándose un total de 13 panaderías. Esta zona fue seleccionada debido a su alta concentración de panaderías, lo que representa una muestra representativa de la oferta local de productos panificados.

La elección de esta población respondió al objetivo de evaluar la aceptación y percepción sensorial de una galleta elaborada parcialmente con harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*), un ingrediente alternativo de origen agroindustrial. La muestra estuvo constituida por las galletas elaboradas en cada una de las trece (13) panaderías participantes. Adicionalmente, se contó con un panel sensorial conformado por veintiséis (26) evaluadores, correspondientes a dos (2) representantes de cada panadería, quienes participaron en la evaluación sensorial de los productos. A través de esta selección, se buscó obtener información valiosa acerca de las preferencias y

criterios de calidad sensorial desde la perspectiva de quienes están directamente vinculados con la elaboración y comercialización de productos similares. La participación de estas panaderías permitió identificar atributos como olor, sabor, textura, apariencia general y sensación de masticabilidad del producto, facilitando una caracterización más precisa de su aceptación en el mercado local y brindando insumos clave para futuros desarrollos de productos innovadores y sostenibles en el ámbito de la panificación artesanal.

## 8.5 Hipótesis

- **Hipótesis Positiva:** La elaboración de las galletas a base de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) tendrán aceptación al momento de evaluar las propiedades químicas y sensoriales.
- **Hipótesis negativa:** La elaboración de las galletas a base de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) no tendrán aceptación al momento de evaluar las propiedades químicas y sensoriales

## 8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Entrevista:** Se utilizaron entrevistas semiestructuradas como técnica cualitativa para profundizar en las experiencias y percepciones de los participantes respecto al fenómeno estudiado. Como instrumento, se empleó una guía de entrevista con preguntas abiertas previamente diseñadas. Según Creswell y Poth (2020), las entrevistas semiestructuradas permiten una interacción flexible con los participantes, favoreciendo la exploración de significados y vivencias desde su propia perspectiva.
- **Encuesta:** Para recolectar datos cuantitativos, se aplicó una encuesta mediante un cuestionario estructurado de tipo Likert. Esta técnica permitió medir opiniones y actitudes de una muestra representativa, facilitando el análisis estadístico de los resultados. De acuerdo con Hernández Sampieri, Mendoza Torres y Baptista Lucio (2021), las encuestas

permiten recolectar información estandarizada de un gran número de personas en un período relativamente corto.

- **Observación:** Se incorporó la técnica de observación no participativa para registrar comportamientos y dinámicas en el contexto natural del estudio. Se utiliza como instrumento una guía de observación estructurada con categorías previamente definidas. Flick (2019) sostiene que la observación es útil para captar elementos no verbales y situacionales que enriquecen la interpretación de los datos, especialmente en contextos sociales.

## 8.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- **Análisis Cuantitativo**

Los datos fueron procesados mediante técnicas estadísticas descriptivas, utilizando Excel. El análisis descriptivo permitió resumir la información mediante medidas de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desviación estándar). Según Hernández Sampieri, Mendoza Torres y Baptista Lucio (2021), el análisis cuantitativo posibilita identificar patrones y correlaciones en grandes volúmenes de datos, favoreciendo la generalización de resultados.

- **Análisis cualitativo**

Para el enfoque cualitativo, se realizó un análisis temático basado en la codificación de los datos textuales obtenidos de entrevistas, observaciones y encuestas. Este proceso incluyó la segmentación, categorización e interpretación de los datos con el apoyo de matrices de análisis. Creswell y Poth (2020) señalan que el análisis cualitativo implica un proceso inductivo donde los significados emergen progresivamente a partir del discurso de los participantes y del contexto en el que se desenvuelven.

## 8.8 Actividades realizadas

### 8.8.1 Actividades de estandarización del proceso para la elaboración del producto panificado tipo galleta.

- **Selección y clasificación de la materia prima:** Se identificaron locales confiables para obtener plátanos verdes frescos. Se clasificaron los frutos según tamaño, grado de madurez y ausencia de defectos, eliminando aquellos con señales de pudrición o deterioro.



**Figura 1.** Materia prima seleccionada (Plátano Verde)

- **Desinfección y preparación del plátano:** Antes del secado, los plátanos fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 200 ppm para garantizar la inocuidad del producto final. Luego se cortaron en láminas de espesor uniforme para asegurar un secado homogéneo.



**Figura 2.** Desinfección y corte de plátano en laminas

- **Estandarización del secado:** Se realizaron ensayos para determinar la temperatura y tiempo óptimos de secado. Se estableció un rango de entre 30 °C y 35°C durante 40 minutos, según el espesor del corte para preservar nutrientes y facilitar la molienda.



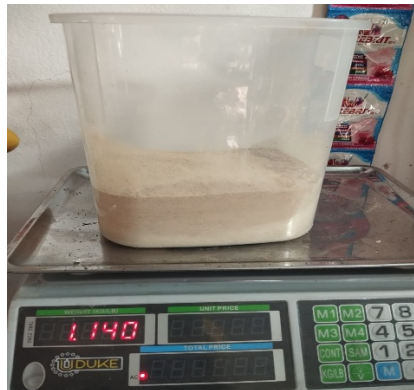
**Figura 3.** Secado de láminas de plátano a temperatura de 30°C

- **Control de la molienda:** Se utilizaron molinos de martillos y tamices de diferente calibre para estandarizar la textura de la harina. Se descartaron partículas gruesas y se almacenó la harina obtenida en envases herméticos, etiquetados y bajo condiciones controladas.



**Figura 4.** Verificación de etapas de molienda de la materia prima (Plátano Verde)

- **Determinación de la vida útil de la harina:** Se almacenó la harina en diferentes condiciones de humedad y temperatura para analizar su estabilidad durante 8 días, revisando cambios de olor, color y posibles signos de rancidez.



**Figura 5.** Cantidad de harina de plátano destinada para almacenar y conocer su vida útil

- **Desarrollo de la formulación base para la galleta:** Se creó una receta estándar que incluyera la harina de plátano verde en diferentes proporciones (50%, 75% y 100%) con relación a la harina de trigo, ajustando el contenido de agua, grasa y azúcar en cada tratamiento.

- **Análisis de textura de la masa:** Se evaluó la manejabilidad, elasticidad y cohesividad de la masa antes del horneado para seleccionar la formulación más adecuada para la producción manual.



**Figura 6.** Condición de textura y manejabilidad de la masa de harina de plátano

- **Pruebas de horneado progresivas:** Se aplicaron distintas combinaciones de temperatura (180°C) y tiempo (15 minutos) para definir la cocción ideal que asegurara una textura crocante sin afectar el sabor.



**Figura 7.** Moldeado de galletas para pruebas de horneado progresivas

**8.8.2 Actividades para la determinación de las propiedades sensoriales (olor, sabor, textura sensación de masticabilidad y apreciación general) nutricionales y fisicoquímicas del producto panificado (galletas) a partir de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) (Humedad, fibra, cenizas, grasa, proteína)**

- **Selección de muestras de galletas para el análisis:** Se seleccionaron los tratamientos más representativos elaborados con distintas proporciones de harina de plátano (50%, 75% y 100%) junto a una muestra control sin dicha harina, con el fin de comparar las características sensoriales y químicas entre las formulaciones.
- **Determinación del contenido de carbohidratos totales:** Se aplicó el método de diferencia o por cálculo, restando el porcentaje de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra dietaria del 100%. Este análisis permitió establecer el aporte energético aproximado de cada muestra.
- **Determinación de cenizas:** Se realizó la determinación de cenizas aplicando la norma ISO 2173:2003, incinerando la muestra en una mufla a una temperatura controlada (550°C) hasta obtener un residuo mineral constante. Esta actividad permitió cuantificar la fracción inorgánica del producto y evaluar su contenido total de minerales.
- **Determinación del valor energético:** En esta actividad se calculó el contenido energético del producto utilizando el método de cálculo basado en la conversión de las cantidades de proteínas, grasas y carbohidratos a unidades calóricas. Esta prueba permitió determinar el aporte energético teórico de la galleta y su relevancia dentro de una dieta equilibrada.
- **Determinación de fibra bruta:** Esta determinación se realizó siguiendo el método AOAC 962.09 (Ed. 22), mediante digestión ácida y alcalina sucesiva de la muestra, con el objetivo de eliminar los componentes solubles y cuantificar el residuo fibroso. La actividad tuvo como propósito evaluar la cantidad de fibra dietaria insoluble del producto, la cual influye directamente en sus propiedades funcionales y beneficios digestivos. Se garantizó el cumplimiento de las condiciones controladas de temperatura y tiempo durante el procedimiento.

- **Determinación de grasas totales:** Para la determinación del contenido de grasa se aplicó el método AOAC 2003.06 (Ed. 22), conocido como método Soxhlet. En esta actividad, la muestra fue sometida a extracción con un solvente orgánico durante un tiempo determinado, separando y cuantificando los lípidos presentes. Esta técnica permitió conocer el aporte graso del producto, información esencial para su evaluación nutricional y sensorial.
- **Determinación de humedad:** La determinación del contenido de humedad se desarrolló según el método ISO 712 - :2004, Esta actividad permitió establecer la cantidad de agua presente en el producto, factor determinante en su conservación, textura y vida útil. El procedimiento se ejecutó bajo condiciones controladas para garantizar la precisión del análisis.
- **Determinación de proteína bruta:** Esta prueba se realizó aplicando el método Kjeldahl (ISO 937:2023), el cual consiste en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico para liberar el nitrógeno orgánico, seguido de destilación y titulación. La actividad permitió cuantificar el aporte proteico de la galleta, parámetro esencial para evaluar su valor nutricional.
- **Evaluación sensorial del producto:** Se diseñó y aplicó una ficha de evaluación sensorial basada en una escala hedónica de 7 puntos (de “me disgusta extremadamente” a “me gusta extremadamente”), considerando atributos como: olor, sabor, textura y apreciación general y sensación de masticabilidad. A los evaluadores se les dio una explicación clara sobre cómo usar la ficha de evaluación, qué atributos observar y cómo calificar de forma objetiva las muestras para garantizar la validez de los resultados.
- **Análisis comparativo de los resultados sensoriales y químicos:** Finalmente, se compararon los resultados de las evaluaciones sensoriales con los análisis químicos para determinar si existe relación entre la proporción de harina de plátano y la aceptación del producto, así como sus beneficios nutricionales.

**Tabla 1.** Estructura para encuesta según aceptación sensorial

Variable		Aceptabilidad sensorial		
<b>Definición Teórica</b>	Grado de gusto o disgusto de una persona sobre un producto. se basa en una escala de medición de una persona y su comportamiento.			
<b>Tipo de Variable</b>		Cualitativa – ordinal		
	<i>Atributo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Categorías</i>	
<b>Definición operacional</b>	Olor	Porcentaje de respuesta de cada categoría de la escala propuesta	Me disgusta extremadamente (1)	
	Sabor		Me disgusta mucho (2)	
	Textura		Me disgusta ligeramente (3)	
	Apreciación General		No me gusta, no me gusta (4)	
	Sensación de masticabilidad		Me gusta ligeramente (5)	
			Me gusta Mucho (6)	
			Me gusta extremadamente (7)	

**Fuente:** Autores, 2025

**Tabla 2.** Tratamientos según porcentaje del tipo de harina usado y diseño experimental escogido

Tratamientos	Porcentaje de harina (plátano – trigo)	Réplicas		
T1	100% Harina de plátano	R1	R2	R3
T2	75% Harina de plátano – 25% Harina de trigo	R1	R2	R3
T3	50% Harina de plátano – 50% Harina de trigo	R1	R2	R3

**Fuente:** Autores, 2025

### 8.8.3 Actividades para la comparación del producto panificado (galletas) elaborado a partir de harina de plátano verde, con productos panificados tipo galletas comerciales elaboradas en panaderías locales.

Se realizó un mapeo de establecimientos dentro del área comprendida entre la calle 5ª y 6ª, desde la carrera 7 hasta la carrera 30 del municipio de Aguachica, Cesar. Se identificaron 13 panaderías activas, que sirvieron como referencia para recolectar muestras representativas de galletas

comerciales tradicionales. El panel sensorial estuvo conformado por veintiséis (26) evaluadores no entrenados, quienes evaluaron las muestras de galletas, estos panelistas fueron provenientes de las trece (13) panaderías participantes. Cada evaluador analizó los atributos sensoriales de color, aroma, textura, sabor y aceptabilidad global.

Las muestras fueron codificadas aleatoriamente y evaluadas en condiciones controladas, garantizando que los panelistas no tuvieran información previa sobre el origen de cada muestra, con el fin de minimizar posibles sesgos durante el proceso de evaluación.

- **Recolección de muestras comerciales:** Se adquirieron diferentes tipos de galletas producidas localmente, seleccionando aquellas que tuvieran mayor similitud en presentación y consumo con el producto experimental. Las muestras fueron rotuladas, empacadas y conservadas bajo condiciones controladas para su posterior análisis comparativo.
- **Análisis descriptivo de las galletas comerciales:** Se registraron características generales de las galletas obtenidas: ingredientes utilizados (según etiqueta o información del productor), tipo de harina, aspecto físico, color, olor, textura al tacto y sabor. Estos datos se utilizaron como referencia para contrastar con las galletas a base de harina de plátano verde.
- **Diseño de una ficha comparativa estructurada:** Se elaboró una matriz de comparación con criterios objetivos: contenido nutricional, textura, color, sabor, apariencia, tipo de ingredientes, valor funcional, sostenibilidad, entre otros. Esta ficha permitió realizar un análisis paralelo entre ambos tipos de producto.
- **Prueba sensorial comparativa:** Se seleccionó un panel no entrenado (consumidores locales) para realizar una cata comparativa entre las galletas artesanales elaboradas con harina de plátano verde y las galletas comerciales. Se utilizaron escalas hedónicas para calificar atributos como sabor, olor, color, textura y aceptabilidad general.

- **Recolección y tabulación de resultados sensoriales:** Se recopilaron los datos de cada evaluador y se organizaron en tablas, permitiendo visualizar las preferencias y percepciones sensoriales de cada tipo de producto.
- **Análisis estadístico básico:** Se calcularon promedios de calificación por atributo para ambos grupos (experimental y comercial), permitiendo determinar cuál producto obtuvo mejores valoraciones y en qué atributos específicos se diferenciaron.
- **Análisis comparativo nutricional y funcional:** Se contrastaron los resultados fisicoquímicos del producto elaborado (contenido de fibra, proteína, grasa, humedad y cenizas) con los valores nutricionales referenciales de las galletas comerciales (cuando estaban disponibles en etiquetas o por estimación estándar), para valorar los aportes diferenciales.
- **Interpretación crítica de los resultados:** A partir de la comparación sensorial, composicional y funcional, se elaboró una discusión argumentada sobre las ventajas y limitaciones del uso de harina de plátano verde frente a la harina de trigo convencional utilizada en las panaderías locales.
- **Registro fotográfico de los productos comparados:** Se documentó visualmente la comparación, registrando las diferencias en forma, tamaño, color y empaque entre las galletas artesanales y las comerciales, como apoyo gráfico para el análisis final.
- **Redacción del análisis comparativo:** Finalmente, toda la información recolectada fue sintetizada en un cuadro comparativo y una discusión detallada que permitió justificar las fortalezas del producto desarrollado y su viabilidad como alternativa funcional, saludable y sostenible.

