

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS



Desarrollo de una harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) para su incorporación en un producto destinado al desayuno

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Isabel Guzmán Rodríguez  
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

GUATEMALA,  
2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS




Desarrollo de una harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) para su incorporación en un producto destinado al desayuno

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por  
Isabel Guzmán Rodríguez  
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos


GUATEMALA,  
2024


Vo. Bo. :

(f)   
\_\_\_\_\_  
Msc. Ana Alicia Paz Pierri

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Msc. Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)   
\_\_\_\_\_  
Msc. Ing. Ana Alicia Paz Pierri

(f)   
\_\_\_\_\_  
Msc. Lic. Ana María Paz Pierri

Fecha de aprobación: 02 de diciembre del 2024

## ÍNDICE

<b>LISTADO DE CUADROS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Exportación de plátano</b> .....	<b>3</b>
1.1. Rechazo de plátano para exportación.....	3
<b>2. Patrones de consumo</b> .....	<b>4</b>
2.1. Patrones de consumo en Guatemala.....	5
<b>3. Economía circular</b> .....	<b>6</b>
3.1. Innovaciones en la industria de alimentos.....	8
<b>4. Contenido nutricional del plátano</b> .....	<b>9</b>
<b>5. Aplicaciones de pulpa y cáscara de plátano verde en alimentos</b> .....	<b>10</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>1. General</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>V. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>1. Plátano</b> .....	<b>14</b>
1.1. Descripción .....	14
1.2. Bioquímica de la maduración del plátano .....	15
1.3. Composición nutricional.....	15
<b>2. Producción de plátano</b> .....	<b>18</b>
2.1. Producción de plátano en Guatemala.....	18
<b>3. Rechazo de plátano para exportación</b> .....	<b>20</b>
<b>4. Desarrollo industrial con plátano verde</b> .....	<b>20</b>
4.1. Ventajas del desarrollo de productos con harina de plátano verde.....	21
<b>5. Premezclas</b> .....	<b>21</b>
5.1. Utilización en productos de panificación.....	22
5.2. Utilización en panqueques para desayuno .....	22
<b>6. Tendencias de productos sin gluten</b> .....	<b>23</b>
<b>7. Productos de desayuno</b> .....	<b>24</b>
7.1. Tendencias de consumo .....	25
<b>8. Métodos de deshidratación</b> .....	<b>25</b>
8.1. Secador de tambor .....	27

<b><i>VI. METODOLOGÍA</i></b> .....	<b>29</b>
<b>1. Recepción de materia prima</b> .....	<b>29</b>
<b>2. Caracterización del plátano</b> .....	<b>29</b>
2.1. Evaluación visual .....	29
2.2. Calibre.....	30
2.3. Grados Brix.....	30
2.4. Acidez titulable .....	30
2.5. pH .....	31
2.6. Contenido total de almidones.....	31
<b>3. Obtención de harina de cáscara de plátano verde por medio de un secador de tambor</b> ..34	
<b>4. Obtención de harina de la pulpa de plátano verde por medio de un deshidratador de tambor</b> .....	<b>38</b>
<b>5. Evaluación de las harinas de cáscara y pulpa de plátano verde</b> .....	<b>41</b>
5.1. Evaluación del rendimiento.....	41
5.2. Evaluación de calidad de la harina de cáscara y la harina de pulpa de plátano.....	42
5.3. Facilidad de implementación del proceso .....	47
<b>6. Obtención de la harina final de plátano verde</b> .....	<b>48</b>
<b>7. Desarrollo de la premezcla para panqueques</b> .....	<b>49</b>
<b>8. Pruebas de producto</b> .....	<b>52</b>
8.1. Pruebas de consumidor .....	52
8.2. Análisis microbiológico.....	55
8.3. Pruebas fisicoquímicas.....	55
<b>9. Análisis proximal de producto final</b> .....	<b>56</b>
9.1. Características químicas.....	56
<b><i>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i></b> .....	<b>57</b>
<b><i>VIII. CONCLUSIONES</i></b> .....	<b>76</b>
<b><i>IX. RECOMENDACIONES</i></b> .....	<b>77</b>
<b><i>X. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</i></b> .....	<b>79</b>
<b><i>XI. ANEXOS</i></b> .....	<b>89</b>
<b>Anexo 1. Ecuaciones</b> .....	<b>89</b>
<b>Anexo 2. Datos originales</b> .....	<b>93</b>
<b>Anexo 3. Cálculos</b> .....	<b>101</b>
<b>Anexo 4. Etapas del desarrollo de la premezcla para panqueques de harina de plátano verde</b> .....	<b>106</b>
<b>Anexo 5. Encuesta del panel sensorial para la determinación de la aceptación de la premezcla para panqueques extraída del formulario digital utilizado</b> .....	<b>115</b>
<b>Anexo 6. Guion para el grupo focal con consumidores</b> .....	<b>119</b>
<b>Anexo 7. Póster empleado para la promoción del panel sensorial</b> .....	<b>121</b>
<b>Anexo 8. Gráfica de espacio de color</b> .....	<b>122</b>

## LISTADO DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición nutricional de la fruta de plátano .....	16
<b>Cuadro 2.</b> Características nutricionales esperadas de la harina de cáscara de plátano verde .....	37
<b>Cuadro 3.</b> Características nutricionales esperadas de la harina de la fruta de plátano verde.....	41
<b>Cuadro 4.</b> Matriz de evaluación del proceso .....	47
<b>Cuadro 5.</b> Formulación del producto de desayuno a base de harina de plátano a diferentes proporciones.....	50
<b>Cuadro 6.</b> Evaluación de color del plátano .....	57
<b>Cuadro 7.</b> Evaluación de defectos de los plátanos .....	58
<b>Cuadro 8.</b> Mediciones de los plátanos.....	59
<b>Cuadro 9.</b> Características fisicoquímicas de los plátanos.....	59
<b>Cuadro 10.</b> Acidez titulable de los plátanos.....	60
<b>Cuadro 11.</b> Contenido total de almidones de los plátanos.....	60
<b>Cuadro 12.</b> Contenido de propiedades nutricionales de las harinas desarrolladas .....	61
<b>Cuadro 13.</b> Rendimiento del proceso de desarrollo de harinas .....	61
<b>Cuadro 14.</b> Humedad de las harinas desarrolladas.....	62
<b>Cuadro 15.</b> Color de las harinas desarrolladas .....	65
<b>Cuadro 16.</b> Capacidad de absorción de agua de las harinas desarrolladas .....	66
<b>Cuadro 17.</b> Capacidad gelificante de las harinas desarrolladas.....	66
<b>Cuadro 18.</b> Capacidad de retención de solventes de las harinas desarrolladas.....	68
<b>Cuadro 19.</b> Matriz de evaluación del proceso de desarrollo de las harinas .....	69
<b>Cuadro 20.</b> Resumen de respuestas del grupo focal de la premezcla para panqueques.....	71
<b>Cuadro 21.</b> Recuento de análisis para la muestra de premezcla para panqueques .....	72
<b>Cuadro 22.</b> Características fisicoquímicas de la premezcla para panqueques.....	73
<b>Cuadro 23.</b> Análisis proximal de la premezcla para panqueques.....	73
<b>Cuadro 24.</b> Comparación de macronutrientes entre premezcla elaborada y premezcla de harina de trigo .....	74
<b>Cuadro 25.</b> Mediciones originales de los plátanos .....	93
<b>Cuadro 26.</b> Resultados de titulación de la acidez de plátanos .....	94
<b>Cuadro 27.</b> Absorbancias medidas para la determinación de almidones.....	94
<b>Cuadro 28.</b> Datos para el análisis de proteína de la harina de pulpa y harina de cáscara.....	94
<b>Cuadro 29.</b> Datos para el análisis de fibra de la harina de pulpa y harina de cáscara .....	94
<b>Cuadro 30.</b> Pesos de las harinas para la determinación del rendimiento .....	95
<b>Cuadro 31.</b> Parámetros de color medidos para las harinas.....	95
<b>Cuadro 32.</b> Datos para la determinación de la capacidad de absorción de agua .....	95
<b>Cuadro 33.</b> Datos para la determinación de la capacidad de retención de solventes.....	95
<b>Cuadro 34.</b> Datos para el análisis de proteína de la premezcla para panqueques.....	96
<b>Cuadro 35.</b> Datos para el análisis de fibra de la premezcla para panqueques .....	96
<b>Cuadro 36.</b> Datos para el análisis de grasa de la premezcla para panqueques .....	96
<b>Cuadro 37.</b> Datos para el análisis de cenizas de la premezcla para panqueques .....	96
<b>Cuadro 38.</b> Datos para el análisis de humedad de la premezcla para panqueques .....	97
<b>Cuadro 39.</b> Pesos medidos para el análisis granulométrico de las harinas de pulpa y cáscara.....	97
<b>Cuadro 40.</b> Datos medidos para el análisis de distribución de tamaño .....	97
<b>Cuadro 41.</b> Datos promedio para el análisis de aceptación sensorial de la premezcla de panqueques	98

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura porcentual de las exportaciones de Guatemala en 2020.....	4
<b>Figura 2.</b> Patrón de consumo de alimentos más frecuentes en la población guatemalteca .....	6
<b>Figura 3.</b> Distribución de producción de plátano a nivel nacional .....	18
<b>Figura 4.</b> Distribución de la superficie de cosecha de plátanos a nivel nacional .....	19
<b>Figura 5.</b> Factores críticos que impactan en el rechazo de plátano.....	20
<b>Figura 6.</b> Harinas empleadas en la producción de productos sin gluten.....	23
<b>Figura 7.</b> Secador de tambor .....	28
<b>Figura 8.</b> Cartilla de color de maduración del plátano.....	29
<b>Figura 9.</b> Diagrama de flujo del proceso para la determinación del contenido total de almidones en el plátano .....	32
<b>Figura 10.</b> Diagrama de flujo para la producción de harina de cáscara de plátano verde por medio de un secador de tambor.....	35
<b>Figura 11.</b> Diagrama de flujo para la producción de harina de cáscara de plátano verde por medio de un secador de tambor.....	39
<b>Figura 12.</b> Diagrama de flujo de capacidad de absorción de agua.....	44
<b>Figura 13.</b> Diagrama de flujo de la prueba de retención de solventes en harina .....	46
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo para el desarrollo de un producto de desayuno a base de harina de plátano .....	50
<b>Figura 15.</b> Diagrama de flujo para el análisis sensorial del producto final.....	53
<b>Figura 16.</b> Gráfica de análisis granulométrico para harina de pulpa .....	63
<b>Figura 17.</b> Gráfica de distribución de tamaño de partícula para harina de pulpa.....	63
<b>Figura 18.</b> Gráfica de análisis granulométrico para harina de cáscara .....	64
<b>Figura 19.</b> Gráfica de distribución de tamaño de partícula para harina de cáscara.....	65
<b>Figura 20.</b> Preferencia de la premezcla de panqueques.....	69
<b>Figura 21.</b> Aceptación de la premezcla de panqueques.....	70
<b>Figura 22.</b> Premezcla de harina de plátano verde desarrollada.....	74
<b>Figura 23.</b> Panqueques realizados a partir de la premezcla de harina de plátano verde desarrollada ..	75

## RESUMEN

El presente documento muestra el proceso para la obtención de una harina de plátano verde (*Musa Paradisiaca*) que es rechazado para la exportación por defectos de calidad. El plátano proviene de la Finca Brasilia, ubicada en el municipio de Morales, Izabal. La harina de plátano se utiliza para elaborar una premezcla para panqueques de desayuno. Para ello, se determinó la calidad de la fruta, la harina de plátano obtenida y el producto final, junto con la implementación del proceso y su facilidad de uso, mediante pruebas fisicoquímicas de la materia prima, pruebas de calidad de la harina de pulpa y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) desarrollada y mediante pruebas fisicoquímicas, de consumidor y de producto a la premezcla para panqueques de desayuno utilizando la harina de plátano. Dentro de los principales resultados obtenidos se encuentra una premezcla para panqueques de desayuno con 2.99% de grasa, 8.27% de proteína, 13.60% de fibra y 62.85% de carbohidratos, mostrándose similar a premezclas tradicionales pero aumentando significativamente el contenido de fibra y disminuyendo el contenido de carbohidratos. También, se obtuvieron resultados óptimos para las características funcionales de las harinas, mostrando una alta capacidad de absorción de agua, retención de solventes y baja humedad, así como en las características tecnológicas y de calidad. Se concluyó que el proceso de producción y secado empleado permitió la obtención de harinas ideales para su uso en productos de desayuno, contando con una buena aceptación por parte de los consumidores y en temas normativos tras cumplir con resultados microbiológicos ideales.