## 9. RESULTADOS

### 9.1 Estandarización del producto panificado (galleta) elaborado a partir de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*).

La estandarización del producto panificado tipo galleta a base de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) se llevó a cabo con el propósito de establecer una formulación reproducible que garantice uniformidad en calidad, textura, sabor, color y rendimiento del producto. Este proceso buscó además aprovechar los excedentes de plátano verde como materia prima local, promoviendo el desarrollo de productos alternativos que contribuyan al valor agregado agroindustrial.

Para cumplimiento del objetivo, se tuvo en cuenta la estabilidad en la elaboración de la galleta a base de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) teniendo en cuenta cada una de sus combinaciones con harina de trigo, para así tener en cuenta las condiciones de rendimiento del proceso y sus características organolépticas.

#### 9.1.1 Materias primas utilizadas

- Harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*)
- Harina de trigo
- Mantequilla
- Azúcar
- Polvo de hornear
- Vainilla
- Huevos

#### 9.1.2 Formulaciones Experimentales

Teniendo en cuenta la relación de las actividades planteadas para el cumplimiento del objetivo propuesto, se establecieron tres formulaciones experimentales para la elaboración del producto final, con el fin de analizar el efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina de plátano en las características del producto. La Formulación 1 (100 %) corresponde a la elaboración de galletas con sustitución total de la harina de trigo por harina de plátano, lo que permite evaluar su

comportamiento como fuente única de harina dentro de la formulación. Este tratamiento se diseñó con el propósito de identificar y analizar posibles cambios en las propiedades físicas y sensoriales del producto, tales como la textura, el color, la estructura y el característico recubrimiento verde, así como su estabilidad durante el proceso de horneado, aportando información clave sobre la viabilidad tecnológica del uso exclusivo de harina de plátano en productos de panificación.

**Tabla 3.** Formulación experimental o tratamiento 1 (100% harina de plátano)

<b>TRATAMIENTO O PROCESO 1</b>				
<b>CANTIDAD SE INSUMOS PARA EL PROCESO 1 (Solo harina de plátano)</b>	<b>Insumo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>%</b>
	Mantequilla	150	gr	14
	Azúcar	170	gr	16
	Harina de plátano	500	gr	47
	Polvo de hornear	21	gr	2
	Vainilla	150	gr	14
	Huevos	80	gr	7
	<b>TOTAL</b>	<b>1071</b>	<b>gr</b>	<b>100,0</b>
	Peso de galleta inicial	30	gr	
	Peso de galleta Final	26,1	gr	
	Diferencia peso	5	gr	
	Cantidad galletas	30	UN	
	peso total galletas	783	gr	

**Fuente:** Autores, 2025

Asimismo, la formulación 2 (75/25) contempla una sustitución parcial de la harina de trigo por harina de plátano, utilizando una proporción de 75 % harina de plátano y 25 % harina de trigo, con el propósito de incrementar el aporte de componentes funcionales del plátano sin afectar de manera significativa las propiedades estructurales, tecnológicas y sensoriales que aporta la harina de trigo al producto final.

**Tabla 4.** Formulación experimental o tratamiento 2 (25% harina de trigo – 75% harina de plátano)

<b>TRATAMIENTO O PROCESO 2</b>				
<b>CANTIDAD SE INSUMOS PARA EL PROCESO 2 (75% harina de plátano 25% harina de trigo)</b>	<b>Insumo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>%</b>
	Mantequilla	150	gr	14
	Azúcar	170	gr	16
	Harina de plátano	375	gr	35
	Harina de trigo	125	gr	12
	Polvo de hornear	21	gr	2
	Vainilla	150	gr	14
	Huevos	80	gr	7
	<b>TOTAL</b>	<b>1071</b>	<b>gr</b>	<b>100,0</b>
	Peso de galleta inicial	30	gr	
	Peso de galleta Final	25,2	gr	
	Diferencia peso	5	gr	
	Cantidad galletas	30	UN	
	peso total	756	gr	

**Fuente:** Autores 2025

Finalmente, la Formulación 3 (50/50) combina más nutrientes en proporciones iguales, equilibrando las propiedades funcionales del trigo. Esta formulación representa una opción intermedia que permite mantener una buena manipulación de la masa y una buena aceptabilidad sensorial.

**Tabla 5.** Formulación experimental o tratamiento 3 (50% harina de trigo – 50% harina de plátano)

<b>TRATAMIENTO O PROCESO 3</b>				
<b>CANTIDAD SE INSUMOS PARA</b>	<b>Insumo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>%</b>
		Mantequilla	150	gr

<b>EL PROCESO 3 (50% harina de plátano 50% harina de trigo)</b>	Azúcar	170	gr	16
	Harina de plátano	250	gr	23
	Harina de trigo	250	gr	23
	Polvo de hornear	21	gr	2
	Vainilla	150	gr	14
	Huevos	80	gr	7
	<b>TOTAL</b>	<b>1071</b>	<b>gr</b>	
	Peso de galleta inicial	30	gr	<b>100,0</b>
	Peso de galleta Final	25,8	gr	
	Diferencia peso	5	gr	
	Cantidad galletas	30	A	
peso total	774	gr		

Fuente: Autores 2025

### 9.1.3 Condiciones de horneado

- Temperatura: 180 °C
- Tiempo: 15 minutos
- Peso promedio de galleta cruda: 30 g
- Peso promedio galleta horneada: 25 g
- Merma promedio por pérdida de humedad: 14,3% (promedio)
- Rendimiento: 30 unidades / 770 g (promedio)

### 9.1.4 Evidencias físicas y sensoriales de la masa y las galletas en laboratorio

Durante el proceso de estandarización se observaron diferencias físicas y sensoriales notables entre las formulaciones, evidenciando que la proporción de harina de plátano verde influye de manera significativa en el comportamiento de la masa, la apariencia y la calidad final del producto. Las galletas elaboradas con 100% de harina de plátano presentaron una masa más densa, menor extensibilidad y una superficie menos uniforme tras el horneado, además de un color marrón oscuro y una textura más compacta. En discrepancia, las formulaciones adición de harina de trigo mostraron una masa más suave y manejable, lo que facilitó el moldeado y permitió una cocción más uniforme.

**Tabla 6.** Evaluación de parámetros al momento de estandarización de producto

<b>Parámetro evaluado</b>	<b>100% Harina de plátano</b>	<b>75% Harina plátano / 25% trigo</b>	<b>50% Harina plátano / 50% trigo</b>
Color	Marrón oscuro	Dorado intermedio	Dorado claro
Textura	Dura, compacta	Crujiente, agradable	Suave, aireada
Sabor	Intenso, con leve amargor	Balanceado, natural	Suave, con menor intensidad
Aroma	Moderado a plátano	Agradable, característico	Débil
Aceptación sensorial	Medios de comunicación	Alta	Media-alta
Facilidad de amasado	Baja	Media-alta	Alta
Pérdida por horneado	14,3%	14,3%	14,3%

**Fuente:** Autores 2025

La combinación de 75 % de harina de plátano y 25 % de harina de trigo destacó por generar galletas con una textura crujiente, un color dorado intermedio y un sabor balanceado, siendo la formulación que mejor integró las propiedades estructurales aportadas por la harina de trigo con los atributos funcionales del plátano verde. Esta proporción permitió una adecuada formación de la matriz del producto, favoreciendo la cohesión de los ingredientes y un comportamiento estable durante el horneado. Asimismo, presentó una mejor aceptación sensorial, al reducir notas amargas o excesivamente herbales asociados al plátano verde en altas concentraciones. En general, las diferencias observadas durante la estandarización realizada por los autores demuestran la importancia de ajustar las proporciones de las harinas para obtener una formulación estable, sensorialmente atractiva y tecnológicamente viable para la producción a pequeña escala.

### 9.1.5 Parámetros de control del proceso

**Tabla 7.** Medidas y control para el proceso

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Parámetro controlado</b>	<b>Valor / Rango estándar</b>	<b>Observación</b>
Mezclado	Homogeneidad de masa	Masa uniforme, sin grumos	Mezclar 10-12 min
Formado	Peso por unidad	$30 \pm 1$ g	Uso de molde uniforme
Horneado	Temperatura	$180 \pm 5$ °C	Horno precalentado
Horneado	Tiempo	$15 \pm 2$ minutos	Depende del color dorado
Producto final	Color	Dorado intermedio	Visual
Producto final	Textura	Crujiente y firme	Tacto y mordida
Producto final	Sabor/aroma	Dulce natural a plátano	Evaluación sensorial
Merma	Pérdida de peso	$16,7 \pm 1\%$	Por evaporación de humedad

**Fuente:** Autores 2025

El proceso de estandarización permitió definir una formulación reproducible y estable para la elaboración de galletas a base de harina de plátano verde. La combinación de 75% de harina de plátano y 25% de harina de trigo demostró ser la más adecuada, garantizando un producto con buena textura, sabor característico, color atractivo y rendimiento constante. Esta formulación puede ser utilizada como base para futuras pruebas de vida útil, análisis fisicoquímico o escalado a nivel semiindustrial.

### 9.1.6 Distribución de la estandarización del peso de las galletas

Se realizó un análisis estadístico del peso final de galletas elaboradas con diferentes proporciones de harina de plátano y harina de trigo. Se evaluaron tres procesos con proporciones 100% plátano, 75% plátano:25% trigo y 50% plátano:50% trigo, con tres repeticiones cada uno. Se midió el peso final de las galletas en tres repeticiones por proceso. Se calcularon estadísticas descriptivas y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para

determinar si existen diferencias significativas entre los procesos.

**Tabla 8.** Relación del peso de las galletas luego de horneado

Peso de las galletas según tratamientos					
Tratamiento o formulación	Repeticiones			Promedio (gr)	Desviación
	R1 (gr)	R2 (gr)	R3 (gr)		
T1 (100% harina de plátano)	26,5	26,3	25,9	26,23	0,31
T2 (75% harina de plátano:25% harina de trigo)	26,1	25,9	26	26,00	0,10
T3 (50% harina de plátano:50% harina de trigo)	25,9	26,2	25,8	25,97	0,21

**Fuente:** Autores 2025

Teniendo en cuenta la información en la tabla 8, evidenciamos que el tratamiento o formulación 1 presento el mayor peso promedio y la mayor variabilidad entre las repeticiones; el tratamiento o formulación 2, mostro un peso ligeramente inferior (26 gr) pero con la menor desviación estándar lo que muestra una mayor uniformidad en los resultados y finalmente el tratamiento o formulación 3, presento el promedio más bajo, pero una variabilidad intermedia.

**Tabla 9.** Análisis de varianza para medidas de peso de la galleta

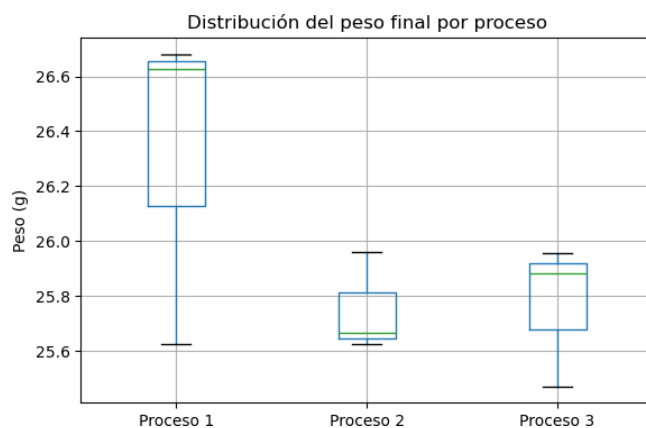
Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico a -F
<b>Entre grupos</b>	0,12666667	2	0,063333333	1,995455	0,216406	5,14325285
<b>Dentro de los grupos</b>	0,29333333	6	0,048888889			
<b>Total</b>	0,42	8				

**Fuente:** Autores 2025

Teniendo en cuenta el (ANOVA) relacionado en la tabla 9, notamos que, el valor de la probabilidad  $p = 0,2163 > 0,05$  indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los pesos promedio de los tres procesos. Se resalta que, aunque el tratamiento o formulación 1 tiene

un promedio ligeramente mayor, esa diferencia no es suficiente para afirmar que un proceso sea superior a otro con un 95% de confianza. Sin embargo, el proceso 2 mostró la menor variabilidad, lo que sugiere mayor consistencia y control en la producción, siendo recomendable para la estandarización del proceso.

**Gráficos 1.** Relación y distribución de peso de la galleta según formulación



**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

Los resultados obtenidos mostraron que la formulación con 75 % de harina platino y 25 % de trigo harina (Tratamiento 2) mostro la mayor relación de uniformidad y estabilidad en el peso final de las galletas, relación que se evidencia por su desviación estándar (0,10 g). Este comportamiento se explica por una mejor cohesión y manejabilidad de la masa al combinar la harina plátano con una fracción de harina de trigo lo que favoreció la formación de una textura estable en la galleta.

Estos aciertos coinciden con lo reportado por Montoya (2020), quien descubrió una matriz alimentaria a base del ingrediente de Dominic Hartón, afirmando que la mezcla de este con otros componentes estructurales (proteínas, almidones o emulsionantes) mejora las propiedades texturales y la capacidad de retención de agua, factores que inciden directamente en el rendimiento y peso de los productos finales.

De igual forma, Méndez et al. (2020) en Chile demostraron que la sustitución parcial de harina de trigo por harinas vegetales como el plátano y la batata es técnicamente viable, los resultados de este estudio coinciden con información previa, confirmando que la sustitución parcial de harina de trigo por harina plátano verde permite mantener la calidad estructural del producto, garantizando uniformidad en peso y consistencia, sin generar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

## **9.2 Determinación las propiedades sensoriales (olor, sabor, textura sensación de masticabilidad y apreciación general) nutricionales y fisicoquímicas del producto panificado (galletas) a partir de harina de plátano verde (*musa paradisiaca*) (Humedad, fibra, cenizas, grasa, proteína)**

Los distintos análisis realizados permitieron determinar que las galletas elaboradas con harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) o con una relación porcentual alta presentaron características sensoriales aceptables para el consumidor, destacando por su agradable olor y sabor, textura crujiente y una buena sensación de masticabilidad. En cuanto a las propiedades físicas, se observó un contenido de humedad moderado, una proporción apreciable de fibra y niveles adecuados de grasa, proteína y cenizas, lo que demostró un perfil nutricional equilibrado. Estos resultados confirman que la harina de plátano verde constituye una alternativa viable para la elaboración de panificados con buena aceptación y valor.

Con el fin de determinar la aceptación sensorial del producto panificado tipo galleta elaborado a partir de plátano verde (*Musa paradisiaca*) se aplicó una evaluación sensorial dirigida a 13 panaderías locales. Este análisis tuvo como propósito la identificación de cuál de las formulaciones desarrolladas tenía mejor aceptación en los atributos organolépticos, direccionando así la elección de mezclas óptimas para futuras aplicaciones de tipo comercial y tecnológicas.

Se aplicó una escala hedónica de 1 a 7 donde:

- Me disgusta extremadamente (1)
- Me disgusta mucho (2)
- Me disgusta ligeramente (3)

- No me gusta, no me gusta (4)
- Me gusta ligeramente (5)
- Me gusta Mucho (6)
- Me gusta extremadamente (7)

Donde los atributos medidos fueron:

- Olor
- Sabor
- Textura
- Apreciación General
- Sensación de masticabilidad

Cada una de las panaderías evaluaron tres formulaciones del producto, correspondientes a los siguientes tratamientos:

- T1: Galleta a base de: 100% harina de plátano
- T2: Galleta a base de: 75% harina de plátano, 25% harina de trigo
- T3: Galleta a base de: 50% harina de plátano, 50% harina de trigo

Los resultados obtenidos por cada panadería se registraron y posteriormente se calcularon los promedios para cada atributo y tratamiento.

### **9.2.1 Resultados sensoriales individuales**

La participación de las 13 panaderías permitió obtener una matriz de evaluación donde se observaron diferencias perceptibles entre los tratamientos o formulaciones, cabe resaltar que la evaluación sensorial fue realizada por un panel compuesto por veintiséis (26) evaluadores no entrenados, pertenecientes a las trece (13) panaderías que formaron parte del estudio. Los participantes evaluaron las muestras de galletas considerando los atributos de color, aroma, textura, sabor y aceptabilidad global. En términos generales las calificaciones obtenidas fueron agrupadas así:

**Tabla 10.** Términos generales de calificación por tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Rango de puntuaciones (1–7)</b>	<b>Tendencia general</b>
<b>T1 (100% plátano)</b>	3 – 5	Producto con olor y sabor fuerte, textura densa, menor aceptación.
<b>T2 (75% plátano – 25% trigo)</b>	5 – 6	Mejor equilibrio sensorial; textura crujiente, sabor agradable y buena masticabilidad.
<b>T3 (50% plátano – 50% trigo)</b>	4 – 5	Aceptación intermedia, sabor neutro, menor identidad a plátano.

**Fuente:** Autores 2025

**Tabla 11.** Medida promedio de cada atributo

<b>Formulación o Tratamiento</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Masticabilidad</b>	<b>Apreciación general</b>
T1	4,2	3,8	3,5	3,2	3,7
T2	5,6	5,5	5,3	5,3	5,7
T3	4,8	4,8	5,0	5,0	4,9

**Fuente:** Autores 2025

Teniendo en cuenta las relaciones de las tablas 10 y 11, notamos que los análisis de los atributos fueron direccionados según el concepto de los panelistas representantes de cada panadería. El atributo olor presento una diferencia significativa entre tratamientos. La formulación o tratamiento 2 fue percibida como aroma más agradable y natural, mientras que el tratamiento 1 mostro un olor más vegetal e intenso característico del plátano verde. El tratamiento 3, con mayor concentración de trigo presento un aroma más neutro.

El sabor fue el atributo más determinante para la preferencia general. La formulación o tratamiento 2 alcanzo la mejor valoración promedio (5,5) reflejando un equilibrio entre lo dulce del plátano y la suavidad del trigo. Del mismo modo, la formulación 1 obtuvo el menor puntaje (3,9) debido a

su sabor fuerte y menos familiar para los consumidores, mientras que la formulación 3 con una puntuación de (4,8) fue aceptada, aunque sin tener respaldo de exaltación alguno.

En términos de textura, los evaluadores indicaron que la formulación o tratamiento 2 presento una mayor uniformidad, crujencia y ligereza, mientras que la formulación 1 resulto densa y quebradiza debido a la ausencia de gluten. Cabe resaltar que la formulación 3 mostro una textura más suave, pero sin firmeza, posiblemente por el incremento de harina de trigo.

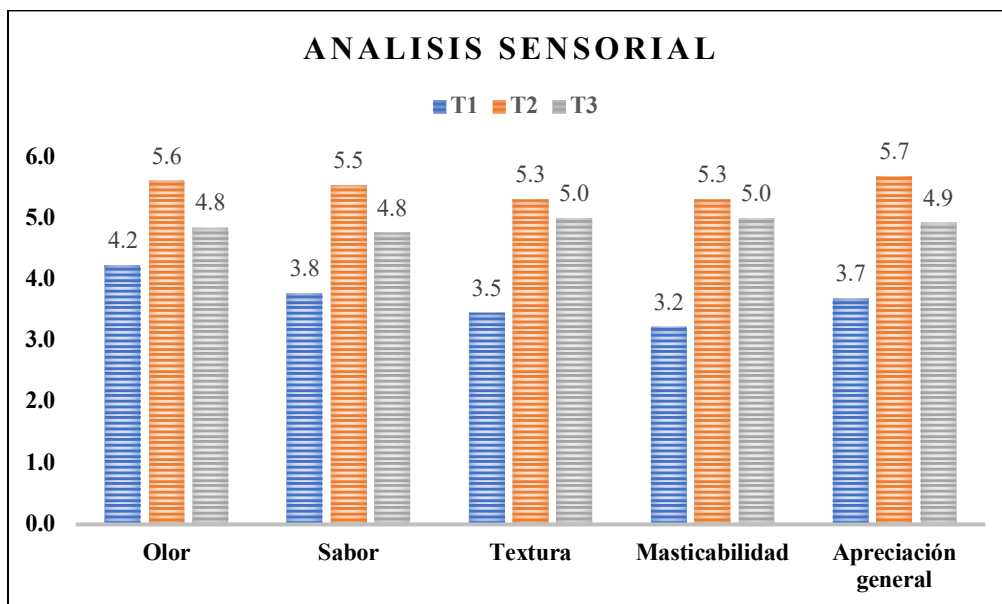
Asimismo, la sensación de masticabilidad destaco en la formulación 2 obteniendo una calificación promedio de (5,4) siendo un producto fácil de morder y de desintegrarse en la boca sin sensación pegajosa. En la formulación 1 la dureza limito la aceptación de sensación agradable, mientras que la formulación 3 presento buena sensación, aunque sin la crujencia de la formulación 2.

En la condición total de aceptación general del producto, fue mayor en la formulación 2 presentando un resultado promedio de (5,7), considerado por los evaluadores como el producto con mejor balance entre sabor, textura y aroma. La formulación 1 fue la menos aceptada, mientras que la formulación 3 aunque bien calificada por parte de los panelistas, perdió parte del perfil de sensaciones distintivas aportadas por el plátano verde (*Musa paradisiaca*).

El análisis sensorial con las 13 panaderías permitió concluir que la formulación 2(75% de harina de plátano verde y 25% de harina de trigo) ofreció el mejor equilibrio entre características sensoriales y aceptación general. Las otras formulaciones, aunque viables, presentaron limitaciones:

- T1 (100% harina de plátano): exceso de dureza, sabor intenso y color oscuro
- T3 (50% harina de plátano - 50% harina de trigo): textura buena, pero sabor y aroma menos característicos del plátano.

**Gráficos 2.** Relación sensorial promedio de los evaluadores



**Fuente:** Autores 2025

La grafica 2 nos muestra la relación de los atributos y la calificación promedio obtenida por los evaluadores o representantes de las 13 panaderías. Por tanto, la sustitución parcial de harina de trigo, por harina de plátano en una porción de (75% harina de plátano - 25% harina de trigo) logra mantener la calidad sensorial esperada y mejora el perfil del producto respondiendo favorablemente a lo planteado en la investigación

Los resultados obtenidos concuerdan con los hallazgos reportados por Montoya (2020), quien al desarrollar matrices alimentarias a base de harina de plátano Dominico Hartón, identificó que las formulaciones con sustituciones parciales de trigo ofrecían una mejor aceptación sensorial y tecnológica que aquellas elaboradas exclusivamente con harina alternativa. En este estudio, la formulación 2 (75% de harina de plátano y 25% harina de trigo) permitió conservar la identidad del plátano aportando aroma y olor característico sin comprometer la textura y cohesión del producto, atributos relacionados con la presencia parcial de gluten. Asimismo, investigaciones como la de Gómez et al. (2019) sobre productos panificados con harinas no convencionales, señalaron que los consumidores prefieren formulaciones híbridas que equilibren sabor y textura

antes que versiones totalmente libres de trigo, debido a que estas últimas tienden a presentar dureza y menor extensibilidad.

### 9.2.2 Resultados de análisis fisicoquímicos y nutricionales

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo y determinar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del producto panificado tipo galleta a base de harina de plátano (*Musa paradisiaca*), se desarrollaron análisis de laboratorio para las tres formulaciones experimentales:

- T1: 100% harina de plátano
- T2: 75% harina de plátano + 25% harina de trigo
- T3: 50% harina de plátano + 50% harina de trigo

Cada tratamiento o formulación fue analizado por triplicado, con el propósito de garantizar la repetitividad de los resultados y obtener valores promedios representativos de las características del producto.

**Tabla 12.** Resultados de laboratorio

Parámetro	T1 (100% plátano)	T2 (75% plátano - 25% trigo)	T3 (50% plátano - 50% trigo)	Unidad
<b>Humedad</b>	7.44	8.38	7.82	g/100 g
<b>Cenizas</b>	2.96	2.62	2.38	g/100 g
<b>Grasa</b>	10.97	10.71	10.82	g/100 g
<b>Fibra bruta</b>	3.50	8.32	12.58	g/100 g
<b>Proteína cruda</b>	3.03	4.26	3.64	g/100 g
<b>Carbohidratos</b>	75.60	74.03	75.34	g/100 g
<b>Energía</b>	413.25	409.55	413.30	KCAL/100 g

**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 12 evidencia los resultados promedios de las tres replicas obtenidas para cada tratamiento, correspondientes a los principales parámetros evaluados (humedad, cenizas, grasa, fibra,

carbohidratos y valor energético). Estos valores reflejan el comportamiento en general de las formulaciones que permitieron comparar el efecto de la proporción al momento de sustituir harina de trigo por harina de plátano en la composición del producto final.

Los resultados nos indican que existen variaciones significativas que son atribuidas al tipo de mezcla de harinas empleadas. La formulación T2 nos mostró un contenido de proteína y de fibra bastantes equilibrados, asociado a su comportamiento sensorial; la formulación T1, elaborada únicamente con harina de plátano, presenta mayor contenido de cenizas y menor proteína, reflejando su condición vegetal., asimismo, la formulación T3, con mayor proporción de trigo de las formulaciones, muestra una fibra elevada con ligeras reducciones de cenizas. El valor energético fue similar entre los tratamientos, confirmando que las diferencias composicionales no afectan significativamente el aporte calórico del producto.

### **9.2.3 Análisis estadísticos de parámetros físico químicos**

Con el propósito de establecer si existían diferencias significativas entre cada una de las formulaciones de galletas elaboradas con distintas proporciones de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y harina de trigo, se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para los parámetros fisicoquímicos evaluados (proteína, fibra, grasa, cenizas y humedad). Cada tratamiento fue analizado por triplicado, y los valores presentados en las gráficas son representativos de promedios obtenidos con sus respectivas desviaciones estándar.

- **Contenido de proteína**

El contenido de proteína es un parámetro fundamental para determinar el valor nutricional de las galletas, ya que influye en la estructura de la masa, la textura y la calidad final del producto. En este estudio se evaluó el comportamiento del contenido proteico en las tres formulaciones, con el fin de establecer el efecto de la proporción de harina de trigo sobre el aporte proteico total de la galleta.

**Tabla 13.** Estadística descriptiva en análisis de proteína

Formulación o Tratamiento	Promedio	Desv. Estándar	Varianza
T1	3,04	0,02	0,0004
T2	4,27	0,02	0,0002
T3	3,64	0,1	0,01

**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 13 muestra los resultados promedio obtenidos por formulaciones o tratamientos, donde existen diferencias marcadas en el contenido de proteína entre las tres formulaciones, destacando la formulación T2 (4.27%) como la de mayor concentración proteica. Las desviaciones estándar bajas en T1 y T2 reflejan alta precisión y homogeneidad en las mediciones, mientras que T3 presentó una mayor dispersión.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para niveles de proteína

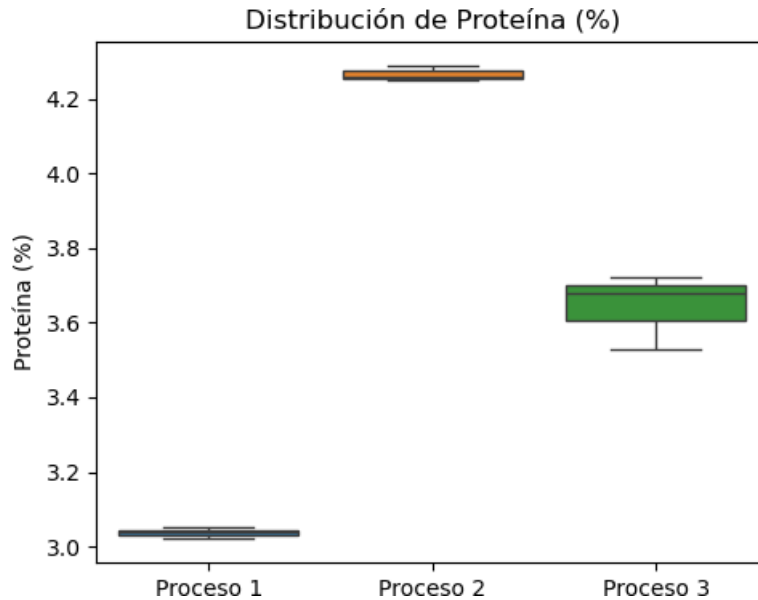
Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico a -F
Entre grupos	2,25742222	2	1,128711111	318,445141	8.1291E-07	5,14325285
Dentro de los grupos	0,02126667	6	0,003544444			
<b>Total</b>	<b>2,27868889</b>	<b>8</b>				

**Fuente:** Autores 2025

La tabla 14 nos muestra el análisis de varianza (ANOVA) donde existen diferencias altamente significativas en el contenido de proteína entre las formulaciones ( $F = 318.45$ ;  $p = 0.0000008 < 0.05$ ). La mayor proporción de harina de trigo en el tratamiento T2 favoreció el incremento de proteínas, mientras que T1 y T3 presentaron valores menores. Esto confirma que la composición

de las harinas influye directamente en el contenido proteico de las galletas elaboradas con harina de plátano verde.

**Grafica 3.** Variación del contenido de proteína (%) en las formulaciones.



**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

En la Figura 3 se observa la distribución del contenido de proteína (%) en los tres tratamientos. El Proceso 2 presentó los valores más altos y consistentes, mientras que el Proceso 1 mostró el menor contenido proteico. El Proceso 3 exhibió una variabilidad intermedia, confirmando las diferencias significativas entre formulaciones.