## ABSTRACT

This document shows the process for obtaining green banana (*Musa Paradisiaca*) flour that is rejected for export due to quality defects. The banana comes from the Brasilia Farm, located in the municipality of Morales, Izabal. The banana flour is used to make a premix for breakfast pancakes. To do this, the quality of the fruit, the banana flour obtained, and the final product were determined, along with the implementation of the process and its ease of use, through physicochemical tests of the raw material, quality tests of the pulp flour and green banana peel developed and through physicochemical, consumer and product testing to breakfast pancake premix using banana flour. Among the main results obtained is a premix for breakfast pancakes with 2.99% fat, 8.27% protein, 13.60% fiber and 62.85% carbohydrates, appearing similar to traditional premixes but significantly increasing the fiber content and decreasing the carbohydrate content. Also, optimal results were obtained for the functional characteristics of the flours, showing a high-water absorption capacity, solvent retention and low humidity, as well as technological and quality characteristics. It was concluded that the production and drying process used allowed obtaining ideal flours for use in breakfast products, with good acceptance by consumers and regulatory issues after meeting ideal microbiological results.

## I. INTRODUCCIÓN

El plátano, conocido como *Musa paradisiaca*, es una planta tropical con un porcentaje alto en el catálogo de exportación de productos agrícolas de Guatemala. A pesar de ser un producto con alta producción en el país, sufre un alto porcentaje de rechazo, ya que para la exportación se requiere producto libre de daños y con especificaciones de calidad física sumamente exigentes. Esto provoca pérdidas económicas para los productores, además de impactar el medio ambiente por productos que no pueden venderse en mercado local. Considerando la necesidad de utilizar el plátano de rechazo en productos de mayor valor y, además, sumado a las características nutricionales del plátano, este proyecto busca desarrollar una harina de plátano verde que pueda utilizarse como ingrediente principal en un producto de desayuno que tenga una alta probabilidad de éxito en el mercado.

Con el fin de lograr el desarrollo de la harina de plátano verde, se realizó una caracterización de la fruta buscando evaluar su color, daños, calibre, pH, acidez titulable, contenido total de almidones, acidez titulable y grados Brix para poder así determinar las mejores condiciones de la materia prima para la obtención de una harina de alta calidad. El desarrollo de la harina se realizó por separado, de manera que se pudo obtener una harina únicamente de la cáscara del plátano y una harina únicamente de la fruta para que mediante un análisis de proteína, fibra y almidón se pudiera desarrollar una mezcla proporcional entre ambas. Las harinas se realizaron con base en el método de deshidratación por tambor el cual tiene como fundamento el secado, potenciando la eliminación del contenido de agua del producto. La evaluación de la calidad de la harina final es indispensable para el desarrollo del producto de desayuno, por lo que se realizó una evaluación de humedad, tamaño de partícula, color, capacidad gelificante, capacidad de absorción de agua, prueba de solventes y una matriz de evaluación para la determinación de la facilidad de implementación del proceso.

La premezcla para panqueques de desayuno desarrollado se realizó a diferentes proporciones de la harina de plátano siendo estas 15% y 28%, tomando un control como comparación. Los productos fueron sometidos a un panel sensorial con potenciales consumidores para determinar la formulación que presente una mayor preferencia. Al producto preferido se le realizaron pruebas fisicoquímicas, microbiológicas, y pruebas de consumidores para validar que cumple con los requisitos del cliente y legales. Finalmente, al producto elegido

se le realizó un análisis proximal para la evaluación de sus características químicas y nutricionales.

Este trabajo se compone por diferentes secciones como base para la evaluación experimental que se requiere realizar. Cuenta con antecedentes y justificación en donde se exponen las investigaciones actuales del tema junto con la importancia de la investigación. También, cuenta con un marco teórico exponiendo las bases de la metodología, la cual se divide en nueve grandes pasos que abarcan desde la recepción y caracterización de la materia prima hasta las pruebas de producto y análisis proximal de la premezcla para panqueques de desayuno final. Por otro lado, cuenta con los resultados obtenidos, la discusión de los mismos, conclusiones del trabajo realizado y resultados observados y recomendaciones para futuras réplicas. Todas estas secciones se engloban para poder atacar los objetivos de la investigación, los cuales se exponen más adelante.

## II. ANTECEDENTES

### 1. Exportación de plátano

Guatemala es uno de los países con mayor exportación de plátano, principalmente a destinos como Estados Unidos, Polonia, Rusia y El Salvador. Según un estudio del Observatorio de Complejidad Económica, en 2021 Guatemala fue el 5o país para exportación de banano, reportando una venta de \$1,01 M (OEC, 2023). El cultivo de plátano favorece tanto a pequeños como medianos y grandes productores. Sin embargo, éste se ha visto afectado por el rechazo de diferentes países destino al no contar con los diferentes pre-requisitos del producto.

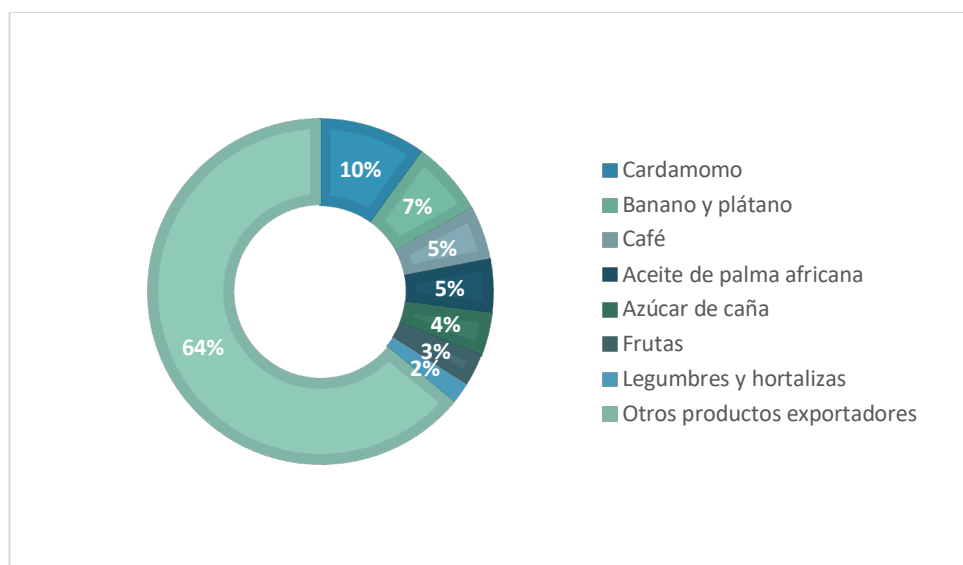
#### 1.1. Rechazo de plátano para exportación

Entre las principales razones de rechazo del producto se encuentran el contar con niveles altos de plaguicidas, sobrepasando los límites establecidos por las normativas de los diferentes países; también por descomposición, suciedad de la fruta, el número y grosor de dedos de plátano y por requisitos fitosanitarios que poseen los países destino (Castillo-Arévalo et al., 2022; Boza et al., 2018).

Los daños causados a las frutas durante su tiempo de precosecha se deben mucho a factores bióticos que incluyen hongos como por ejemplo *Colletotrichum sp* y *Deightoniella sp.*, y factores abióticos que abarcan daño por sol, condiciones climáticas, fricción, entre otros (Salazar, 2004).

Un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala en 2020 detalla que, por diferentes factores, principalmente abióticos, las cosechas de plátano sufrieron un rechazo de 1,963 hectáreas por daño del producto, representando un total de Q.36,368,902.20 y afectando a 1,846 familias guatemaltecas (MAGA, 2020). Este dato es de gran impacto dado que ese mismo año, la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Guatemala reportó que el plátano se encuentra dentro del 7% de la exportación total de Guatemala, de manera que se puede evidenciar la pérdida significativa que tienen los productores de este producto ante el alto rechazo para exportaciones (MAPA, 2020).

**Figura 1.** Estructura porcentual de las exportaciones de Guatemala en 2020



**Fuente:** elaboración propia a partir de la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Guatemala (2020).

Dentro de los productores que se ven afectados por el rechazo de plátano para exportación se encuentra la Finca Brasilia ubicada en la Aldea Peñitas, Morales, Izabal. De acuerdo al Ministerio de Economía de Guatemala, durante 2019 y 2020, los productores de banano y plátano en Izabal entregaban 20 contenedores de fruta por día. El alto impacto de la pandemia logró la reducción hasta un 10% de su capacidad y, a pesar de haber logrado levantar la producción a partir del año 2021, los productores aún se siguen viendo afectados por los procesos de rechazo de su fruta (MINECO, 2021). Actualmente en la Finca Brasilia, se producen 47,500 libras de plátano por hectárea. Al contar con 360 hectáreas totales, la finca tiene una producción total de 17,100,000 libras de plátano. Sin embargo, el proceso de rechazo llega a generar hasta un 20% de pérdida de la producción, representando así 3,420,000 libras de plátano rechazadas para exportación, siendo las principales causas del rechazo del producto los daños físicos, el tamaño, grosor, número de dedos, plaguicidas, manchas por solo o maduración e insectos y plagas.