Comparando con estudios previos, los resultados de esta investigación son consistentes con los de Montoya (2020), quien en el desarrollo de una matriz alimentaria a base de harina de plátano Dominic Hartón obtuvo valores de 3.5% a 4.8% de proteína, destacando que las mezclas con un 25–30% de harina de trigo presentaron mejor estructura y calidad sensorial.

Esto coincide con la formulación T2 (75% plátano – 25% trigo), que registró el mayor contenido proteico y la mejor aceptabilidad general.

De forma similar, López Medina et al. (2017), al elaborar galletas con una mezcla de harina de trigo y plátano en proporciones 70:30, reportaron contenidos de proteína de  $4.3\% \pm 0.05$ , valor prácticamente equivalente al obtenido en este estudio (4.27%), confirmando que niveles moderados de sustitución de trigo (25–30%) son óptimos para mantener el aporte proteico y la funcionalidad de la masa.

- **Fibra**

La fibra constituye un componente esencial desde el punto de vista nutricional y funcional, pues contribuye al tránsito intestinal y al aprovechamiento fisiológico del producto. En las formulaciones evaluadas se analizó la variación del contenido de fibra como resultado de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano verde, considerando su influencia sobre la textura y la aceptación sensorial del producto panificado.

**Tabla 15.** Estadística descriptiva en análisis de fibra

<b>Formulación o Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Varianza</b>
<b>T1</b>	3,53	0,21	0,04
<b>T2</b>	8,27	0,25	0,06
<b>T3</b>	12,58	0,03	0,0007

**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 15 muestra los resultados promedio por formulaciones o tratamientos de los porcentajes de fibra, donde aumenta progresivamente entre tratamientos, siendo T1 el menor (3.53 %) y T3 el mayor (12.58 %). Esto indica que una mayor proporción de harina de plátano verde incrementa significativamente la fibra del producto. Las desviaciones estándar muestran buena precisión, especialmente en T3, donde los resultados fueron muy consistentes, resaltando que la formulación T2 presento equilibrio en su relación.

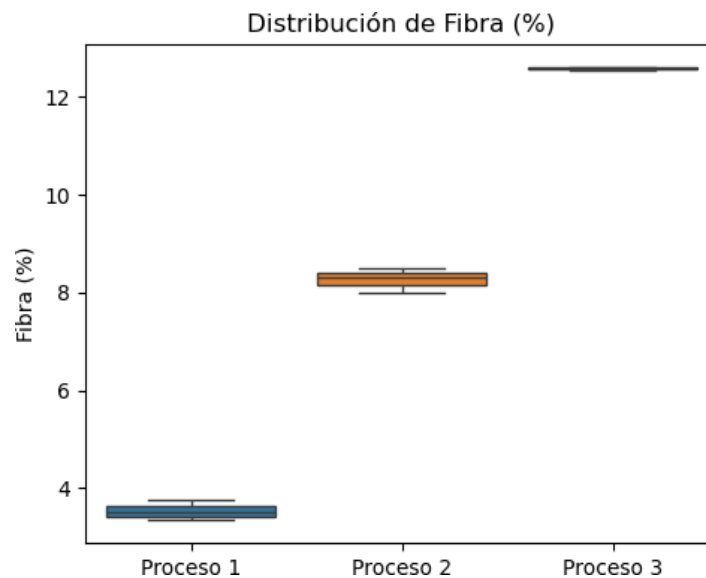
**Tabla 16.** Análisis de varianza para niveles de fibra

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico a -F
<b>Entre grupos</b>	122,851467	2	61,42573333	1716,3353	5.3123E-09	5,14325285
<b>Dentro de los grupos</b>	0,21473333	6	0,035788889			
<b>Total</b>	123,0662	8				

**Fuente:** Autores 2025

La tabla 16 nos da como resultado diferencias altamente significativas en el análisis de varianza ( $F = 1716.33$ ;  $p = 0.0000000053 < 0.05$ ) en el contenido de fibra entre las formulaciones. El tratamiento con mayor proporción de harina de plátano verde (T3) presentó el valor más alto de fibra, seguido de T2 y T1.

**Grafica 4.** Variación del contenido de fibra (%) en las formulaciones



**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

En la gráfica 4 se observa la distribución del contenido de fibra (%) para cada tratamiento. El Proceso, tratamiento o formulación 1 presenta los valores más bajos (alrededor del 3.5 %), el Proceso 2 valores intermedios ( $\approx 8.3$  %), y el Proceso 3 el nivel más alto de fibra ( $\approx 12.6$  %).

Las cajas muestran poca dispersión dentro de cada tratamiento, especialmente en el Proceso 3, lo que indica alta consistencia entre réplicas. La clara separación entre las tres cajas evidencia diferencias significativas entre las formulaciones, lo cual coincide con los resultados del ANOVA ( $p < 0.05$ ).

Los resultados del presente estudio concuerdan con los de Montoya (2020), quien al formular productos libres de gluten a base de harina de plátano Dominic Hartón reportó un contenido de fibra entre 7.8% y 10.4%, dependiendo de la proporción de sustitución. Montoya destacó que la sustitución parcial del trigo por harina de plátano incrementa significativamente la fibra total, atribuyéndolo al aporte de almidón resistente y hemicelulosas.

Asimismo, López Medina et al. (2017), al elaborar galletas con mezcla de harina de trigo y plátano (70:30), obtuvieron un contenido de fibra promedio de 6.9%, valor intermedio entre las formulaciones T1 y T2 de este estudio, confirmando que la harina de plátano mejora el perfil dietético del producto sin afectar la textura.

Por otro lado, León-Méndez et al. (2020), en la elaboración de galletas a base de harina de plátano Pelipita y batata, obtuvieron un contenido de fibra de 11.2%, valor muy cercano al del tratamiento T3 (12.58%), lo que demuestra la influencia positiva del plátano en el aumento de la fracción fibrosa, incluso en mezclas con otros tubérculos. De igual manera, Quispe Cusi (2016) desarrolló galletas funcionales con harina de plátano, trigo y ajonjolí, alcanzando contenidos de fibra entre 9.2% y 10.5%, lo que coincide con los valores observados en la formulación T2 (8.27%), reafirmando que niveles intermedios de sustitución (60–75% de plátano) logran equilibrio entre textura y aporte nutricional.

Por su parte, Maldonado y Pacheco de Delahaye (2000) reportaron un incremento similar en galletas elaboradas con mezclas de harina de trigo y plátano verde, alcanzando valores de fibra

entre 8.0% y 12.0%, muy próximos al rango obtenido en el presente estudio. Los autores concluyeron que el uso del plátano verde mejora la funcionalidad digestiva y la estructura del producto, observación coherente con la mejor masticabilidad y textura crujiente descritas en la evaluación sensorial de la formulación T2. Finalmente, Silva Jiménez y Rojas Navarro (2024) señalan que la harina de plátano verde contiene entre 9% y 13% de fibra total, dependiendo del grado de madurez y el método de secado, rango que engloba los valores obtenidos experimentalmente (3.5%–12.6%) en las tres formulaciones de este estudio.

- **Grasa**

El contenido de grasa es determinante en la palatabilidad, textura y valor energético de las galletas. En este parámetro se buscó identificar si las variaciones en la proporción de harina de plátano y trigo generan cambios significativos en el contenido lipídico del producto, teniendo en cuenta que la cantidad de grasa adicionada en la formulación base fue constante.

**Tabla 17.** Estadística descriptiva en análisis de grasa

<b>Formulación o Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Varianza</b>
<b>T1</b>	10,86	0,15	0,0208
<b>T2</b>	10,76	0,23	0,053
<b>T3</b>	10,83	0,11	0,013

**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 17 muestra que los valores promedio de grasa (%) en los tres tratamientos son muy similares (entre 10,76 % y 10,86 %), lo que indica que las diferentes formulaciones no generaron variaciones importantes en el contenido graso del producto. Las desviaciones estándar y varianzas bajas reflejan una buena homogeneidad y estabilidad en los resultados.

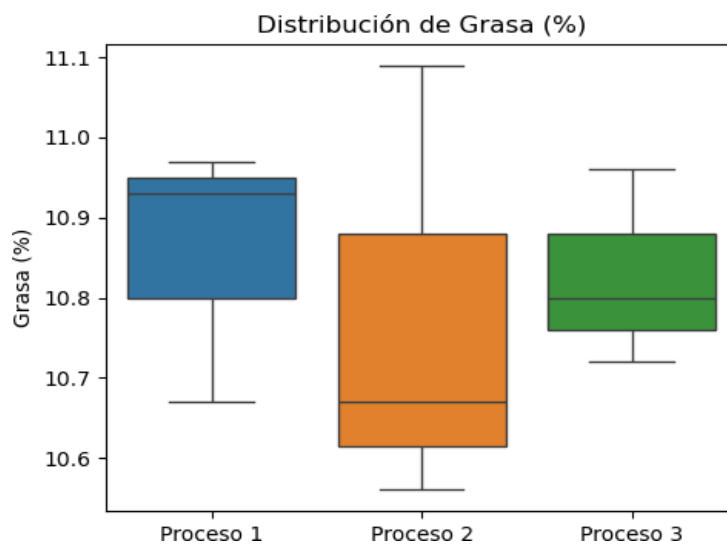
**Tabla 18.** Análisis de varianza para niveles de grasa

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico a -F
Entre grupos	0,01386667	2	0,006933333	0,23780488	0,79544791	5,14325285
Dentro de los grupos	0,17493333	6	0,029155556			
<b>Total</b>	<b>0,1888</b>	<b>8</b>				

**Fuente:** Autores 2025

La tabla 18 nos muestra que en el análisis de varianza (ANOVA) no existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de grasa entre los tres tratamientos ( $p = 0,7954 > 0,05$ ). Esto sugiere que las variaciones observadas en los promedios son producto del azar y no de un efecto real de la formulación, evidenciando que los procesos mantienen una composición grasa homogénea.

**Grafica 5.** Variación del contenido de grasa (%) en las formulaciones



**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La grafica 5 muestra la distribución del contenido de grasa (%) en los tres tratamientos o procesos evaluados. Se observa que los valores se agrupan en torno a un rango muy estrecho (entre 10,6 % y 11,0 %), lo que indica una variación mínima entre tratamientos. El Proceso 1 presenta una ligera tendencia a valores más altos, mientras que el Proceso 2 muestra una dispersión un poco mayor, aunque sin diferencias marcadas. El Proceso 3 se mantiene estable con poca variabilidad. En conjunto, la gráfica confirma visualmente los resultados del ANOVA, evidenciando que no existen diferencias significativas en el contenido de grasa entre las formulaciones analizadas.

Los valores de grasa obtenidos en este estudio (10.76–10.86%) son consistentes con los reportados en la literatura para productos panificados a base de harina de plátano. Montoya (2020), en su trabajo sobre matrices alimentarias a base de harina de plátano Dominico Hartón, reportó valores de grasa entre 9.8% y 11.2%, similares a los obtenidos aquí, y destacó que la harina de plátano no aporta lípidos adicionales significativos, ya que su contenido graso intrínseco es bajo (<1%).

Por ello, las variaciones en grasa dependen más de los ingredientes grasos añadidos (mantequilla o aceite) que de la sustitución de harinas.

De manera similar, López Medina et al. (2017), al elaborar galletas con mezcla de harina de trigo y plátano (70:30), obtuvieron un contenido promedio de  $10.5 \pm 0.2\%$ , lo cual coincide casi exactamente con los valores de los tratamientos del presente estudio. Esto confirma que el reemplazo parcial de trigo por plátano no altera de manera significativa la proporción de grasa final del producto. León-Méndez et al. (2020) reportaron un contenido de grasa de 10.7% en galletas elaboradas con harina de plátano Pelipita y batata, valor prácticamente idéntico al promedio general (10.8%) observado aquí. Los autores concluyeron que este nivel lipídico es óptimo para garantizar buena textura, color y crocancia.

- **Cenizas**

El contenido de cenizas representa la fracción mineral total del producto y refleja el aporte de micronutrientes como potasio, calcio y magnesio. En este análisis se evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de plátano verde sobre la concentración de minerales en

las galletas, considerando que el plátano es naturalmente rico en compuestos inorgánicos esenciales.

**Tabla 19.** Estadística descriptiva en análisis de cenizas

Formulación o Tratamiento	Promedio	Desv. Estándar	Varianza
T1	2,96	0,25	0,06
T2	2,66	0,19	0,03
T3	2,39	0,13	0,01

**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 19 muestra que el contenido de cenizas (%) disminuye progresivamente desde el Tratamiento 1 (2,96%) hasta el Tratamiento 3 (2,39%), lo que indica una reducción del contenido mineral entre formulaciones. Además, las desviaciones estándar y varianzas son relativamente bajas, reflejando consistencia en las mediciones dentro de cada tratamiento. En conjunto, estos resultados sugieren que las diferencias observadas entre tratamientos son reales y estadísticamente significativas, lo que implica que la formulación afecta el nivel de cenizas del producto.

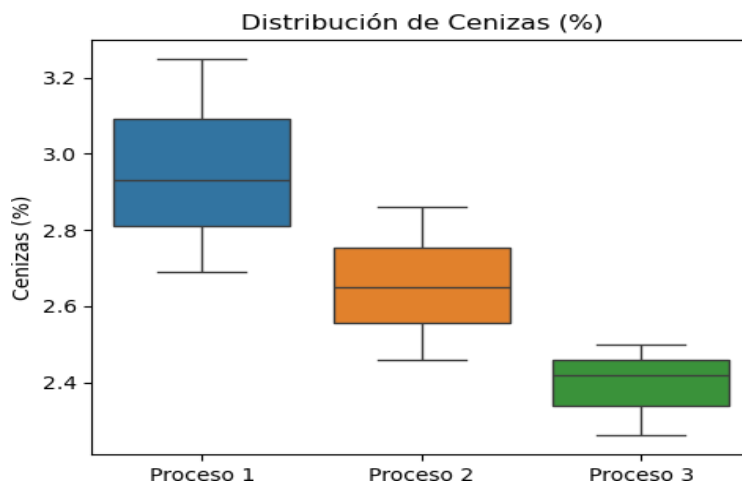
**Tabla 20.** Análisis de varianza para niveles de cenizas

Origen de variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico a -F
Entre grupos	0,49342222	2	0,246711111	6,29186738	0,0336554	5,14325285
Dentro de los grupos	0,23526667	6	0,039211111			
<b>Total</b>	<b>0,72868889</b>	<b>8</b>				

**Fuente:** Autores 2025

El análisis de varianza de la tabla 20 evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de cenizas (%) entre los tratamientos, ya que el valor de F calculado (6,29) es mayor que el valor crítico de F (5,14) y la probabilidad asociada ( $p = 0,0337$ ) es menor a 0,05. Esto indica que las variaciones observadas no se deben al azar, sino al efecto real de los tratamientos aplicados. En otras palabras, la formulación o proceso influye de manera significativa en la concentración de cenizas, mostrando que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás en su contenido mineral.