## 2. Patrones de consumo

Los productos alimentos han experimentado distintas transformaciones con el transcurso de los años para atacar las necesidades de los consumidores. Se ha determinado que

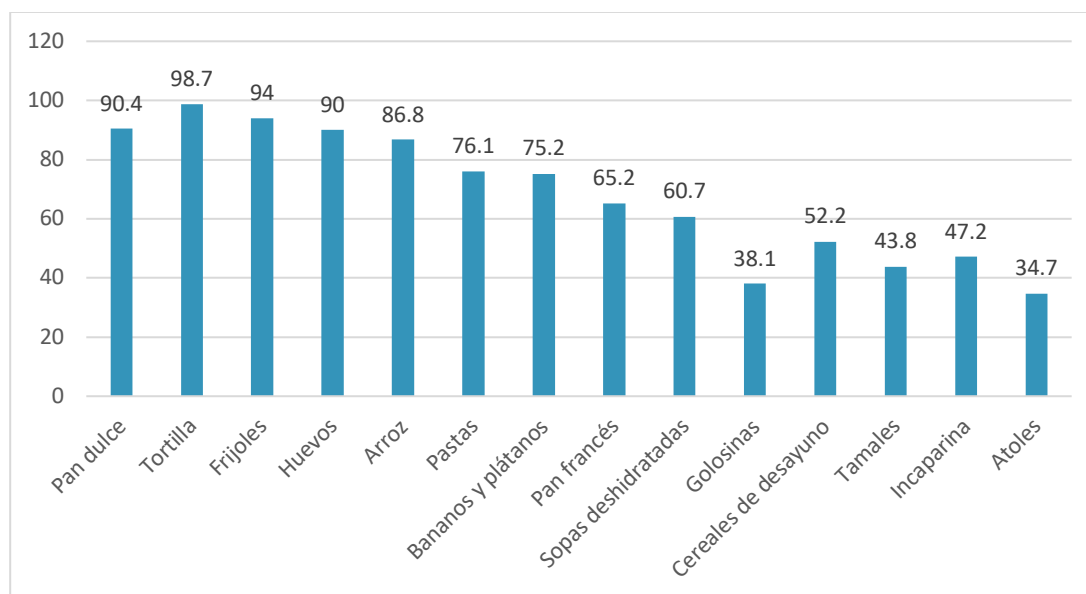
los patrones de consumo de las personas se han dirigido a la ingesta de alimentos con menor contenido de grasas y azúcares, que presenten un contenido nutricional más alto, sean una opción más sana y que al mismo tiempo mantengan un sabor y apariencia adecuado y apetecible a los consumidores (Melchor, et al., 2016). Por otro lado, dentro de estos patrones se ha encontrado la tendencia a consumir alimentos más prácticos dado que en el día a día las personas tienden a aumentar sus tareas habituales, lo que provoca que busquen opciones de alimentos que se adapten a su ritmo diario. Es por ello que, los productos refrigerados, preparados, listos para consumir o que requieran de menos pasos en su preparación, han llegado a tomar un comportamiento relevante en las ventas dentro de la industria (Domínguez, 2020).

En cuanto a productos de desayuno, se ha recomendado que los patrones de consumo cuenten con el grupo de cereales, lácteos y frutas para conseguir una mayor variedad y lograr la incorporación de diferentes nutrientes en la primera comida del día. Un estudio realizado por Melchor, M., et al. En 2016, concluyó que los productos dietéticos que tiene una mayor frecuencia de consumo son los cereales de desayuno, incluyendo las avenas, buscando siempre consumir opciones que cuenten con contenido nutricional más alto que las opciones de alimentos comunes.

## 2.1. Patrones de consumo en Guatemala

Los patrones de consumo de los guatemaltecos se rigen por la frecuencia de consumo de los alimentos, así como también por la diversidad dietética en los hogares y los nutrientes que cada alimento aporta. Un estudio realizado en 2022 por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), analiza los patrones de consumo de los guatemaltecos adultos en base a los resultados de estudios previos en años anteriores. Dependiendo del área demográfica de la población, un segmento tiende a comer en su desayuno tortillas, huevos y frijol con diferentes complementos y otro segmento se enfoca en cereales de desayuno, los cuales abarcan todo tipo de avenas. El estudio incorporó 50 alimentos diferentes para evaluar el patrón de consumo y se determinó que la población nacional posee un consumo de cereales de desayuno entre 52.2% a 53.4%, equivalente entre 13 a 14 gramos por día (INCAP, 2022).

**Figura 2.** Patrón de consumo de alimentos más frecuentes en la población guatemalteca



**Fuente:** elaboración propia con datos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (2022).

En Guatemala, los patrones de consumo de desayuno no son tan evidentes puesto que existe un bajo poder adquisitivo de las familias guatemaltecas a diferentes productos alimenticios. Generalmente, los productos de desayunos con mayor frecuencia de ingesta son huevos y frijoles, además de cereales acompañados de leche, cereales de tipo hojuelas con maíz o avena estilo mosh e Incaparina. En las ciudades urbanas, se ha visto un aumento en la búsqueda de productos con mejores características nutricionales que puedan impactar positivamente la dieta de los consumidores. Por otro lado, el desayuno de los guatemaltecos mayores de 20 años se ha clasificado en un 51% en desayuno de hogar y un 37% en desayuno en el lugar de trabajo, evidenciando también la importancia de la incorporación de productos fáciles de consumir y con un alto contenido nutricional (López, 2018).

### 3. Economía circular

La economía circular es un proceso el cual busca extender el ciclo de vida de los productos a través del alquiler, reutilización, reparación, innovación y reciclaje de materiales o productos ya existentes. De esta manera se obtiene una reducción de residuos además de la creación de un valor adicional a los productos previamente utilizados, logrando atacar así el objetivo de desarrollo sostenible número 12: producción y consumos responsables (Parlamento

Europeo, 2023). Este objetivo busca garantizar las modalidades de consumo y de producción sostenibles para sostener así los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras, reduciendo los residuos y evitando la degradación medioambiental (UN, 2022). La industria agroalimentaria tiende a generar diversos subproductos los cuales no se aprovechan adecuadamente, logrando generar un desperdicio significativamente alto. Debido a ello, la industria alimentaria ha tomado la posición de reducir las pérdidas y el desperdicio mediante capacitaciones de buenas prácticas de producción, manejo y manufactura, además de la búsqueda del aprovechamiento de los subproductos, transformándolos en nuevos alimentos para el consumo humano, manteniendo así el modelo de economía circular (Preciado-Saldaña, 2022). En el sector agroalimentario, los Objetivos de Desarrollo Sostenible buscan alcanzar la seguridad alimentaria para todas las personas, mejorando su nutrición y poniendo fin al hambre, reflejándolo en la salud de las mismas mediante dietas equilibradas y variadas, además de garantizar la inocuidad de los alimentos y la producción, manipulación y consumo de alimentos con buenas prácticas de higiene. Por otro lado, dentro del sector alimentario, se busca promover prácticas agrícolas resistentes al clima, reducir emisiones de gas de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética en la producción de alimentos para mitigar así los efectos del cambio climático (Bioser, 2023).

Actualmente, la cadena de suministro alimentario cuenta con varias etapas en donde se evidencia el alto desperdicio de alimentos, siendo las principales la etapa de agricultura y post cosecha. En la etapa de agricultura, el desperdicio de alimentos se da por fenómenos climáticos los cuales pueden ser tormentas, lluvias intensas, sequías y granizo, así como también se da por problemas de manejo productivo los cuales pueden ser incidencia de plagas, enfermedades, daños mecánicos durante la cosecha y algunos derrames. Por otro lado, en la etapa de post cosecha genera un alto desperdicio de alimentos por causa de deterioros durante la manipulación de los mismos, almacenamientos no adecuados y por estándares propios de las empresas agricultoras, las cuales clasifican como desperdicio a todos los alimentos que no cumplan con un determinado tamaño, si cuentan con cortes por cosecha o si cuentan con golpes o ralladuras, aún si estos continúan siendo aptos para su consumo (Bambill & González, 2021). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en 2012, aproximadamente 1300 toneladas de alimentos son desperdiciadas anualmente en las diferentes etapas de la cadena agroalimentaria, lo cual puede variar por diversas situaciones climáticas. Este desperdicio genera un impacto significativo a nivel económico, social y ambiental. Por eso mismo, las distintas industrias han buscado maneras de disminuir el

desperdicio de alimentos y establecer propuestas para transformarlos en productos con valor agregado, utilizando materias primas de descarte que continúan siendo aptas para el consumo en la producción de sus diferentes productos.

Además de los alimentos desperdiciados, varios de los subproductos de algunos alimentos se descartan de igual manera. En esta categoría sobresalen las cáscaras y pulpa de frutas o tallos y troncos de legumbres y verduras. Estos subproductos no representan ser una materia prima para el desarrollo de un alimento, sino más bien una fuente de nutrientes alternativa la cual se añade a las materias primas tradicionales. Entre los alimentos desarrollados a partir de productos de descarte y subproductos en la industria de alimentos para disminuir el desperdicio se encuentra principalmente las harinas, las cuales posteriormente se emplean en la elaboración de galletas, pan, empanizados, pasteles, productos de desayuno y formulaciones de alimentos para bebés (UTPL, 2022).

### 3.1. Innovaciones en la industria de alimentos

Debido a la pérdida de plátano por rechazo a exportación, se han buscado maneras de aprovecharlo mediante modificaciones al producto original. Según Estrada, Sánchez & González (2021), buscando una alternativa que apoye al valor agregado de los plátanos, se ha elaborado harina de plátano verde, mediante un método de deshidratación de bandejas, partiendo de la pulpa del desperdicio para procesar frituras, sustituyendo la harina convencional por la desarrollada. El estudio determinó que sí es posible la sustitución de la harina de trigo por la harina de plátano no solo en frituras, sino también en la industria de panificación, concentrados para alimentos de niños, sopas y alimentos para animales. De manera similar, se ha estudiado la elaboración de harina nutritiva a base de pulpa plátano para la elaboración de atol con adición de leche en polvo, deshidratando los plátanos en bandejas y con secado bajo sombra, dando a conocer la aceptación que tiene la harina de plátano y la versatilidad de uso (Fuentes, et al., 2020).

La cáscara de plátano representa cerca del 30 % de la totalidad del fruto, siendo el principal subproducto. Un último estudio realizado por la Universidad Zamorano en 2023 detalla la elaboración de una harina a base de cáscara de plátano mediante un deshidratador de bandejas para la incorporación de esta a diferentes matrices alimentarias. Así, se pudo

determinar que el producto es altamente aceptado por los consumidores, representa una buena fuente de fibra y vitamina C y se sustituye en productos conocidos como pan y embutidos (Barrios & Gutiérrez, 2023). También, se realizó un proceso similar con el cual se logró determinar que la harina de cáscara de plátano se sustituye fácilmente en la elaboración de galletas y pastas para sopas, llegando a aportar hasta un 88% de fibra al producto final (Navarro, et al., 2021).

#### 4. Contenido nutricional del plátano

El plátano cuenta con un contenido nutricional favorable para el consumidor, siendo esta una fruta destacable en la dieta de las personas. De acuerdo con Fernández, et al. (2021), la fruta suele tener 2.22 gramos de fibra total, 1.40 gramos de proteína y destacar por su contenido de hidratos de carbono, que lo componen 2,5 gramos de almidón. Ya que el plátano para exportación debe estar en estado inmaduro, tiene un alto contenido de almidón, representando el 70-80% del contenido total de carbohidratos. Del 100% de estos almidones, aproximadamente el 50-70% cuentan con propiedades indigeribles, caracterizándose así como almidones resistentes los cuales son aprovechados por el microbiota intestinal de los consumidores, puesto que este son prebióticos y simbióticos ya que poseen la capacidad de reproducir bacterias probióticas e interactuar con fibras prebióticas (Contreras-Pérez, et al., 2018). Además de esto, el plátano cuenta con un contenido importante de vitaminas como la vitamina C en 12.35 miligramos y vitamina B9 (ácido fólico) en 21 miligramos principalmente, además de contar con minerales como el fósforo en 22.67 miligramos, magnesio en 36.73 miligramos y potasio en 419.9 miligramos principalmente (Fernández, et al., 2021). Por otro lado, la cáscara de plátano cuenta con un contenido de proteínas bruto del 4,9 % de la composición total, fibra dietética del 2,4 % y minerales como el potasio, magnesio y calcio. Además, la cáscara de plátano tiene un 50 % de almidones del total de carbohidratos, que también están bajo el margen de almidones resistentes (Cornejo, et al., 2020).