**Grafica 6.** Variación del contenido de cenizas (%) en las formulaciones



**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La grafica 6 muestra la distribución del contenido de cenizas (%) en los tres tratamientos evaluados. Se observa una tendencia descendente clara desde el Proceso 1 hacia el Proceso 3, evidenciando una reducción progresiva del contenido mineral en las formulaciones. El Proceso 1 presenta los valores más altos y una ligera dispersión, mientras que el Proceso 3 muestra los valores más bajos y mayor homogeneidad. Esta tendencia visual coincide con los resultados del ANOVA, confirmando que existen diferencias significativas entre tratamientos, y que el tipo de formulación influye directamente en el nivel de cenizas del producto final.

Los resultados obtenidos muestran que el contenido de cenizas disminuyó progresivamente de 2.96% en el Tratamiento 1 (100% harina de plátano verde) a 2.66% en el Tratamiento 2 (75% plátano – 25% trigo) y 2.39% en el Tratamiento 3 (50% plátano – 50% trigo). El análisis de varianza ( $F = 6.29$ ;  $p = 0.0337 < 0.05$ ) confirmó que existen diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones, evidenciando que la proporción de harinas influye directamente en la concentración de minerales del producto final.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Maldonado y Pacheco de Delahaye (2000), quienes al elaborar galletas con mezcla de harina de plátano verde y de trigo reportaron valores de cenizas entre 2.40% y 3.10%, dependiendo del grado de sustitución. Los autores destacaron que las formulaciones con mayor proporción de plátano tendían a presentar un ligero incremento del contenido mineral, atribuido a la presencia de compuestos como el potasio y el fósforo característicos de la harina de plátano. En el presente estudio, el Tratamiento 1 (100% plátano) mantuvo este comportamiento, registrando el valor más alto de cenizas (2.96%), lo cual confirma que la harina de plátano verde es una fuente importante de minerales en el producto.

Por otro lado, López Medina et al. (2017), en su investigación sobre galletas elaboradas con una mezcla de harina de trigo y harina de plátano (proporción 70:30), reportaron un contenido de cenizas de  $2.50\% \pm 0.05$ , valor muy próximo al promedio del Tratamiento 3 (2.39%) de este estudio. Dicha similitud sugiere que, al aumentar el porcentaje de harina de trigo, la concentración de minerales tiende a disminuir, lo cual coincide con la tendencia descendente observada en las formulaciones actuales.

- **Humedad**

La humedad es un parámetro crítico en la estabilidad y conservación de los productos panificados, pues influye en la textura, crocancia y vida útil del alimento. En este estudio se determinó el contenido de humedad promedio en las tres formulaciones, con el objetivo de evaluar cómo la composición de las harinas afecta la retención de agua y, por tanto, la calidad sensorial del producto final.

**Tabla 21.** Estadística descriptiva en análisis de humedad

<b>Formulación o Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Varianza</b>
<b>T1</b>	7,46	0,25	0,06
<b>T2</b>	8,38	0,88	0,79
<b>T3</b>	7,81	0,05	0,0028

**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 21 presenta los resultados del contenido de humedad (%) para las tres formulaciones o tratamientos evaluados. Se observa que el Tratamiento 2 (8,38%) posee el valor promedio más alto, mientras que el Tratamiento 1 (7,46%) y el Tratamiento 3 (7,81%) muestran valores ligeramente menores y más cercanos entre sí. Las desviaciones estándar y varianzas indican que el Tratamiento 2 tiene una mayor variabilidad en sus mediciones, reflejando una menor uniformidad, mientras que el Tratamiento 3 presenta la mayor estabilidad (desviación estándar de 0,05).

En general, aunque existen pequeñas diferencias en los valores promedio de humedad, estas no son estadísticamente significativas, lo que sugiere que las formulaciones mantienen un comportamiento similar en el contenido de humedad del producto.

**Tabla 22.** Análisis de varianza para niveles de humedad

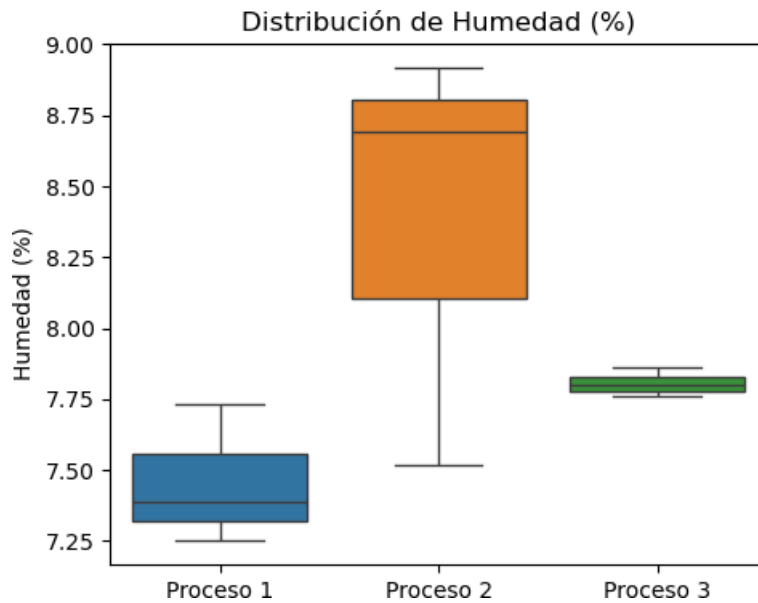
<b>Origen de variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico a -F</b>
<b>Entre grupos</b>	1,28686667	2	0,643433333	2,25247968	0,18632478	5,14325285
<b>Dentro de los grupos</b>	1,71393333	6	0,285655556			
<b>Total</b>	3,0008	8				

**Fuente:** Autores 2025

La tabla 22 del análisis de varianza (ANOVA) muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de humedad (%) entre los tres tratamientos, ya que el valor de F calculado (2,25) es menor que el valor crítico de F (5,14) y la probabilidad asociada ( $p = 0,1863$ ) es mayor a 0,05.

Esto indica que las variaciones observadas en los promedios de humedad se deben principalmente al azar y no al efecto de la formulación. En conclusión, los tratamientos presentan un comportamiento similar respecto al contenido de humedad, sin que uno destaque de forma significativa sobre los demás.

**Gráficos 7.** Variación del contenido de humedad (%) en las formulaciones



**Fuente:** Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La grafica 7 muestra la distribución del contenido de humedad (%) para los tres tratamientos evaluados. Se observa que el Proceso 2 presenta el valor promedio más alto y una mayor dispersión de los datos, indicando variabilidad en las mediciones. En contraste, el Proceso 3 muestra valores

más homogéneos y concentrados, mientras que el Proceso 1 mantiene un nivel de humedad ligeramente inferior.

Aunque visualmente hay diferencias entre las medianas y rangos, el análisis estadístico (ANOVA) determinó que estas variaciones no son significativas ( $p > 0,05$ ). Por tanto, la gráfica refleja que las formulaciones tienen un comportamiento similar en términos de contenido de humedad, sin que un tratamiento destaque de manera estadísticamente relevante.

En este estudio, los valores promedio obtenidos oscilaron entre 7.46 % (T1), 8.38 % (T2) y 7.81 % (T3). Aunque el tratamiento con 75 % de harina de plátano verde (T2) presentó la humedad más alta, el análisis de varianza ( $F = 2.25$ ;  $p = 0.1863 > 0.05$ ) indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones. Esto sugiere que las proporciones de harina de trigo y de plátano utilizadas no afectaron de forma relevante la retención de agua en las galletas, manteniendo una humedad promedio inferior al 9 %, considerada adecuada para productos con buena estabilidad microbiológica y crocancia.

Estos resultados son coherentes con los reportados por León-Méndez et al. (2020), quienes elaboraron galletas a base de harina de plátano Pelipita (*Musa ABB*) y de batata (*Ipomea batatas*), obteniendo valores de humedad entre 7.8 % y 8.5 %, muy cercanos al promedio del Tratamiento 2 (8.38 %) de este estudio. Los autores señalaron que la humedad se mantiene dentro de un rango óptimo para conservar la textura crujiente del producto, incluso cuando se emplean altos porcentajes de plátano en sustitución parcial de otras harinas.

De manera similar, Gallegos Chango (2013), en la elaboración de galletas con mezcla de harina de banano (*Musa cavendishii*) y harina de trigo, reportó valores de humedad entre 7.0 % y 8.2 %, dependiendo del tiempo de horneado y la proporción de plátano. Estos valores se alinean estrechamente con los tratamientos T1 (7.46 %) y T3 (7.81 %) del presente trabajo. Gallegos concluyó que el incremento de la fracción de plátano tiende a aumentar ligeramente la humedad por la presencia de almidones resistentes que retienen agua, aunque sin alterar la textura general del producto.

### 9.3 Comparación del producto panificado (galletas) elaborado a partir de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*), con productos panificados tipo galletas comerciales elaboradas en panaderías locales (Aguachica - Cesar)

Con el propósito de comparar el comportamiento sensorial y fisicoquímico del producto experimental elaborado a base de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*), frente a galletas comerciales elaboradas en panaderías locales del municipio de Aguachica (Cesar), se desarrolló un proceso de investigación de campo y laboratorio que integró aspectos técnicos, sensoriales y composicionales.

#### 9.3.1 Trabajo en campo, análisis sensorial y caracterización del entorno

Se identificaron 13 panaderías activas ubicadas entre las calles 5ª y 6ª, desde la carrera 7 hasta la 30 del municipio de Aguachica. En todas ellas se constató el uso exclusivo de harina de trigo refinada como base en la elaboración de galletas, acompañada de mantequilla, azúcar, saborizantes y colorantes artificiales. Ninguna panadería reportó el uso de harinas alternativas o ingredientes funcionales, evidenciando una limitada innovación agroindustrial en la producción local. Durante el muestreo, se adquirieron 13 tipos de galletas comerciales con características físicas y organolépticas similares al producto experimental, con el fin de realizar análisis comparativos tanto sensoriales como fisicoquímico.

**Tabla 23.** Medida general de cada promedio (tabla 11) con relación a resultados sensoriales de galletas comerciales

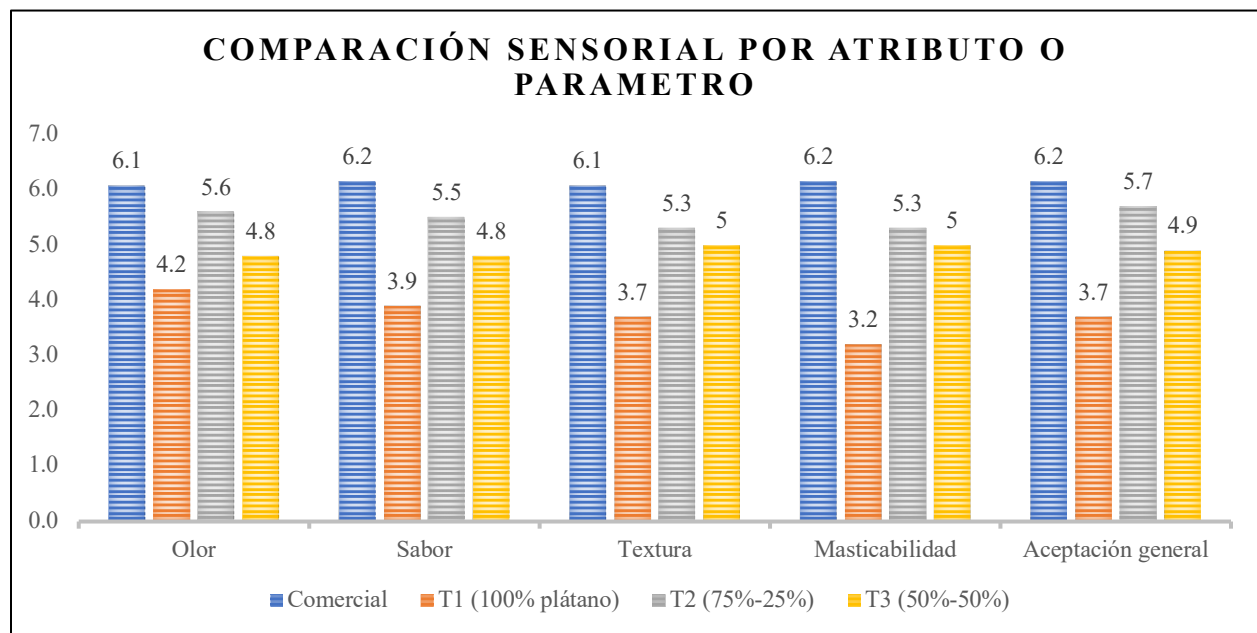
Tipo de galleta	Olor	Sabor	Textura	Masticabilidad	Aceptación general
Comercial	6,1	6,2	6,1	6,2	6,2
T1 (100% plátano)	4,2	3,9	3,7	3,2	3,7
T2 (75%-25%)	5,6	5,5	5,3	5,3	5,7
T3 (50%-50%)	4,8	4,8	5	5	4,9

**Fuente:** Autores 2025

La tabla 23 muestra los resultados sensoriales y las diferencias entre las galletas elaborados con plato verde (*Musa paradisiaca*) y las galletas comerciales evaluados en panaderías locales. Los productos comerciales presentan calificaciones superiores en todos los atributos sensoriales evaluados (color, sabor, textura, masticabilidad y aceptación general), con valores entre 6,1 y 6,2 sobre un máximo de 7 puntos. Este comportamiento refleja la alta preferencia del consumidor, debido al uso de ingredientes refinados, grasos y con sabor atractivo que aportan una textura natural, un aroma agradable y un dulzor equilibrado, características típicas de los productos de panadería tradicionales.

Por el contrario, las galletas elaboradas con harina de plátano verde muestran una disminución gradual en la aceptación sensorial conforme, lo que aumenta el porcentaje de sustitución de harina de trigo.

**Gráficos 8.** Comparación sensorial de galletas experimentales con harina de plátano y comerciales



**Fuente:** Autores 2025

La grafica 8 revela los resultados y comportamientos sensoriales, donde evidencian que el tratamiento T2 (75% harina de plátano y 25% harina de trigo) fue el más aceptado por los

panelistas, con promedios cercanos a la galleta comercial, mientras que el tratamiento T1 (100% harina de plátano) obtuvo las puntuaciones más bajas en todos los atributos. Estas diferencias pueden explicarse a partir de la composición fisicoquímica de la harina de plátano y su efecto en la estructura, sabor y textura del producto final.

- **Olor**

- **Galletas comerciales:** 6,1
- **Galletas experimentales T1:** 4,2 **T2:** 5,6 **T3:** 4,8

El olor fue menos aceptado en las galletas con alto contenido de plátano (T1 y T3). Esto se asocia a los compuestos fenólicos y la presencia de almidones no degradados que, al reaccionar durante el horneado, liberan aromas menos atractivos o incluso terrosos. Según Kabeer et al. (2022), los procesos de secado del plátano verde preservan almidones resistentes y polifenoles que pueden modificar el perfil aromático frente a harinas refinadas como la de trigo. En T2, la mezcla equilibrada permitió mantener la nota dulce característica del plátano sin enmascarar el aroma tostado típico de la galleta comercial.