El almidón resistente se caracteriza porque este, a diferencia de los demás almidones que se hidrolizan principalmente por acción de la amilasa pancreática, se transporta por el intestino delgado sin ser afectado por la resistencia a hidrólisis que posee, de manera que llega al intestino grueso y ahí es fermentado por las bacterias propias del mismo para convertirlo en un compuesto con función prebiótica (Olayo-Contreras, et al., 2023). Los almidones resistentes

del plátano verde se han destacado por sus propiedades funcionales y saludables y por su aporte a la salud intestinal de los consumidores, potenciando la producción de butirato o bien, ácido butírico, el cual promueve la absorción de agua y sodio en el colon y posee acción trófica sobre las células del intestino. Al resistir el proceso de digestión, este tipo de almidón es capaz de prevenir y controlar diferentes enfermedades que afectan a los consumidores, tales como la obesidad, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares y cáncer (Vergara & González, 2017).

## 5. Aplicaciones de pulpa y cáscara de plátano verde en alimentos

El plátano es una fruta compuesta por 33.54% de cáscara y 66.46% de pulpa, contando con un alto desperdicio al no poder aprovechar la cáscara para consumo humano. La cáscara, al igual que la pulpa, cuenta con un alto nivel nutricional capaz de aportar diferentes beneficios al consumidor. Debido al desperdicio y la representación de una buena fuente de nutrientes, se han buscado maneras de incorporar la fruta íntegra en diferentes productos alimenticios. La principal aplicación de esta fruta en el desarrollo de alimentos ha sido mediante la conversión de esta en harinas. Se ha determinado que la harina obtenida de esta fruta cuenta con un alto contenido de almidones resistentes, así como también de fibra dietética, permitiendo aportar niveles altos de nutrientes en las matrices de alimentos (Barrios, 2017).

La harina de plátano verde puede emplearse en matrices alimentarias sólidas, tales como pan, embutidos, frituras, atoles, entre otras mencionadas anteriormente, así como también en matrices líquidas. De acuerdo con Barrios, L. F. O. (2017), se evaluó la incorporación de harina de plátano en una bebida refrescante para lograr un mayor aporte nutricional al producto. La aplicación de esta harina en la industria ha ido en aumento debido al alto contenido nutricional y aporte energético que posee. Se ha determinado que una harina compuesta por pulpa y cáscara de plátano verde puede llegar a aportar 1.62% de grasas, 3.17% de fibra, 7.16% de proteína y 82.36% de carbohidratos, encontrándose en ellos almidones resistentes (Barrios, 2017).

### III. JUSTIFICACIÓN

El plátano representa uno de los principales productos cultivados en Guatemala. Esto se debe a que no solo forma parte de la dieta básica de la población, sino que también es una fuente de generación de empleos e ingresos para la sociedad y para los pequeños, medianos y grandes productores (Alvarado, 2022). Esta fruta, además, forma parte del amplio catálogo de productos agrícolas que se exportan desde Guatemala a diferentes destinos. De acuerdo con la OEC, Guatemala se convirtió en el país número 5 para exportación de plátano, llegando a representar \$1,000,000 en valor de venta del producto (OEC, 2023). Este dato, a pesar de ser un impacto beneficioso para el país, es afectado significativamente por diferentes factores de rechazo de producto, lo que conlleva a una pérdida para el productor y una pérdida económica para el país.

De acuerdo con el MAGA, la producción de plátano se entre 6 millones a 8 millones de quintales producidos por año (MAGA, 2016); sin embargo, una parte de esta producción es descartada durante el proceso de exportación por daños en el producto, condiciones climáticas, tamaño inadecuado de la fruta, presencia de microorganismo, insectos y plagas, por niveles altos de plaguicidas, entre otros. Se determinó en 2020 que se obtuvo un rechazo de la fruta equivalente a 1,963 hectáreas por daño del producto, impactando así en la economía nacional y de las familias productores al presentarse una pérdida de Q.36,368,902.20 (MAGA, 2020). Como consecuencia del alto rechazo de producto que no puede comercializarse, se ha buscado la manera de generar productos que aporten un mayor valor al igual que logren generar mejores ingresos. Por lo tanto, el desarrollo de harinas a partir de esta fruta ha logrado una fácil implementación en diferentes matrices alimentarias, lo cual permite el aprovechamiento del plátano de rechazo, permitiendo comercializar nuevos productos los cuales generan un valor agregado para el resguardo de la economía del país y de los productores, representando así una estrategia de economía circular de manera que se disminuyen los desperdicios que no se logran exportar.

La implementación de harina de plátano verde como sustituto parcial o total en diferentes productos alimenticios se vuelve una manera innovadora de atacar necesidades del mercado, las cuales en los últimos años han ido transformándose hasta llegar a la búsqueda de productos más saludables y con menor contenido de grasas y azúcares. La harina, al

desarrollarse a base de plátano verde, aporta a los alimentos un alto contenido de fibra, proteínas, minerales y almidones resistentes, los cuales son transformados y aportan grandes beneficios al microbiota intestinal de los consumidores. Por otro lado, atacando las necesidades de los consumidores también se han enfocado en la búsqueda de productos más prácticos dado que en el día a día las personas tienden a aumentar sus tareas habituales, lo que provoca que busquen opciones de alimentos que se adapten a su ritmo diario.

Debido a esto, se ha encontrado la necesidad de atacar la problemática de rechazo de fruta para exportación mediante la innovación de un producto que permita un retorno económico a los productores, desarrollando una harina de plátano verde, de cáscara y fruta, para su implementación en un producto de desayuno que permita atacar las necesidades de los consumidores en cuanto a beneficios nutricionales y saludables, así como también las necesidades de contar con un producto práctico y fácil de preparar. Este enfoque de economía circular permite desarrollar opciones beneficiosas para el medio ambiente, una producción responsable y promover la economía de la región ofreciendo al mercado productos de mayor valor y que cubren necesidades nutricionales importantes. Además, apoya el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas desde el sector agroalimentario, para poder alcanzar la seguridad alimentaria para todas las personas, apoyar el consumo de productos que beneficien la salud de los consumidores y mitigar los efectos del cambio climático mediante prácticas agrícolas responsables a partir de las tendencias de las industrias en la elaboración de harinas vegetales partiendo de alimentos de descarte y subproductos de materias primas.

Este trabajo representa una gran relevancia en el desarrollo de productos libres de gluten, saludables e innovadores desde una perspectiva metodológica lo cual permite que el plátano de descarte y sus subproductos sean aprovechados para agregar valor a productos tradicionales, además de representar una alta fuente de nutrientes y adaptar las nuevas tendencias de los consumidores en la industria alimentaria. Los resultados obtenidos ofrecen herramientas valiosas para el sector agroalimentario y la importancia de los mismos radica en el impacto hacia los consumidores que buscan alimentos más saludables, prácticos y que cumplan tanto con sus deseos de características organolépticas, como también con sus deseos de calidad y necesidades específicas, contribuyendo a la resolución del desperdicio de alimentos y descarte de productos para exportación y fortaleciendo el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

## IV. OBJETIVOS

### 1. General

Desarrollar una premezcla para panqueques libre de gluten utilizando harina de pulpa y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*).

### 2. Específicos

- Realizar la caracterización fisicoquímica de plátano verde (*Musa paradisiaca*) e identificar el punto óptimo de maduración para ser utilizado en la elaboración de harina.
- Elaborar una harina con proporciones de harina de pulpa y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*) la cual presente características tecnológicas y de calidad para su utilización en panqueques libres de gluten.
- Desarrollar una premezcla para panqueques libre de gluten que cumpla con las tendencias y requerimientos del mercado, utilizando la harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) obtenida por el método de deshidratación por tambor.

## V. MARCO TEÓRICO

### 1. Plátano

#### 1.1. Descripción

El plátano, conocido también como *Musa Paradisiaca*, es una fruta perteneciente a la familia de Musáceas, la cual es una planta tropical que se origina del suroeste de Asia y que, actualmente, se produce en cinco continentes. El producto tiende a adaptarse a temperaturas cálidas en un rango entre 22 a 38 °C, por lo que suele producirse en regiones tropicales y subtropicales (Barrios & Gutiérrez, 2023). El cultivo de plátano requiere de diferentes características para una producción adecuada entre las cuales se encuentran una luminosidad entre cuatro y seis horas, suelos profundos con buen drenaje y con un pH de 6 a 7, así como también un soporte de agua entre 1800 y 2500 milímetros (FAO, 2020).

El plátano cuenta con tres etapas durante su vida. La primera etapa corresponde a la fase vegetativa en donde se establecen las raíces principales y secundarias hasta lograr un crecimiento adecuado del tallo y el rebrote de los hijos de la planta, durando aproximadamente seis meses. La segunda etapa corresponde a la fase floral en la cual el tallo aumenta su tamaño y comienza a aparecer la flor del plátano, teniendo una duración de tres meses. Finalmente, la fase de fructificación, tercera etapa, tiene una duración de tres meses y termina a los ochenta días con la cosecha del plátano (FAO, 2020).

El plátano cuenta con una vida útil mayor a varias frutas puesto que su punto de cosecha se da mucho antes de alcanzar su estado de maduración óptimo para el consumo. La vida útil de este producto se mide mediante su estado de maduración, identificando diferentes características fisicoquímicas como el contenido de almidones, sólidos solubles, acidez, pH, entre otras. El grado de maduración es de gran importancia puesto que este afecta las variaciones de glucosa, manosa, fructosa, xilosa, galactosa y xiloglucano presentes en la fruta, de manera que a medida que aumenta el grado de maduración, aumenta el contenido de los compuestos mencionados (Quiceno, et al., 2014).

## 1.2. Bioquímica de la maduración del plátano

La maduración del plátano es un proceso crucial en la postcosecha del fruto puesto que el grado de maduración influye en su vida útil y almacenamiento. El plátano, al ser una fruta climatérica, cuenta con la característica de madurar incluso después de su corte. Dado que la respiración de la fruta se acompaña de incrementos en los niveles de etileno, el grado de maduración tiende a cambiar rápidamente, así como también la fruta tiende a alcanzar más fácilmente la senescencia. Un control de la maduración del plátano requiere de reguladores de crecimiento, regulación del control metabólico y la relación entre los organelos de la fruta (Martínez-González, et al., 2017). Además de la concentración de etileno durante la respiración, otros de los principales factores que impactan la maduración del plátano son el tiempo de exposición y la temperatura a la cual se encuentra la fruta. Una mayor temperatura acelera la producción de etileno y con eso, acelera la maduración del plátano (Cachay, 2017).

La maduración de la fruta impacta en la percepción de la calidad, así como la aceptabilidad que la fruta tenga dentro del mercado. Por lo mismo, se deben considerar criterios para el corte del plátano de manera que el grado de maduración que posea no afecte la integridad del producto. El corte de la fruta debe realizarse al momento de percibir una tonalidad negra en las puntas de la fruta. También, es importante controlar el grosor de los dedos, de manera que se asegure un corte con dedos angulosos debido a que, si estos se encuentran llenos o redondos, la maduración de la fruta es mayor. Finalmente, es importante la medición del diámetro del plátano, lo que permite determinar el período óptimo de cosecha de la fruta (Cachay, 2017).