- **Sabor**

- **Galletas comerciales:** 6,2
- **Galletas experimentales T1:** 3,9 **T2:** 5,5 **T3:** 4,8

El sabor se ve afectado principalmente por la menor proporción de azúcares reductores y la mayor presencia de compuestos de fibra en la harina de plátano. Vu et al. (2025) reportan que las harinas de *Musa paradisiaca* maduras poseen alta concentración de taninos y minerales, lo que puede generar un sabor ligeramente amargo o astringente si se usa en grandes proporciones. T2 alcanza un equilibrio, conservando notas dulces del plátano sin alterar la palatabilidad, mientras que T1 presenta un sabor más plano y menos agradable por su baja proporción de proteínas solubles y azúcares.

- **Textura**

- **Galletas comerciales:** 6,1
- **Galletas experimentales:** T1: 3,7 T2: 5,3 T3: 5,0

La textura es uno de los atributos más influenciados por el tipo de harina. La harina de plátano contiene menos gluten y más almidón resistente, lo que reduce la elasticidad y cohesión de la masa. De acuerdo con Kumalasari et al. (2020), la ausencia de gluten limita la capacidad de retención de gases y produce una textura más densa y quebradiza. En T1, esto genera galletas más duras y menos aireadas. En cambio, T2 logra una textura más agradable al combinar proteínas del trigo (que aportan estructura) con el almidón del plátano (que mejora la crocancia).

- **Masticabilidad**

- **Galletas comerciales:** 6,2
- **Galletas experimentales:** T1: 3,2 T2: 5,3 T3: 5,0

La masticabilidad se relaciona directamente con la textura y la humedad. Las galletas T1, con menor contenido de humedad y mayor fibra, resultan más secas y difíciles de masticar. El almidón resistente del plátano retiene menos agua, incrementando la dureza (Kabeer et al., 2022). En T2, la proporción de harina de trigo mejora la retención de humedad y produce una sensación de masticabilidad más similar a la de la galleta comercial.

- **Aceptación general**

- **Galletas comerciales:** 6,2
- **Galletas experimentales:** T1: 3,7 T2: 5,7 T3: 4,9

La aceptación general sigue el mismo patrón que los otros atributos. El tratamiento T2 fue el más equilibrado y funcional, con buena aceptación sensorial y un perfil nutricional más saludable (más fibra y cenizas, menos grasa y proteína que la comercial). La literatura (Vu et al., 2025; Kumalasari et al., 2020) respalda que proporciones intermedias de harina de plátano mejoran el valor funcional

sin comprometer la calidad sensorial, mientras que formulaciones 100% de plátano (T1) tienden a disminuir la aceptabilidad por sus características texturales y de sabor.

### 9.3.2 Análisis comparativo fisicoquímico

Con el propósito de establecer una comparación entre las propiedades fisicoquímicas del producto elaborado a base de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y las galletas comerciales elaboradas con harina refinada, se recolectaron trece (13) muestras de galletas provenientes de diferentes panaderías del municipio de Aguachica (Cesar), cada una de las panaderías visitadas. Estas muestras fueron debidamente codificadas, almacenadas y posteriormente enviadas al laboratorio para su análisis.

A fin de obtener un valor representativo del conjunto de las galletas comerciales, se realizó una combinación homogénea de las trece muestras recolectadas, generando una muestra compuesta que permitió determinar los valores promedio de los principales parámetros fisicoquímicos: humedad, proteína, cenizas, grasa, fibra, carbohidratos y valor calórico. Los resultados obtenidos fueron comparados con los del producto experimental (galleta a base de harina de plátano verde), permitiendo analizar las diferencias en composición nutricional y características fisicoquímicas entre ambos tipos de galleta.

**Tabla 24.** Resultados de parámetros fisicoquímicos de galletas comerciales

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	TÉCNICA
Humedad	11,97	%	NTC 529
Proteína	5,67	%	NTC 4657
Cenizas	1,75	%	NTC 282
Grasa	10,58	%	NTC 668
Fibra	1,39	%	NTC 668
Carbohidratos	67,63	%	CÁLCULO
Valor calórico	397,42	Kcal/100g	CÁLCULO

**Fuente:** LABALIME SAS 2025

En la tabla 24, se presentan los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado en el laboratorio LABALIME, correspondiente a las galletas comerciales elaboradas con harina refinada y recolectadas en trece panaderías del municipio de Aguachica (Cesar). Las muestras fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del producto comercial, sobre la cual se determinaron los parámetros de humedad, proteína, cenizas, grasa, fibra, carbohidratos y valor calórico, aplicando las normas técnicas colombianas (NTC) correspondientes a cada análisis.

Estos resultados permiten establecer una línea base de referencia para la comparación con las galletas elaboradas a partir de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*), con el fin de evaluar diferencias nutricionales y su potencial como alternativa funcional y sostenible en la industria panadera.

**Tabla 25.** Comparación de parámetros fisicoquímicos de las galletas experimentales (tabla 12), con resultados de galletas comerciales (tabla 24)

Parámetro	T1 (100% plátano)	T2 (75% plátano - 25% trigo)	T3 (50% plátano - 50% trigo)	Comercial	UN
<b>Humedad</b>	7,44	8,38	7,82	11,97	g/100 g
<b>Cenizas</b>	2,96	2,62	2,38	1,75	g/100 g
<b>Grasa</b>	10,97	10,71	10,82	10,58	g/100 g
<b>Fibra bruta</b>	3,5	8,32	12,58	1,39	g/100 g
<b>Proteína cruda</b>	3,03	4,26	3,64	5,69	g/100 g
<b>Carbohidratos</b>	75,6	74,03	75,34	67,63	g/100 g
<b>Energía</b>	413,25	409,55	413,3	397,42	KCAL/100 g

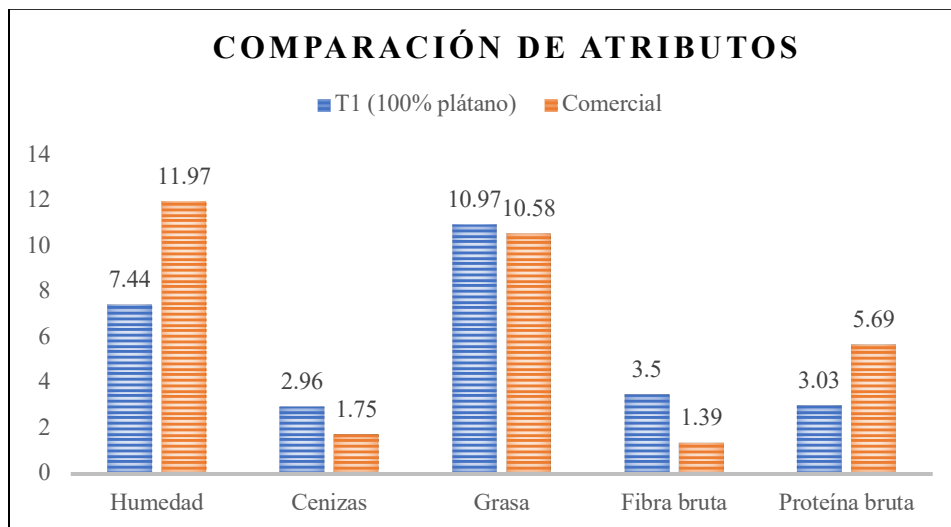
**Fuente:** LABALIME SAS y Laboratorio de Calidad Agroindustrial del Centro Agro empresarial (SENA) Aguachica – Cesar 2025

La tabla 25 los resultados del análisis fisicoquímico correspondiente a los tres tratamientos experimentales elaborados con diferentes proporciones de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y harina de trigo, comparados con la muestra comercial recolectada en panaderías

locales. Los parámetros evaluados fueron humedad, cenizas, grasa, fibra bruta, proteína, carbohidratos y energía, expresados en base a 100 g de producto.

La tabla representa el comportamiento composicional de las galletas frente a la variación en el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de plátano verde. En general, se observa que los tratamientos con mayor inclusión de plátano presentan menores contenidos de humedad, lo que sugiere una mejor estabilidad del producto frente a deterioro microbiológico y una textura más crujiente en comparación con la galleta comercial.

**Grafica 9.** Comparación de parámetros en relación a las galletas del tratamiento 1 (50% harina de plátano + 50% harina de trigo) y galletas comerciales



**Fuente:** Autores 2025

La grafica 8 nos muestra la comparación entre el tratamiento o formulación 1 y las galletas comerciales de cada panadería visitada (13). Al comparar los parámetros de la galleta elaborada a base de harina de plátano verde (T1) con las galletas comerciales de referencia, se evidencian diferencias significativas asociadas principalmente a la composición química y propiedades funcionales de las materias primas utilizadas.

En primer lugar, el contenido de proteína bruta fue considerablemente menor en la formulación T1 (3,03 %) frente a la galleta comercial (5,69 %). Este comportamiento se debe a la baja concentración proteica del plátano verde y a la ausencia de gluten en su composición, lo que limita la formación de redes viscoelásticas en la masa. Las proteínas del trigo (gluteninas y gliadinas) son responsables de la elasticidad y cohesión de la masa, características que favorecen una textura más ligera y aireada (Kabeer et al., 2022). La carencia de estas proteínas en la harina de plátano ocasiona una masa más densa y quebradiza, afectando la textura final y la aceptabilidad sensorial del producto.

Respecto al contenido de cenizas, la galleta T1 presentó un valor superior (2,96 %) en comparación con la comercial (1,75 %), lo cual refleja una mayor concentración de minerales en la harina de plátano verde. Este tipo de harina es rica en micronutrientes esenciales como potasio, magnesio, fósforo y calcio, que se conservan durante el secado y la molienda (Vu et al., 2025). Por el contrario, la harina de trigo refinada pierde una parte significativa de su fracción mineral durante los procesos de blanqueo y refinación. Este incremento en el contenido de cenizas representa una ventaja nutricional para el producto experimental, posicionándolo como una alternativa con mayor valor funcional y contribución mineral en la dieta.

En cuanto al contenido de humedad, la galleta comercial presentó un valor más elevado (11,97 %) que la T1 (7,44 %). La menor humedad en las galletas de plátano se relaciona con la estructura más densa y compacta del almidón del plátano verde, el cual posee una limitada capacidad de retención de agua. Además, su alto contenido de almidón resistente reduce la absorción de humedad durante el horneado, generando un producto más seco y crujiente (Kumalasari et al., 2020). Esta característica, aunque disminuye la suavidad sensorial, mejora la estabilidad del producto frente a la actividad de agua y prolonga su vida útil al reducir el riesgo de deterioro microbiológico.

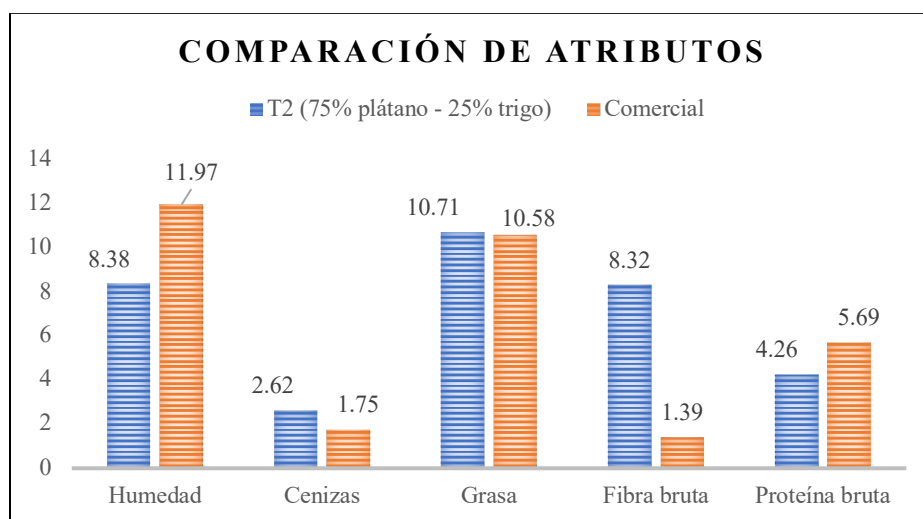
El contenido de fibra bruta fue notablemente mayor en la formulación T1 (3,5 %) que en la galleta comercial (1,39 %). Esta diferencia se atribuye a la presencia de compuestos estructurales no digeribles en el plátano verde, como celulosa, hemicelulosa y almidón resistente, los cuales actúan como fibra dietaria (Vu et al., 2025). Este aumento de fibra confiere al producto características

funcionales que favorecen la salud digestiva y contribuyen a la regulación del índice glucémico. Sin embargo, el mayor contenido de fibra también puede modificar la textura del producto, aportando una sensación de mayor densidad y menor suavidad al paladar.

Por último, el contenido graso fue similar en ambas formulaciones, con valores de 10,97 % para la galleta de plátano y 10,58 % para la comercial. La ligera diferencia puede atribuirse a una mayor absorción de grasa por parte de la matriz del plátano, debido a su estructura más porosa y su bajo contenido proteico, lo que facilita la retención lipídica durante el horneado (Kabeer et al., 2022). Este comportamiento contribuye a la textura crujiente del producto sin generar una variación significativa en el aporte energético total.

En términos generales, los resultados indican que la sustitución total de harina de trigo por harina de plátano verde modifica de manera sustancial la composición fisicoquímica del producto, confiriéndole un perfil más rico en fibra y minerales, pero más bajo en proteínas y humedad. Estas diferencias inciden directamente en la textura, el sabor y la aceptabilidad sensorial, aunque aportan ventajas nutricionales que respaldan su potencial como producto funcional y saludable (Vu et al., 2025; Kumalasari et al., 2020).

**Grafica 10.** Comparación de parámetros en relación a las galletas del tratamiento 2 (75% harina de plátano + 25% harina de trigo) y galletas comerciales



**Fuente:** Autores 2025

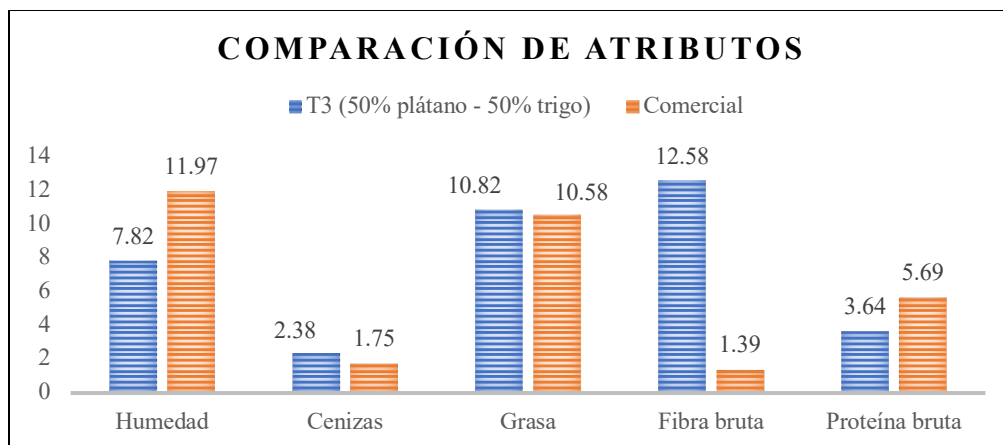
La grafica 10 nos muestra el comportamiento de los parámetros al momento de hacer una comparación directa, de manera general, los resultados reflejan que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano verde genera un producto más funcional y equilibrado, con ventajas nutricionales evidentes:

- Mayor contenido de fibra y minerales (cenizas)
- Reducción moderada en proteína y humedad
- Conservación del contenido lipídico y de la textura característica del producto comercial.