## 1.3. Composición nutricional

### 1.3.1. Fruta del plátano

El plátano cuenta con un valor nutricional alto, siendo una buena fuente de distintos nutrientes para el consumidor, caracterizándose por contar con un alto contenido de potasio y vitaminas. Su composición nutricional se detalla de la siguiente manera:

**Cuadro 1.** Composición nutricional de la fruta de plátano

<b>Componente</b>	<b>Por 100 g de porción comestible</b>
Energía (Kcal)	94
Proteínas (g)	1.2
Lípidos totales (g)	0.3
Hidratos de carbono (g)	20
Fibra (g)	3.4
Calcio (mg)	9
Hierro (mg)	0.6
Yodo (µg)	2
Magnesio (mg)	38
Zinc (mg)	0.23
Sodio (mg)	1
Potasio (mg)	350
Fósforo (mg)	28
Selenio (µg)	1
Tiamina (mg)	0.06
Riblofavina (mg)	0.07
Equivalentes niacina (mg)	0.8
Vitamina B6 (mg)	0.51
Folatos (µg)	22
Vitamina B12 (mg)	0
Vitamina C (mg)	10
Vitamina A (mg)	18

Componente	Por 100 g de porción comestible
Vitamina D (mg)	0
Vitamina E (mg)	0.2

**Fuente:** elaboración propia a partir de MAPA, 2013.

De acuerdo con Contreras-Pérez, R. K., De la Torre-Gutiérrez, L., González-Cortés, N. & Jiménez-Vera, R. (2018), el plátano verde tiene un contenido de almidones alto, llegando a representar entre el 70 al 80% de los carbohidratos totales de la fruta. De estos almidones, aproximadamente el 50-70% se categorizan como almidones resistentes dado que resisten a la digestión del organismo, por lo que son aprovechados por el microbiota intestinal, logrando reproducir bacterias probióticas y logrando interactuar con fibras prebióticas. Además de ello, el plátano cuenta con inulina y fructooligosacáridos no digeribles, de manera que el tránsito intestinal de los consumidores se ve beneficiado por los efectos que estos componentes tienen sobre el tracto intestinal (MAPA, 2013).

### 1.3.2. Cáscara del plátano

La cáscara del plátano representa el 30% de la fruta, de manera que esta es el principal subproducto de la misma. A pesar de no ser consumida habitualmente como la fruta, la cáscara representa ser una buena fuente de fibra y minerales, además de un alto contenido de almidones. De acuerdo con Cornejo, R., Azúm, J. L., Gorozabel, W., Vargas, P., Mendoza, F. & Macías, R. (2020), la cáscara de plátano cuenta con un contenido total de 4.9% de proteína, 2.4% de fibra dietética y una fuente significativa de potasio, magnesio y calcio.

Al igual que la fruta, los almidones de la cáscara de plátano representan el 50% de los carbohidratos totales, los cuales también se categorizan como almidones resistentes. Estos almidones son prebióticos y simbióticos, por lo que, al momento de interactuar con la microbiota intestinal, se promueven diferentes beneficios durante la interacción con microorganismos probióticos (Contreras-Pérez, et al., 2018).

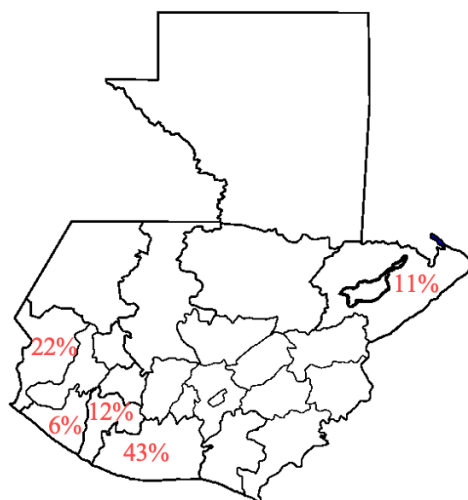
## 2. Producción de plátano

El cultivo de plátano representa una importancia socioeconómica significativa dado que, con el transcurso de los años, este producto se ha vuelto un básico en la alimentación y en la exportación en diferentes países latinoamericanos. La producción de plátano se ha vuelto de alta significancia para la seguridad alimentaria y la generación de empleo rural, además de aportar a los ingresos de los pequeños y medianos productores de este fruto (Alvarado, 2022). Con el aumento lineal de la población mundial, se presenta un gran desafío para los productores de plátano en aumentar la producción de este producto y poder así satisfacer las necesidades de los consumidores locales como también los consumidores extranjeros mediante la exportación (Cardona, 2023).

### 2.1. Producción de plátano en Guatemala

Guatemala cuenta con diferentes regiones tropicales y subtropicales que favorecen la producción de plátano. De acuerdo con un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala en 2016, los principales departamentos productores de plátano son Escuintla y San Marcos. Sin embargo, otros departamentos del país como lo son Suchitepéquez, Izabal y demás departamentos, también cuentan con producción de plátano, siendo esta levemente menor a los departamentos mencionados anteriormente (MAGA, 2016).

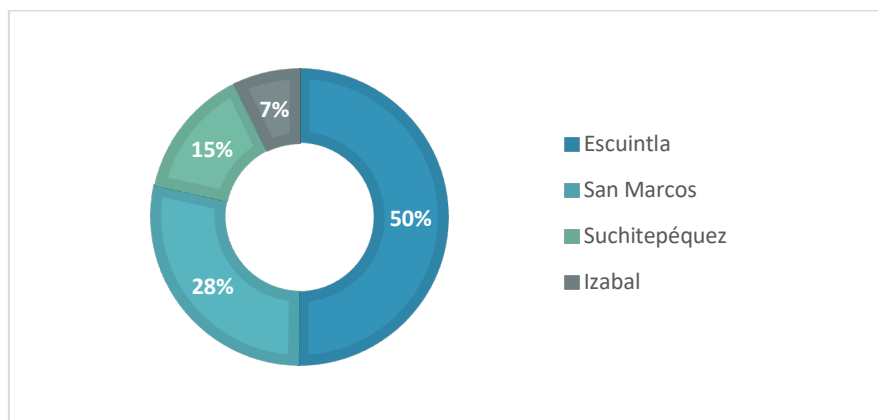
*Figura 3. Distribución de producción de plátano a nivel nacional*



**Fuente:** elaboración propia con datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2016.

Los datos de producción anteriores representan el 100% de la producción de plátano en Guatemala de acuerdo a MAGA (2016). Del 100% de la producción, el 86.7% de la superficie cosechada se concentra en cuatro principales departamentos, manteniéndose Escuintla y San Marcos como los productores de esta fruta con mayor impacto.

**Figura 4.** Distribución de la superficie de cosecha de plátanos a nivel nacional



**Fuente:** elaboración propia con datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2016.

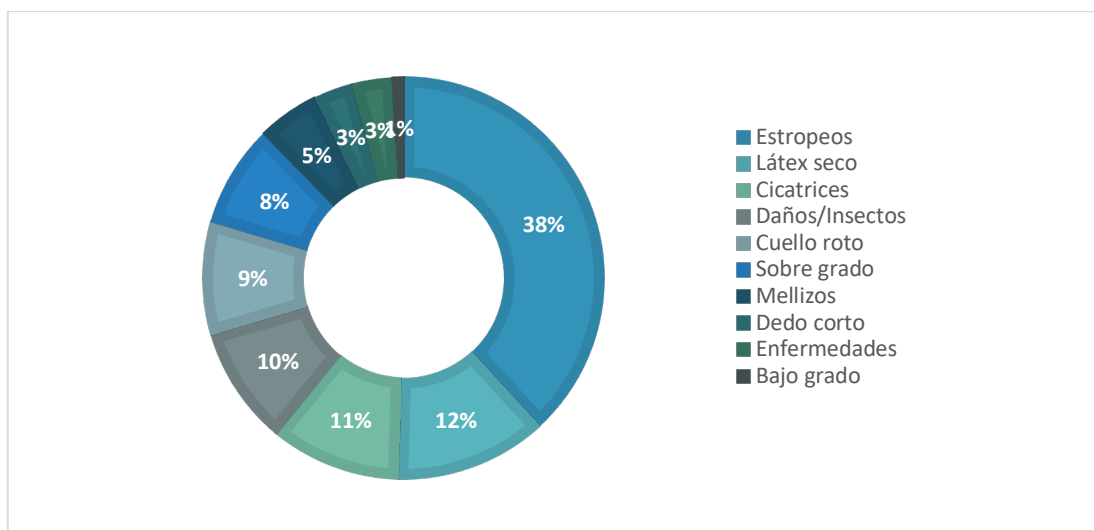
El plátano es un producto que cuenta con una buena adaptabilidad a diferentes épocas de siembra y cosecha. De acuerdo con el MAGA las principales siembras de plátano se dan durante mayo, junio, julio, agosto y septiembre, meses en los cuales las plantaciones son impactadas por la época lluviosa y la canícula. Sin embargo, la adaptación del plántano a diferentes condiciones permite un ciclo de cosecha alto durante mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre, en donde no sólo se experimenta lluvia y temperaturas altas; sino que también las plantaciones atraviesan la época helada y tienen la capacidad de mantener la integridad de la fruta (MAGA, 2020).

Guatemala, al ser uno de los principales países productores de plátano, cuenta con una producción elevada del producto. De acuerdo con el MAGA, a nivel nacional se produce una cantidad entre 6 millones a 8 millones de quintales de plátano por año, representando así entre 19,000 a 23,000 manzanas de área cosechadas (MAGA, 2016).

### 3. Rechazo de plátano para exportación

Existen diferentes factores que causan el rechazo del plátano para exportación. Dentro de los principales se pueden encontrar los factores bióticos los cuales incluyen a microorganismos presentes en la fruta que pueden llegar a dañar su composición o su apariencia, así como también los factores abióticos que comprenden las condiciones climáticas, daño por sol, por fricción entre otros (Salazar, 2004).. Además, el alto rechazo del producto para exportación ha sido provocado por altos niveles de plaguicidas, los cuales no cumplen con los requisitos máximos establecidos de los países destino, también por incumplimiento en el tamaño, grosor y número de dedos de la fruta, daños físicos y presencia de insectos o plagas (Castillo-Arévalo et al., 2022; Boza et. al., 2018).

*Figura 5. Factores críticos que impactan en el rechazo de plátano*



**Fuente:** elaboración propia a partir de Cayo, M. E. 2019.

### 4. Desarrollo industrial con plátano verde

La industria de alimentos ha desarrollado diferentes procesos para la obtención de productos deshidratados a partir de diferentes frutas. El plátano verde deshidratado ha sido un objeto de estudio para su uso como harina en diferentes productos alimenticios. La harina de plátano es obtenida a partir de métodos de secado y triturado de la fruta del plátano. Este producto es capaz de funcionar como un sustituto parcial y en algunos casos total para la

elaboración de diferentes alimentos, siendo algunos ejemplos el pan, frituras, atoles, entre otros. Al optar por una sustitución parcial, la harina de plátano suele combinarse en conjunto con harina de trigo o harina de maíz para mantener características organolépticas similares a las del producto original.

#### 4.1. Ventajas del desarrollo de productos con harina de plátano verde

El uso de harina de plátano verde para el desarrollo de distintos productos de la industria representa diferentes beneficios para el consumidor final. La harina de plátano presenta un índice glucémico considerado bajo de manera que es apta para el consumo de personas con problemas de glucosa. También, el contenido nutricional presente en la harina, el cual logra mantenerse durante los procesos de deshidratación debido a su grado de madurez, le otorga a los consumidores beneficios en su microbiota intestinal al contar con componentes indigeribles (Encarnación & Salinas, 2017).