En términos estadísticos y prácticos, el tratamiento T2 representa un punto óptimo de formulación, donde la reducción en proteína no afecta la aceptabilidad sensorial, y los aumentos en fibra y cenizas mejoran el valor nutricional global del producto (Kabeer et al., 2022; Vu et al., 2025; Kumalasari et al., 2020).

Así, la formulación T2 puede considerarse una alternativa viable y saludable, combinando una composición mejorada con un nivel de aceptación sensorial favorable, evidenciando que el uso de harina de plátano verde en proporciones moderadas aporta beneficios funcionales sin comprometer la calidad percibida en relación a la comparación con los resultados de las galletas comerciales.

**Gráficos 11.** Comparación de parámetros en relación a las galletas del tratamiento 3 (50% harina de plátano + 50% harina de trigo) y galletas comerciales



**Fuente:** Autores 2025

La grafica 11 nos evidencia el comportamiento comparativo del tratamiento o formulación 3 frente a las galletas comerciales, el tratamiento T3 (50% harina de plátano y 50% harina de trigo) presentó diferencias significativas frente a la galleta comercial en casi todos los parámetros fisicoquímicos analizados, lo que refleja el efecto directo de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de plátano en la formulación.

El tratamiento T3 representa un producto con mayor aporte de fibra y minerales, menor humedad y proteína, y una ligera variación en el contenido graso frente a la galleta comercial. Estas diferencias responden directamente a las propiedades intrínsecas de la harina de plátano, tal como lo documentan Kabeer et al. (2022), Vu et al. (2025) y Kumalasari et al. (2020), quienes destacan su potencial funcional y nutricional, aunque con posibles limitaciones en atributos sensoriales cuando se incrementa su proporción en la formulación.

### **9.3.3 Análisis general comparativo de las galletas con harina de plátano frente a la galleta comercial**

Los tratamientos experimentales (T1, T2 y T3) presentaron menor contenido de humedad que la galleta comercial, lo que indica una menor capacidad de retención de agua y una estructura más seca, atribuida al alto contenido de almidón resistente y baja cantidad de azúcares simples en la harina de plátano (Kabeer et al., 2022). Esta condición mejora la crocancia y prolonga la vida útil, aunque puede disminuir la suavidad sensorial percibida por los panelistas.

El contenido de cenizas fue mayor en todos los tratamientos con plátano, lo que demuestra un incremento en los minerales esenciales como potasio, magnesio y fósforo, característicos de esta materia prima (Vu et al., 2025). Este aumento refleja un valor nutricional más alto y un potencial funcional superior frente a la galleta comercial.

Respecto a la grasa, los resultados fueron similares entre todas las formulaciones, con ligeros incrementos en las galletas experimentales. Según Kumalasari et al. (2020), esto se asocia a la alta capacidad de absorción de aceite de la harina de plátano, que mejora la cohesión y textura del producto sin alterar significativamente su valor calórico.

En cuanto a la fibra bruta, los tratamientos mostraron incrementos sustanciales en comparación con la galleta comercial, lo que evidencia una mayor proporción de componentes estructurales (celulosa y hemicelulosa) en la harina de plátano. Este aumento de fibra otorga propiedades funcionales beneficiosas relacionadas con la salud digestiva, aunque puede influir negativamente en la textura y aceptabilidad cuando la sustitución de trigo es total (como en T1).

Por último, el contenido proteico disminuyó de forma general en las formulaciones experimentales, ya que la harina de plátano contiene menor cantidad de proteínas y carece de gluten, afectando la formación de estructuras aireadas y el desarrollo de textura ligera (Kumalasari et al., 2020). Sin embargo, el tratamiento T2 (75% plátano – 25% trigo) mantuvo un equilibrio adecuado entre proteína, fibra y minerales, reflejando un perfil más estable y aceptable tanto en valor nutricional como sensorial.

## 10. DISCUSION

Teniendo en cuenta los resultados de la estandarización del producto o galletas experimentales, evidencian que la proporción de harina de plátano verde influye directamente en la textura, el color y la manipulación de la masa. En el tratamiento T1 (100% plátano) se observó una masa más rígida y difícil de trabajar, con galletas de color marrón oscuro y textura dura, debido a la alta concentración de almidones y la ausencia de gluten que limita la expansión durante el horneado. En contraste, el tratamiento T3 (50% plátano – 50% trigo) presentó una masa más manejable, pero una textura final más suave y menos crujiente. La formulación T2 (75% plátano – 25% trigo) logró una textura intermedia, crujiente y agradable, con color dorado uniforme y sabor balanceado, siendo la más estable en su estructura y la de mayor aceptación sensorial.

El análisis del peso final de las galletas mostró valores promedio similares entre tratamientos, con un rango estrecho entre 25,9 y 26,2 g y una pérdida de humedad promedio del 14,3%. El ANOVA confirmó que estas diferencias no fueron significativas ( $p = 0,216 > 0,05$ ), lo que demuestra que la sustitución parcial o total de harina de trigo por harina de plátano no afectó el rendimiento en peso del producto. Sin embargo, el tratamiento T2 presentó la menor desviación estándar (0,10 g), reflejando una mayor uniformidad entre las repeticiones y un proceso más controlado. Esto sugiere que la mezcla 75/25 favorece una estructura de masa más estable, que retiene mejor la humedad y presenta menor variabilidad durante el horneado. En cambio, el tratamiento 100% plátano mostró mayor dispersión en los datos, evidenciando menor consistencia productiva. En conjunto, los resultados confirman que la formulación T2 ofrece un equilibrio óptimo entre estabilidad, rendimiento y homogeneidad del producto final.

Asimismo, en los resultados sensoriales y fisicoquímicos, el tratamiento con 75% de harina de plátano y 25% de trigo (T2) mostró la mayor aceptación general (5,7 puntos) debido a su textura crocante, color dorado y sabor equilibrado, resultado del aporte del trigo al desarrollo del gluten y la reducción del sabor vegetal del plátano. En contraste, el tratamiento 100% plátano (T1) presentó textura más compacta y sabor intenso, lo que disminuyó su preferencia. El tratamiento 50/50 (T3) mantuvo buena crocancia, pero con menor identidad sensorial. Esto evidencia que una sustitución

parcial permite conservar las propiedades del plátano sin afectar la estructura ni la palatabilidad del producto final.

Las galletas con mayor proporción de harina de plátano (T1 y T2) presentaron valores más altos de cenizas (2,96 y 2,62 g/100g) y fibra (hasta 12,58%), indicando un mejor perfil funcional comparado con la galleta comercial. Sin embargo, el aumento de fibra también se relacionó con una textura más densa y una menor expansión durante el horneado. La grasa y la humedad se mantuvieron dentro de rangos adecuados, garantizando buena conservación y estabilidad. Esto confirma que la incorporación de plátano verde mejora el aporte nutricional sin comprometer la calidad tecnológica del producto.

La comparación de las galletas comerciales con las experimentales, nos permitió conocer sus comportamientos teniendo en cuenta que las galletas comerciales obtuvieron las mayores puntuaciones sensoriales (6,1–6,2) debido al uso de harina de trigo refinada, azúcares y grasas que mejoran aroma, sabor y textura. En contraste, las elaboradas con harina de plátano verde mostraron una disminución progresiva en la aceptación a medida que aumentó el porcentaje de sustitución. El tratamiento T2 (75% plátano – 25% trigo) fue el más equilibrado, con buena crocancia, color uniforme y sabor agradable, acercándose a la preferencia del producto comercial. En cambio, el T1 (100% plátano) presentó una textura más densa y un sabor menos dulce, afectando su aceptabilidad. Este comportamiento demuestra que una sustitución parcial mantiene la estructura sensorial deseada mientras aporta características funcionales propias del plátano verde.

En la comparación composicional, las galletas con harina de plátano presentaron mayor contenido de fibra y cenizas frente a las comerciales, lo que refleja un aporte superior en minerales y compuestos estructurales beneficiosos. Sin embargo, la proteína y humedad fueron menores, generando productos más secos y compactos. El tratamiento T2 evidenció el mejor equilibrio nutricional, con fibra suficiente para mejorar el valor funcional, pero sin comprometer la textura ni el sabor. En contraste, el T1 presentó la menor humedad y proteínas, características que, aunque favorecen la conservación, disminuyen la suavidad sensorial. Estos resultados confirman que el plátano verde puede mejorar el perfil nutricional del producto sin alterar de forma drástica su calidad tecnológica cuando se usa en proporciones moderadas.

## 11. CONCLUSIONES

La estandarización del producto panificado a base de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) permitió determinar que la proporción de harinas influye de manera directa en la textura, color, sabor y estabilidad del producto. Aunque no se presentaron diferencias significativas en el peso final entre tratamientos, la formulación con 75% de harina de plátano y 25% de trigo (T2) demostró mayor uniformidad, mejor cohesión de masa y mejor aceptación sensorial, destacándose como la opción más estable y reproducible. Esta combinación equilibra las propiedades estructurales del trigo con los aportes funcionales del plátano, garantizando un producto con buena textura, rendimiento constante y características sensoriales atractivas, apto para ser replicado en futuras pruebas a nivel industrial.

Se hace referencia que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano verde en una proporción del 75:25 representa el punto óptimo en términos de valor nutricional, textura, sabor y aceptación del consumidor. Esta formulación logra un equilibrio entre calidad sensorial y aporte funcional, demostrando que el plátano verde es un ingrediente viable, nutritivo y sostenible, capaz de fortalecer la innovación local en productos panificados con identidad regional y valor agregado.

El análisis integral demostró que la formulación con 75% de harina de plátano verde y 25% de trigo combina lo mejor de ambos mundos: un perfil nutricional enriquecido y una buena aceptación sensorial. Este tratamiento logra galletas más saludables, estables y con identidad local, capaces de competir con los productos comerciales sin perder calidad. La incorporación controlada de harina de plátano verde no solo diversifica la producción panadera, sino que representa una alternativa sostenible, funcional y con alto potencial de desarrollo agroindustrial para el municipio de Aguachica y su entorno productivo.

## 12. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las actividades realizadas, resultados obtenidos y condiciones de trabajo presentes para la investigación, se recomienda, optimizar la formulación en la proporción 75% harina de plátano verde – 25% harina de trigo. Mantener esta combinación como estándar, ya que logró el mejor equilibrio entre color, textura, sabor y aceptación general por parte de los consumidores. Esta formulación permitió conservar una estructura crocante y un sabor agradable sin perder las características propias del plátano verde, cumpliendo así con el objetivo sensorial de obtener un producto competitivo frente a las galletas comerciales.

Estandarizar el proceso de secado y molienda de la harina de plátano verde. Es fundamental controlar la temperatura y el tiempo de secado para evitar la degradación de compuestos nutritivos y lograr una harina con granulometría fina y uniforme. Esto mejora la absorción de agua, la expansión de la masa durante el horneado y la textura final de las galletas. De esta forma, se garantiza la reproducibilidad del proceso y la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas entre lotes.

Ajustar los parámetros de horneado para conservar humedad y textura óptimas. Se sugiere mantener una humedad final entre 7% y 8%, regulando la temperatura y el tiempo de cocción para evitar un exceso de deshidratación que cause dureza o pérdida de sabor. Este control permite conservar una crocancia adecuada, prolongar la vida útil y cumplir con el objetivo físico de mantener un producto estable, seguro y sensorialmente aceptable.

Promover el uso del plátano verde como ingrediente funcional y sostenible en la industria panadera. Dada su alta concentración de fibra y minerales, la harina de plátano verde representa una alternativa viable para reducir el uso exclusivo de trigo, aportando beneficios nutricionales y fomentando el aprovechamiento de productos locales. Se recomienda fortalecer su incorporación en líneas de panificación saludable y divulgar sus ventajas como materia prima agroindustrial, cumpliendo con el objetivo de innovación y sostenibilidad del proyecto.

### 13. RERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Castro López, M. M. (2015). *Elaboración de galleta enriquecida con sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano (Musa paradisiaca)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional UNTRM.

[https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/736/FIA\\_184.pdf](https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/736/FIA_184.pdf)

Congreso de la República de Colombia. (1979). Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias. Diario Oficial No. 35.308.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1177>

CORPOICA. (1999). *Cultivo del plátano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

<https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/41cddb13-2764-46b2-aea1-614560262779/content>

EOS Data Analytics. (2025, 19 de septiembre). *Cultivo de plátano: Requisitos básicos y cuidados*.

<https://eos.com/es/blog/cultivo-de-platano/>

FAO, FIDA, UNICEF, PAM Y LA OMS. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019: salvaguardando frente a desaceleraciones y recesiones económicas. FAO. <https://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>

FAO. (2024). *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2024: La geopolítica de los mercados agrícolas y alimentarios*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

<https://openknowledge.fao.org/items/18f2ce9f-9eb6-4b30-8e24-ce9b962eb751>

Falla Dejo, F. T., & Ramón Lluen, M. Y. (2019). *Elaboración de galletas a base de harina de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial]. Repositorio Institucional

UNPRG.