Los beneficios a los alimentos al momento de sustituir la harina de trigo o maíz por harina de plátano verde se enfocan en el aporte nutricional agregado. El plátano cuenta con altos niveles de fibra, incluyendo la fruta y la cáscara, así como de almidones resistentes, proteína, vitaminas y minerales

#### 5. Premezclas

Las premezclas son la mezcla de distintos ingredientes básicos y algunos específicos como por ejemplo la harina base la cual puede ser de trigo, centeno u otra, sal, azúcar, agentes leudantes, leche en polvo, emulsionantes, enzimas y otros ingredientes que permitan cumplir con la calidad de un producto específico. Estas se emplean generalmente en el área de panadería y repostería para facilitar la preparación de los alimentos, de manera que, siguiendo las instrucciones de uso del fabricante, se puede llegar a obtener un producto similar al original, cumpliendo con características organolépticas similares. Las premezclas han mostrado distintos beneficios por su utilización dentro de los cuales se pueden encontrar la resolución del desarrollo de fórmulas, simplificación en la compra de materias primas, garantía de calidad constante, facilidad y rapidez de uso y reducción de costos (Esquerria, 2022).

## 5.1. Utilización en productos de panificación

Las premezclas se han incorporado con mayor frecuencia dentro de la industria de panificación, logrando encontrar premezclas para la preparación de pan blanco, masas para pizza, galletas, bizcochos, pan dulce, brownies, entre otros. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en 2010, las premezclas son mezclas preliminares de vitaminas y minerales con otros ingredientes, utilizadas para facilitar la dispersión uniforme de los micro ingredientes en una mezcla mayor. Por eso mismo, los fabricantes de premezclas para productos de panificación ofrecen con más frecuencia productos con mejores perfiles nutricionales, para poder así atacar las necesidades de los consumidores, quienes actualmente buscan opciones más saludables (Esquerra, 2022).

Por lo mismo, se han desarrollado premezclas para lograr la elaboración de panes con alto contenido de fibra, panes con harinas integrales o alternativas, panes de masa madre con agregados de semillas, entre otros. Estas opciones han apoyado a que los consumidores tengan a su disposición productos que faciliten la preparación de distintos alimentos, al mismo tiempo que estas opciones representan ser fuente de fibra, proteína, y aportan a que las personas tengan un consumo de granos, cereales y semillas adecuado (Esquerra, 2022).

## 5.2. Utilización en panqueques para desayuno

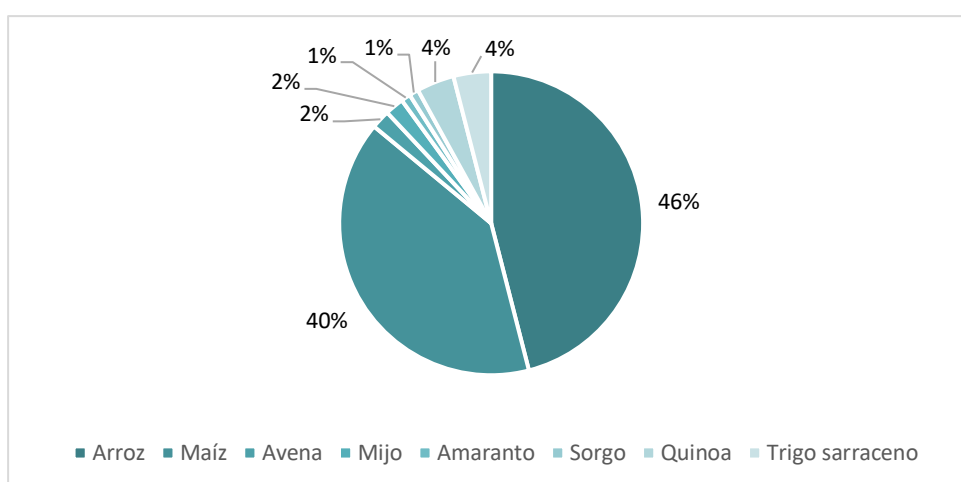
Las premezclas para panqueques de desayuno han ganado una mayor preferencia con el paso de los años por la facilidad de elaboración de este producto como una alternativa de desayuno y por la preferencia al mismo por parte de diferentes consumidores, principalmente niños y madres que buscan opciones rápidas para preparar. Este tipo de producto se ha adaptado a las tendencias del mercado, buscando ser opciones saludables y de fuente nutricional para todos los consumidores. Sin embargo, varias premezclas tradicionales son elaboradas a partir de harinas de trigo refinadas, las cuales en ocasiones pueden ser fortificadas, pero no cumplen con los requisitos nutricionales para el público objetivo. La búsqueda de productos naturales, nutritivos, bajos en gluten y fáciles de preparar se ha potenciado y ha alcanzado a los fabricantes de premezclas, quienes buscan ahora poder satisfacer estos requerimientos en las premezclas para panqueques de desayuno que se encuentran en el mercado (Arias, et al., 2019).

## 6. Tendencias de productos sin gluten

El consumo de alimentos sin gluten se ha visto en aumento como consecuencia de una mayor incidencia de la enfermedad celíaca a nivel mundial. De acuerdo con Arroyo, P. (2020). Análisis del mercado de los productos sin gluten en España, se ha observado que la incidencia de dicha enfermedad se ha quintuplicado en los últimos 25 años en distintas partes del mundo, detallando que este aumento puede deberse a cambios en la calidad y cantidad de gluten en los alimentos y a los patrones de alimentación infantil. El aumento de la enfermedad celíaca ha provocado que distintas industrias cuenten con un mayor compromiso con la alimentación sin gluten, atacando así las necesidades de los consumidores, así como también apoyando los deseos de las personas, quienes se inclinan con más frecuencia hacia los productos sin gluten tras la asociación de la ausencia de esta proteína con una dieta más saludable.

Dentro de los productos libres de gluten que se encuentran actualmente en el mercado, se ha determinado que el 46% de los mismos consiste en productos de panadería y confitería. Por lo mismo, se ha buscado la manera de emplear harinas sin gluten que sean adecuadas para la producción de los distintos productos dentro de esta categoría. Las principales harinas libres de gluten empleadas en la industria de alimentos son la harina de arroz y la harina de maíz, existiendo también otras opciones las cuales se evidencian en el siguiente gráfico:

**Figura 6.** Harinas empleadas en la producción de productos sin gluten



**Fuente:** elaboración propia a partir de Guiñazú, C. 2020.

Por otro lado, las tendencias del consumo de alimentos sin gluten han involucrado el uso de harinas compuestas, las cuales consisten en una mezcla de distintas harinas con otras materias primas que cuentan con un alto valor biológico, para poder incluir la adición de proteína suplementaria de distintas fuentes. El uso de las harinas mencionadas se ha potenciado también por el contenido nutricional con el que cuentan. Las harinas elaboradas a partir de cereales sin gluten y de trigo sarraceno se aproximan mucho al valor nutricional de una harina de trigo convencional, mientras que las harinas elaboradas a partir de legumbres, cuentan con un contenido nutricional más bajo en general pero con un contenido de fibra mucho más alto, lo cual las vuelve muy atractivas. Con ellas, ha sido posible la elaboración de productos como pan, galletas, productos de pastelería, entre otros (Guiñazú, 2020).

La producción de productos libres de gluten conlleva distintos retos para asegurar la calidad de los mismos. El más común se centra en la prevención de la contaminación cruzada por el uso de los mismos equipos, líneas de producción o bien, por la incorporación de ingredientes o aditivos a los cuales no se les ha identificado la presencia de gluten. Por otro lado, la funcionalidad del gluten representa un reto importante ya que no se cuenta con un reemplazante único para el gluten de trigo debido a sus proteínas propias, las cuales le aportan propiedades organolépticas al producto tales como viscosidad, extensibilidad y fortalecimiento. Finalmente, otro gran reto que la industria experimenta al momento de elaborar productos libres de gluten es mantener la calidad y el sabor adecuado de los alimentos en comparación a los que están elaborados con gluten. En ocasiones, es necesario enmascarar sabores no agradables en productos libres de gluten, provocando un aumento en el contenido de grasas y azúcares para acercarse a un producto tradicional (Guiñazú, 2020).

## 7. Productos de desayuno

Los productos de desayuno representan una categoría muy variada, desde alimentos elaborados a partir de harinas y cereales, hasta proteínas animales, alimentos líquidos, frutas y verduras. Estos alimentos, al ser reconocidos como los más importantes del día debido a su ingesta luego de un lapso de tiempo prolongado, se esperan que aporten un contenido nutricional adecuado así como también un aporte de energía ideal para subsistir durante el día. Dentro de las opciones que se esperan en un desayuno óptimo se encuentran panes y cereales de preferencia integrales para aportar fibra, carbohidratos, vitaminas y minerales. También, se

espera incluir en el tiempo de comida lácteos bajos en grasa para el aporte de proteínas, calcio y vitaminas, frutas para el aporte de vitaminas, minerales y fibra y alimentos preteínicos que aporten proteínas, grasas y minerales (Secretaría de Salud, 2015).

### 7.1. Tendencias de consumo

Tanto en Guatemala como en distintas regiones, se ha evidenciado un aumento en la tendencia de consumo de productos más saludables, con mejores características nutricionales, que aporten beneficios para la prevención de enfermedades y que sean prácticos para poder adaptarlos a cualquier estilo de vida. Estas tendencias no han sido una excepción en la categoría de productos para desayuno, ya que, al ser la primera comida del día, los consumidores han buscado atacar sus necesidades con productos que puedan sustentarlas. Es por ello que el aumento en la producción de alimentos con un mayor aporte nutricional, especialmente con contenidos altos de fibra, proteína, vitaminas y minerales también se ha potenciado en los últimos años. Dentro de los productos por los cuales los consumidores se han inclinado de acuerdo con las nuevas tendencias se encuentran productos integrales y orgánicos, productos con declaraciones altas en fibra, productos bajos en grasas y productos altos en proteína. Entre ellos se destacan harinas integrales para la elaboración de distintos alimentos como pan y panqueques, cereales integrales para consumir con leche y en mezclas con distintos alimentos, como por ejemplo el uso de avena en mezclas de panqueques y batidos, consumo de proteínas orgánicas como huevo y la adaptación de frutas y verduras como ingredientes en distintos productos como galletas, pan, cereales y su uso independiente en batidos o consumo tradicional (Miguel, 2021).

## 8. Métodos de deshidratación

El secado pertenece a un grupo de operaciones unitarias altamente usado dentro de la industria para la conservación de alimentos. Este método consiste en la eliminación total o parcial del contenido de agua de la sustancia o producto que la contiene, permitiendo aplicarlo en sólidos, líquidos o gases. El secado de alimentos, además de reducir el contenido de agua, trae como consecuencia la reducción del volumen y el peso de los productos, permitiendo convertir alimentos en polvos o sólidos más pequeños. Dentro de los principales objetivos del secado, aparte de la conservación de alimentos, se encuentra la transformación de los mismos,

de manera que convierte los productos deshidratados en nuevas materias primas que pueden ser empleadas en el desarrollo de nuevos productos (Maupoey, Andrés, Barat & Albors, 2016).

De acuerdo con Maupoey, Andrés, Barat & Albors (2016), el secado también puede llegar a generar cambios indeseables en los alimentos. Dentro de estos cambios se pueden encontrar el cambio en el tamaño y forma de los mismos, los cuales no se recuperan al momento de reconstituir el alimento deshidratado. También, se pueden experimentar cambios de color como consecuencia de la prolongada exposición del alimento a altas temperaturas, deteriorando así los componentes de este. Otros aspectos que pueden experimentar cambios negativos son el sabor y aroma del producto ya que, al deshidratarlo, se sufre una pérdida de componentes volátiles, los cuales se deterioran más si el tiempo de exposición es mayor o si las temperaturas muestran ser más altas.