<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3970>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). *Fichas de alimentos: Información básica acerca de quince buenos cultivos alimentarios*. FAO.  
<https://www.fao.org/4/a0218s/a0218s13.pdf>

Gallegos Chango, A. M. (2013). *Elaboración de galletas a base de harina de banano (Musa cavendishii), harina de trigo y glucosa* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6575>

Grupo de Seguimiento Técnico y Asesores. (2023). *Ficha técnica para cultivo de plátano*. Abonamos.  
<https://www.abonamos.com/platano>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2020). *NTC 1486: Rotulado o etiquetado de alimentos empacados*. ICONTEC.  
<https://tienda.icontec.org/>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2021). *NTC 267: Galletas*. ICONTEC.  
<https://tienda.icontec.org/>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (s. f.). *NTC 4597: Alimentos funcionales*. ICONTEC.  
<https://tienda.icontec.org/>

Kabeer, S., Govindarajan, N., Preetha, R., Ambrose, K., Essa, M. M., & Qoronfleh, M. W. (2022). Efecto de diferentes técnicas de secado sobre las propiedades nutritivas y fisicoquímicas del polvo *Musa paradisiaca* (plátano Nendran maduro). *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 1107–1116.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-022-05498-x>


- Kumalasari, R., Surahman, D., Ekafitri, R., Wahyuni, A., & Desnilasari, D. (2020). Propiedades funcionales de la harina de plátano maduro (*Musa spp.*) de diferentes variedades. *Serie de conferencias del IOP: Ciencias de la Tierra y Medioambientales*, 462(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/462/1/012018>
- León-Méndez, G., León-Méndez, D., Pájaro-Castro, N., Granados-Conde, C., Granados-Llamas, E., & Bahoque Peña, M. J. (2020). Elaboración de una galleta a base de harinas de plátano pelipita (*Musa ABB*) y de batata (*Ipomoea batatas*). *Revista Chilena de Nutrición*, 47(3), 406–410. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000300406>
- López Medina, H. S., Ramírez Delgado, K. V., & Sáenz Martínez, M. I. (2017). *Elaboración de galleta utilizando una mezcla de harina de trigo y harina de plátano* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional UNAN-León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6809/1/240041.pdf>
- Loza Esteban, A. (2016). *Elaboración de galletas saladas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de plátano (*Musa paradisiaca*) y adición de semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum*)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe66c4ba-72ed-4921-9758-1e3eba175e48/content>
- Maldonado, R., & Pacheco de Delahaye, E. (2000). Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(4), 387–393. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222000000400011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000400011)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 2674 de 2013 por la cual se establecen los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento, transporte,*

- distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos.*  
[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resolución%202674%20de%202013.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%202674%20de%202013.pdf)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Resolución 3803 de 2016 por la cual se establecen los valores de referencia de energía y nutrientes para el etiquetado de alimentos.*  
[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resolución%203803%20de%202016.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%203803%20de%202016.pdf)
- Montero, S. S. E., & Salinas Alvarado, J. D. (2017). *Elaboración de harina de plátano verde y su aplicación como sustituto parcial en pan y pasta fresca* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Facultad de Ciencias Agroalimentarias]. Repositorio Institucional Zamorano.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bd9f3e6d-7003-4a00-8f5e-bf1f49f9eb7d/content>
- Montoya, J. (2020). *Formulación de una matriz alimentaria a base de harina de plátano Dominicano Hartón (Musa paradisiaca L.) para el diseño de alimentos funcionales libres de gluten* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78569>
- Moresco, C. M., Righi, H. N., & Volonté, M. (s.f.). *Harina de plátano verde y su aplicación en galletas dulces con semillas de lino, libres de gluten* [Informe técnico]. Sistema de Información y Documentación Agropecuaria de las Américas (SIDALC).  
<https://www.sidalc.net/search/Record/dig-unc-ar-11086-14229>
- Palomino Monasterio, L. A. (2024). *Diseño de una planta de producción de galletas nutritivas a partir de la harina de banano orgánico en la provincia de Sullana, Piura* [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/68f82e1c-7e30-419b-a2db-c561ee1f51c0/content>




- Presidencia de la República de Colombia. (2007). *Decreto 1500 de 2007 por el cual se establece el sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos*.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=25807>
- Quispe Cusi, M. N. (2016). *Desarrollo de galletas dulces funcionales con harina de trigo, harina de plátano, semillas de ajonjolí y pulpa de guanábana* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/21b4c026-e240-40ba-ba84-ce165f52bb9a/content>
- Seminario, H. A. D., Valdiviezo, L. H. C., Valiente, S. G., Calle, C. A. N., & Feria, J. G. S. (s.f.). *Diseño de planta para la producción de galletas a base de harina de banano orgánico de descarte en la ciudad de Piura* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/e529dc9d-7608-4cd0-887a-dc945273987a/content>
- Silva Jiménez, D., & Rojas Navarro, J. F. (2024). Revisión de usos y beneficios de la harina de plátano en alimentos: Base para el fortalecimiento de la cadena productiva del Putumayo. *Revista ION*, 37(1), 35–48.  
<https://doi.org/10.18273/revion.v37n1-2024003>
- Vu, N. D., Thi Nhu Hang, N. T., Quynh Mi, K. D., Thuan Anh, N. H., & Pham, B. A. (2025). Explorando la composición nutricional, las propiedades fisicoquímicas y las características biológicas de las variedades maduras de plátano (Musaceae). *Química alimentaria: X*, 21, 102594.  
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102594>




## Anexo 2. Resultados fisicoquímicos de galletas con 75% harina de plátano + 25% harina de trigo

Laboratorio de calidad Agroindustrial kilómetro 1 vía a Bucaramanga Aguachica - Cesar		SENA Centro Agroempresarial Regional Cesar				
<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		25-FQ-JN-013	EMISIÓN			
2025-06-12						
DATOS DEL CLIENTE						
<b>Persona Natural / Jurídica:</b> Universidad Popular del Cesar						
<b>Contacto:</b> Jorley Barrios Urrutia / Linda Gutiérrez Alvarado		<b>E-mail:</b> <a href="mailto:vicerectoriaguachica@unicesar.edu.co">vicerectoriaguachica@unicesar.edu.co</a>				
<b>Dirección / Domicilio:</b> Carrera 40 #1 Norte-2 a 1 Norte-58. Aguachica, Cesar						
<b>NIT / CC:</b> 892300285		<b>Teléfono(s):</b> 605 5654900				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA						
<b>Proyecto:</b> Convenio interadministrativo 001 de 2023 SENA-UPC		<b>Código:</b> 17-FQ-25-04-003				
<b>Muestreo:</b> 2025-04-21 14:56		<b>Recepción:</b> 2025-04-22 08:05				
<b>Responsable:</b> Jorley Barrios Urrutia / Linda Gutiérrez Alvarado						
<b>Matriz:</b> Galleta [75% Harina de plátano / 25% Harina de Trigo]		<b>SubMatriz:</b> 17. Cereales y Productos a base de cereales				
<b>Punto de Muestreo:</b> Laboratorio de alimentos. Universidad Popular del Cesar.						
<b>Municipio / Vereda:</b> Aguachica / N.A.		<b>Departamento:</b> Cesar				
<b>Georreferenciación:</b>		<b>Lote:</b> N.R				
N.R		<b>Vencimiento:</b> N.R				
N.R		<b>Fabricante:</b> Jorley Barrios Urrutia / Linda Gutiérrez Alvarado				
RESULTADOS LABORATORIO						
ANÁLISIS FISISQUÍMICO						
Ensayo	Método	Límite de Reporte	Resultado	Unidades	Incertidumbre	Análisis
Carbohidratos	Cálculo	—	74,03	g/100 g	—	2025-05-27
Cenizas	ISO 2173:2003	—	2,62	g/100 g	—	2025-05-09
Energía	Cálculo	—	409,55	Kcal/g	—	2025-05-27
Fibra Bruta	AOAC 962.09 22 <sup>nd</sup> Ed	—	8,32	g/100 g	—	2025-04-09
Grasas	AOAC 2003.06 22 <sup>nd</sup> Ed	—	10,71	g/100 g	—	2025-05-19
Humedad	ISO 712-1:2024	—	8,38	g/100 g	—	2025-05-07
Proteína Bruta	ISO 937:2023	—	4,26	g/100 g	—	2025-04-29
<b>Observaciones:</b> Evaluación de la Harina de plátano verde ( <i>Musa paradisiaca</i> ) como materia prima en la elaboración de producto planificación tipo galletas.						
<b>NOTA:</b> <sup>(1)</sup> Los resultados aquí consignados deben entenderse expresa y taxativamente con carácter ilustrativo y/o referencial. No deben utilizarse para soportar exigencias gubernamentales o normativas.						
<b>DESCARGO DE RESPONSABILIDADES:</b> <sup>(2)</sup> Estos resultados son válidos para la muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Calidad Agroindustrial. <sup>(3)</sup> Los resultados se pueden ver afectados por desviaciones o incumplimientos en las especificaciones analíticas; las muestras recibidas para análisis fuera del tiempo regulatorio establecido por el método de referencia para las técnicas en que apliquen, son previamente autorizadas por el cliente. <sup>(4)</sup> El laboratorio de Calidad Agroindustrial no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociado a la toma de muestra y a otros datos descriptivos de la misma ni de las condiciones al momento de la toma. Los resultados emitidos corresponden a las muestras como se recibieron en el laboratorio.						
<b>INCERTIDUMBRE:</b> Los resultados de los análisis presentan una incertidumbre que ha sido estimada a través de la verificación del método. La incertidumbre declarada corresponde específicamente al resultado del parámetro evaluado y está expresada en las mismas unidades del resultado; y ha sido reportada con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.						
<b>REGLA DE DECISIÓN:</b> Para configurar la conformidad de un resultado en lo referente a un requisito normativo, se tomó como base la Guía ILAC-G8.09/2019 Guía para establecer reglas de decisión, teniendo como punto el numeral 4.1 Declaración Binaria de aceptación simple, donde la probabilidad de estar por fuera del límite de tolerancia es del 50% cuando la medición se encuentra exactamente en el límite de la especificación.						
Documento aprobado por:						
 <hr/> <b>OSCAR JAVIER MORALES LÓPEZ</b> Responsable de la Gestión Técnica y Administrativa						
***** FIN DE INFORME *****						
LCA-FOR-045 Página 1 de 1						

### Anexo 3. Resultados fisicoquímicos de galletas con 50% harina de plátano + 50% harina de trigo

						
<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		25-FQ-JN-014	EMISIÓN	2025-06-12		
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>						
<b>Persona Natural / Jurídica:</b> Universidad Popular del Cesar						
<b>Contacto:</b> Jorley Barrios Urrutia / Linda Gutiérrez Alvarado			<b>E-mail:</b> <a href="mailto:vicerectoriaguachica@unicesar.edu.co">vicerectoriaguachica@unicesar.edu.co</a>			
<b>Dirección / Domicilio:</b> Carrera 40 #1 Norte-2 a 1 Norte-58. Aguachica, Cesar						
<b>NIT / CC:</b> 892300285			<b>Teléfono(s):</b> 605 5654900			
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>						
<b>Proyecto:</b> Convenio interadministrativo 001 de 2023 SENA-UPC			<b>Código:</b> 17-FQ-25-04-004			
<b>Muestreo:</b> 2025-04-21 14:56			<b>Recepción:</b> 2025-04-22 08:05			
<b>Responsable:</b> Jorley Barrios Urrutia / Linda Gutiérrez Alvarado						
<b>Matriz:</b> Galleta [50% Harina de plátano / 50% Harina de Trigo]			<b>SubMatriz:</b> 17. Cereales y Productos a base de cereales			
<b>Punto de Muestreo:</b> Laboratorio de alimentos. Universidad Popular del Cesar.						
<b>Municipio / Vereda:</b> Aguachica / N.A.			<b>Departamento:</b> Cesar			
<b>Georeferenciación:</b>		<b>Lote:</b> N.R				
N.R		<b>Vencimiento:</b> N.R				
N.R		<b>Fabricante:</b> Jorley Barrios Urrutia / Linda Gutiérrez Alvarado				
<b>RESULTADOS LABORATORIO</b>						
<b>ANÁLISIS FISCOQUÍMICO</b>						
Ensayo	Método	Límite de Reporte	Resultado	Unidades	Incertidumbre	Análisis
Carbohidratos	Cálculo	—	75,34	g/100 g	—	2025-05-27
Cenizas	ISO 2173:2003	—	2,38	g/100 g	—	2025-05-09
Energía	Cálculo	—	413,30	Kcal/g	—	2025-05-27
Fibra Bruta	AOAC 962.09 22 <sup>nd</sup> Ed	—	12,58	g/100 g	—	2025-04-09
Grasas	AOAC 2003.06 22 <sup>nd</sup> Ed	—	10,82	g/100 g	—	2025-05-19
Humedad	ISO 712-1:2024	—	7,82	g/100 g	—	2025-05-07
Proteína Bruta	ISO 937:2023	—	3,64	g/100 g	—	2025-04-29
<b>Observaciones:</b> Evaluación de la Harina de plátano verde ( <i>Musa paradisiaca</i> ) como materia prima en la elaboración de producto planificación tipo galletas.						
<b>NOTA:</b> <sup>(1)</sup> Los resultados aquí consignados deben entenderse expresa y taxativamente con carácter ilustrativo y/o referencial. No deben utilizarse para soportar exigencias gubernamentales o normativas.						
<b>DESCARGO DE RESPONSABILIDADES:</b> <sup>(2)</sup> Estos resultados son válidos para la muestra recibida y analizada en el Laboratorio de Calidad Agroindustrial. <sup>(3)</sup> Los resultados se pueden ver afectados por desviaciones o incumplimientos en las especificaciones analíticas; las muestras recibidas para análisis fuera del tiempo regulatorio establecido por el método de referencia para las técnicas en que apliquen, son previamente autorizadas por el cliente. <sup>(4)</sup> El Laboratorio de Calidad Agroindustrial no se hace responsable por la información suministrada por el cliente asociado a la toma de muestra y a otros datos descriptivos de la misma ni de las condiciones al momento de la toma. Los resultados emitidos corresponden a las muestras como se recibieron en el laboratorio.						
<b>INCERTIDUMBRE:</b> Los resultados de los análisis presentan una incertidumbre que ha sido estimada a través de la verificación del método. La incertidumbre declarada corresponde específicamente al resultado del parámetro evaluado y está expresada en las mismas unidades del resultado; y ha sido reportada con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.						
<b>REGLA DE DECISIÓN:</b> Para configurar la conformidad de un resultado en lo referente a un requisito normativo, se tomó como base la Guía ILAC-G8.09/2019 Guía para establecer reglas de decisión, teniendo como punto el numeral 4.1 Declaración Binaria de aceptación simple, donde la probabilidad de estar por fuera del límite de tolerancia es del 50% cuando la medición se encuentra exactamente en el límite de la especificación.						
Documento aprobado por:						
						
<b>OSCAR JAVIER MORALES LÓPEZ</b> <b>Responsable de la Gestión Técnica y Administrativa</b>						
***** FIN DE INFORME *****						
LCA-FOR-045 Página 1 de 1						

## Anexo 4. Análisis fisicoquímicos de galletas comerciales

  
Laboratorio de Aguas, Alimentos y Bebidas  
Nit. 900.712.236-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Muestra No.	104549
Empresa	LINDA MARCELA GUTIERREZ
Producto	Galleta Comerciales (Distintas panaderías)
Objeto del análisis	Control de calidad fisicoquímica
Fecha de muestreo	Julio 15 del 2024
Lugar de recolección	Traída al laboratorio
Responsable del muestreo	El solicitante
Fecha de Recepción	Julio 18 del 2024 Hora: 10:00
Fecha de análisis	Julio 18 del 2024


**RESULTADOS**

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	TECNICA
Humedad	11,97	%	NTC 529
Proteína	5,67	%	NTC 4657
Cenizas	1,75	%	NTC 282
Grasa	10,58	%	NTC 668
Fibra	1,39	%	NTC 668
Carbohidratos	67,63	%	CÁLCULO
Valor calórico	397,42	Kcal/100g	CÁLCULO

*"Válido únicamente para la muestra analizada"*

**OBSERVACIONES**

Análisis contratación externa



**FABIO ANAYA PAYARES**  
Director  
Reg 0303

Calle 33 No. 20-29 / Piso 2 - Tel: 642 4296 - 6700506 Cel: 317 440 1537 - 318 775 8722 - 318 695 3250 / labalime@hotmail.com  
Bucaramanga - Santander - Col