La textura del producto también se ve afectada dado que el alimento llega a experimentar un encogimiento celular al momento de perder el contenido de agua, provocando que la capacidad con la que cuenta el producto para absorber agua en la rehidratación es menor. Otro aspecto importante que puede experimentar cambios es el valor nutritivo del alimento el cual no solo es afectado por las altas temperaturas, sino que también se ve afectado desde los tratamientos de preparación del producto como lo son el lavado, el pelado, el corte, entre otros (Maupoey, Andrés, Barat & Albors, 2016).

La búsqueda de la minimización de los cambios negativos en el alimento durante el proceso de secado ha adquirido una gran importancia por lo que la modernización de procesos y equipos en la industria ha permitido la producción de alimentos deshidratados con mejores características, mayor calidad y mayor oportunidad a ser reconstituidos y empleados en nuevos productos. Actualmente, existen diferentes métodos de secado dentro de la industria de alimentos los cuales se emplean específicamente para las condiciones que se quieren lograr de un producto alimenticio. A continuación, se detalla uno de los métodos empleados para la deshidratación de alimentos.

## 8.1. Secador de tambor

### 8.1.1. *Fundamento*

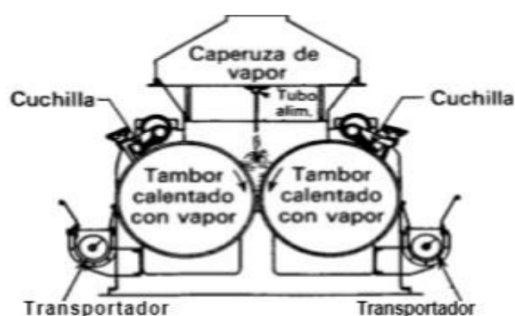
El secador de tambor se rige bajo el fundamento de secado, el cual permite la separación de la humedad de sólidos o líquidos, mediante una evaporación por corriente gaseosa. Dado que el método de secado permite la reducción del contenido de agua, es posible obtener una mejor conservación de los alimentos, una reducción en peso y volumen y una mayor eficiencia en los procesos de transporte y almacenamiento de los productos (Maupoey, Andrés, Barat & Albors, 2016).

### 8.1.2. *Funcionamiento*

De acuerdo con Espinoza, B. C. & Vega, J. D. (2015), el funcionamiento del secador de tambor consiste en uno o más rodillos de metal que se calientan a una temperatura específica a la que se desea trabajar, de manera que el líquido que se vierte sobre los rodillos se evapora hasta lograr una total deshidratación. El sólido que se genera durante el proceso se retira mecánicamente del equipo mientras que los rodillos se mantienen girando.

El secador de tambor puede contar con una fuente de alimentación, pero en algunas situaciones la alimentación es manual. Si se cuenta con un tubo de alimentación, el líquido que se desea deshidratar se mantiene retenido en la parte superior del equipo, descendiendo lentamente entre los rodillos hasta formar una capa viscosa que recubre la superficie de estos. Los rodillos, limitados por placas estacionarias, son capaces de transmitir calor mediante conducción en el espacio entre ambos (Espinoza & Vega, 2015).

*Figura 7. Secador de tambor*



**Fuente:** McCabe, 1991.

### 8.1.3. *Ventajas y desventajas*

El secador de tambor cuenta con varias ventajas como desventajas al usarlo como método de deshidratación. Dentro de sus principales ventajas se encuentra que es un método que cuenta con una rápida transferencia de calor y transferencia de masa, contando también con un tamaño más compacto que otros equipos de deshidratación, permitiendo una mejor manipulación y mejor eficiencia del proceso y es muy eficaz para secar disoluciones concentradas de materiales con alta solubilidad, disoluciones diluidas y disoluciones con suspensiones de partículas finas (Espinoza & Vega, 2015) (Cano, 2014).

Por otro lado, el secador de tambor presenta algunas desventajas como lo son mantener un control cuidadoso de la velocidad de alimentación ya que, si la alimentación es manual, el agregar una cantidad alta de disolución al equipo puede provocar un secado no homogéneo ya que ocurre una saturación de producto. Además, requiere de mantener un control para la velocidad del giro de tambor, así como también para la temperatura a la que se está trabajando y el grosor de la película de la muestra que se adiciona al equipo (Cano, 2014).

## VI. METODOLOGÍA

### 1. Recepción de materia prima

Los plátanos de rechazo de exportación que se utilizaron para el desarrollo de la harina y del producto de desayuno son provenientes de la Finca Brasilia, ubicada en la Aldea Peñitas, Morales, Izabal. En la finca se recolectaron los plátanos en el día de la cosecha y se mantuvieron a temperatura ambiente. Un día después se enviaron a la Universidad del Valle de Guatemala, dónde se almacenaron a temperatura ambiente y se evaluaron durante su día de ingreso para asegurar que se trabajaban en el momento óptimo de maduración y evitar alcanzar un grado de maduración mayor. Se mantuvieron a temperatura ambiente para evitar la degradación de sus componentes por almacenamiento en frío. Las pruebas de caracterización y procesos que se realizaron se detallan en los incisos 2 al 9 de la metodología.

### 2. Caracterización del plátano

#### 2.1. Evaluación visual

##### 2.1.1. Color

La evaluación de color del plátano verde se realizó de acuerdo con la siguiente cartilla de color:

**Figura 8.** Cartilla de color de maduración del plátano



**Fuente:** UC Davis, 2014.

### 2.1.2 Defectos

La evaluación de defectos se realizó visualmente, descartando los plátanos que presentaban golpes, deterioro de cáscara, insectos y plagas.

### 2.2. Calibre

El calibre del plátano se midió con un vernier marca Best Value con capacidad de medición de 7 pulgadas/18 centímetros.

### 2.3. Grados Brix

Los grados Brix de la fruta del plátano se midieron con un refractómetro marca Hanna Instruments modelo HI 96801 bajo las siguientes especificaciones:

- Rango de contenido de azúca: 0 a 85° Brix
- Resolución de contenido de azúcar: 0.1° Brix
- Exactitud del contenido de azúcar (a 25 °C):  $\pm 0.2^\circ$  Brix
- Rango de temperatura: 0 a 80 °C (32 a 176 °F)
- Tiempo de medición: aproximadamente 1.5 segundos
- Volúmen de muestra mínimo: 100 L

(Hanna Instruments, s. f.)

### 2.4. Acidez titulable

La acidez titulable del plátano se midió de acuerdo con Pillco, Guzmán y Cuéllar, 2021 en donde se detalla el uso del método AOAC 942.15 con una muestra homogenizada, se agregó 2 g de la muestra en un matraz marca Pyrex de 100 mL conteniendo agua destilada y se hirvió por 20 minutos. Al terminar, se dejó enfriar para luego titular una alícuota de 20 mL con una solución de hidróxido de sodio 0.01 N y 0.3 mL de fenolftaleína como indicador hasta que se obtuvo un cambio de viraje de color, pasando de incoloro a rosado.

## 2.5. pH

El pH de la fruta del plátano se midió con un potenciómetro marca Hanna Instruments modelo HI 981032 bajo las siguientes especificaciones:

- Rango de pH: 0.00 a 12.00 pH
- Resolución de pH: 0.01 pH
- Precisión de pH:  $\pm 0.05$  pH @ 25 °C/ 77 °F
- Calibración de pH: en solución de 7.00 pH
- Ambiente: 0 a 50°C (32 A 122 °F); HR máxima de un 95%

(Hanna Instruments, s. f.)

## 2.6. Contenido total de almidones

La determinación del contenido total de almidones en el plátano verde se llevó a cabo de acuerdo con: Ortiz, I. A., Álvares, V., González, G., Valenzuela, L. M., Potisek, M. & Chávez, J. A. (2015). Concentración de almidón y proteínas solubles en tubérculos de *Caladium bicolor* en diferentes etapas fenológicas, modificando los volúmenes de las soluciones realizadas.

### 2.6.1. Materiales

- Plátanos verdes
- Agua destilada
- Yoduro de potasio
- Yodo
- Almidón

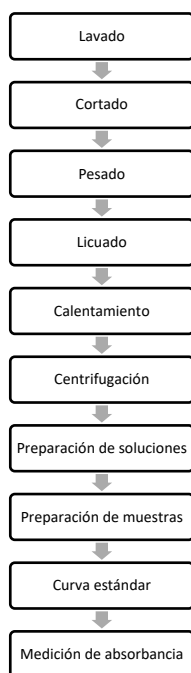
### 2.6.2. Equipo

- Licuadora
- Espectrofotómetro marca Genesys modelo 10UV

- Balanza analítica marca Metler Toledo modelo ME204
- Centrifuga
- Estufa

### 2.6.3. Diagrama de flujo del proceso

**Figura 9.** Diagrama de flujo del proceso para la determinación del contenido total de almidones en el plátano



**Fuente:** elaboración propia a partir de Ortiz, I. A., Álvares, V., González, G., Valenzuela, L. M., Potisek, M. & Chávez, J. A. 2015.

### 2.6.4. Descripción del diagrama de flujo

**Lavado:** los plátanos se lavaron con agua potable para eliminar cualquier suciedad adherida a la cáscara.

**Cortado:** se removió la cáscara de los plátanos manualmente, luego se removió el fruto y finalmente se cortó en trozos pequeños.

**Pesado:** se pesaron 10 g de plátano.

**Licuada:** los trozos de plátano se colocaron en una licuadora junto 100 ml de agua destilada hasta que se obtuvo una mezcla homogénea.

**Calentamiento:** la mezcla de plátano se colocó en un recipiente apto para calor y se calentó en una estufa por 15 min, evitando que llegara a ebullición y manteniendo una agitación constante.

**Centrifugación:** la muestra de plátano se colocó en tubos de centrifuga y se centrifugó por 15 minutos para separar los sólidos insolubles.

**Preparación de soluciones:** 1. Solución de plátano: el filtrado de la mezcla de plátano se transfirió a un matraz aforado y se ajustó el volumen a 100 mL con agua destilada. 2. Solución de yodo: se disolvieron 1.27 gramos de yodo en 5 gramos de yoduro de potasio en 50 mL de agua destilada. Luego, se transfirió la mezcla a un matraz aforado y se ajustó el volumen a 100 mL con agua destilada. 3. Solución de almidón (patrón): se preparó una solución madre al 10% de almidón disolviendo 25 gramos de almidón en agua destilada y ajustando el volumen del matraz a 250 mL. Luego, se prepararon 25 mL de cada una de las soluciones hijas de la siguiente manera: la solución al 8% de almidón se preparó con 20 mL de la solución madre y con 5 mL de agua destilada; la solución al 6% se preparó con 15 mL de la solución madre y con 10 mL de agua destilada; la solución al 4% se preparó con 10 mL de la solución madre y con 15 mL de agua destilada; la solución al 2% se preparó con 5 mL de la solución madre y con 20 mL de agua destilada; y, la solución al 1% se preparó con 2.5 mL de la solución madre y con 22.5 mL de agua destilada.

**Preparación de muestras:** en un tubo de ensayo se mezclaron 2 mL de cada una de las soluciones de almidón (patrón) con 2 mL de la solución de yodo. De igual manera, se tomaron 2 mL de la solución de plátano y se mezcló con 2 mL de la solución de yodo en un tubo de ensayo. Las muestras se dejaron reposar por dos minutos.

**Curva estándar:** se tomó 1 mL de cada una de las muestras de soluciones de almidón (patrón) y se midió la absorbancia de cada una por separado en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 595 nm. Se midió también un blanco el cual consistía de un 1mL de agua destilada y

1 mL de la solución de yodo. Las absorbancias obtenidas se graficaron para obtener la curva estándar.

**Medición de absorbancia:** se tomó 1 mL de la muestra de solución de plátano y se midió la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 595 nm para determinar el contenido de almidones en relación a la curva estándar.

\*Se realizó el mismo procedimiento para la cáscara del plátano.

### 3. Obtención de harina de cáscara de plátano verde por medio de un secador de tambor

El proceso de deshidratación de plátano por medio de un secador de tambor se realizó de acuerdo con: Rodríguez, B. S. (2019). Caracterización reológica de papillas infantiles, preparadas con harina de papas ecuatorianas (*Solanum andigena*), previo y posterior al proceso de deshidratación mediante un tambor rotatorio. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador y Mindiolaza, G. J. (2020). Obtención de harina de plátano como componente en el desarrollo de un suplemento alimenticio. Universidad Agraria del Ecuador. Se realizaron las siguientes modificaciones: las condiciones de secado fueron 220°C previamente calentado durante una hora, velocidad de 2.6RPM y separación de los tambores de 0.005 pulgadas. Se adicionó el paso de blanqueado de la cáscara con una solución de ácido ascórbico y se descartó el paso de inmersión con ácido.

#### 3.1. Materiales

- Plátanos verde *Musa sp*
- Hipoclorito de sodio
- Ácido ascórbico
- Bandejas de metal
- Bandejas para deshidratación
- Cuchillos
- Tablas de cortar

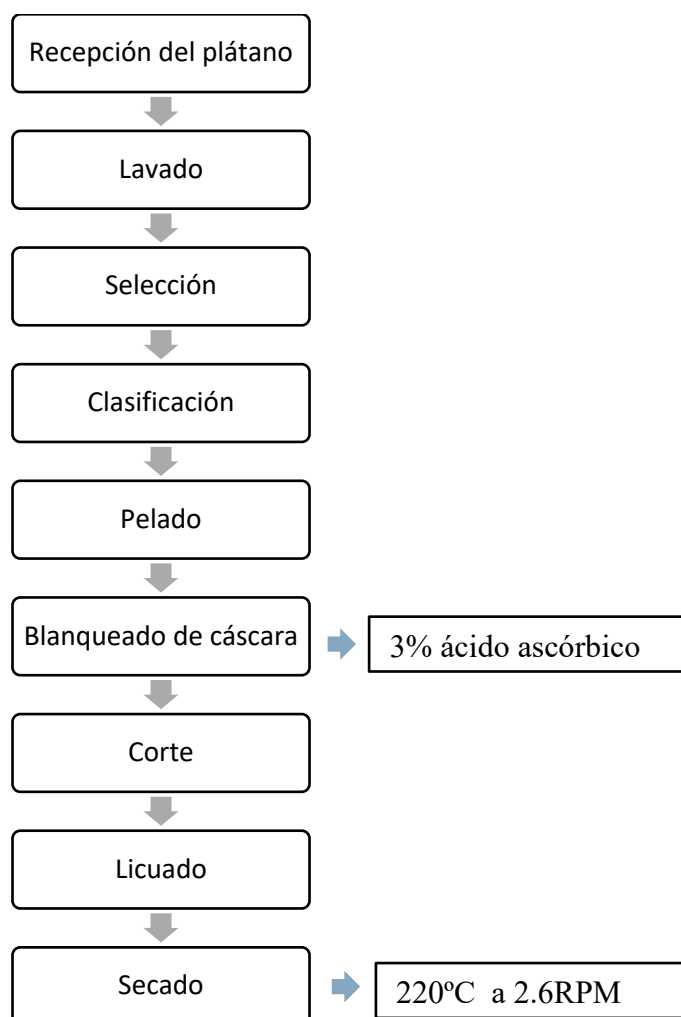
- Probeta de 10mL marca Pyrex
- Beaker de 100 mL marca Pyrex

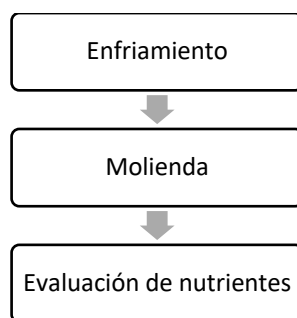
### 3.2. Equipo

- Secador de tambor marca Buflovak LLC modelo 6X8 ADDD
- Licuadora

### 3.3. Diagrama de flujo del proceso

**Figura 10.** Diagrama de flujo para la producción de harina de cáscara de plátano verde por medio de un secador de tambor.





**Fuente:** elaboración propia a partir de Mindiolaza, 2020 y Rodríguez, 2019.

### *3.4.Descripción del diagrama de flujo*

**Recepción del plátano:** se recibió el plátano revisando si contaba con daños físicos como por ejemplo golpes.

**Lavado:** el lavado se realizó en una tina con abundante agua para asegurar una primera desinfección del producto.

**Selección:** se realizó una selección visual, descartando todo objeto contaminante como insectos, desechos sólidos, plagas, entre otros.

**Clasificación:** se realizó de acuerdo con el tamaño de la materia prima y el color, asegurándose de mantener datos similares. El grado de maduración elegido fue entre 2 y 3.

**Pelado:** se realizó de manera manual, eliminando las orillas del plátano con la ayuda de un cuchillo.

**Blanqueado de cáscara:** se realizó una inmersión de la cáscara en una solución de ácido ascórbico al 3% para el blanqueamiento de esta.

**Corte:** se realizó manualmente con un cuchillo, intentando mantener un grosor de 2 a 4 mm.

**Licudo:** el plátano se licuó para obtener una mezcla homogénea estilo papilla de la pulpa de la fruta. Por cada 730 gramos de cáscara, se adicionó 600 mL de agua ozonizada.

**Secado:** se realizó en un secador de tambor el cual se calentó durante una hora hasta alcanzar los 220°C contando con una velocidad de 2.6RPM. Se utilizó una separación de los tambores durante el calentamiento de 0.5 pulgadas la cual cambió a 0.005 pulgadas al agregar el plátano.

**Enfriamiento:** el producto deshidratado se dejó enfriar en bandejas de metal hasta alcanzar una temperatura ambiente.

**Molienda:** el producto deshidratado se introdujo a una licuadora para poder reducir el tamaño de partícula de la harina de cáscara de plátano a un polvo fino.

**Evaluación de nutrientes:** a la harina obtenida se le midió el contenido de fibra, proteína y almidón de la siguiente manera:

- **Fibra:** de acuerdo con el método AOAC 985.29.
- **Almidón:** de acuerdo con el método descrito en el inciso 2.6 de la metodología: Contenido total de almidones.
- **Proteína:** de acuerdo con el método de Kjeldahl AOAC 2001.11.

Los resultados esperados para cada medición se presentan en el siguiente cuadro:

*Cuadro 2. Características nutricionales esperadas de la harina de cáscara de plátano verde*

<b>Componente</b>	<b>Resultados</b>
Proteína	4.5%
Fibra	1.73%
Almidón	73.5%

**Fuente:** elaboración propia a partir de Toconás, N., et al., 2022.

#### 4. Obtención de harina de la pulpa de plátano verde por medio de un deshidratador de tambor

El proceso de deshidratación de plátano por medio de un secador de tambor se realizó de acuerdo con: Rodríguez, B. S. (2019). Caracterización reológica de papillas infantiles, preparadas con harina de papas ecuatorianas (*Solanum andigena*), previo y posterior al proceso de deshidratación mediante un tambor rotatorio. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador y Mindiolaza, G. J. (2020). Obtención de harina de plátano como componente en el desarrollo de un suplemento alimenticio. Universidad Agraria del Ecuador. Se realizaron las siguientes modificaciones: las condiciones de secado fueron 220°C previamente calentado durante una hora, velocidad de 2.6RPM y separación de los tambores de 0.005 pulgadas.

##### *4.1. Materiales*

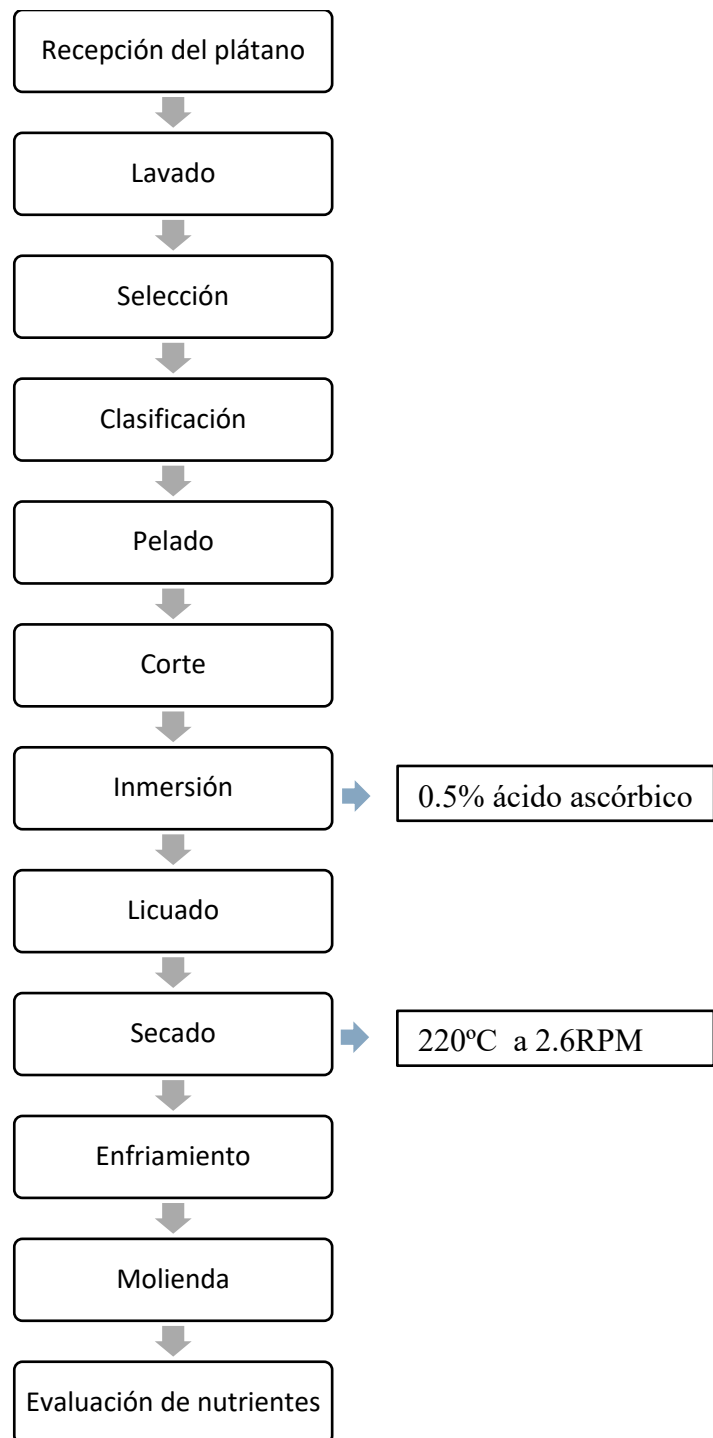
- Plátanos verde *Musa sp*
- Hipoclorito de sodio
- Ácido ascórbico
- Bandejas de metal
- Bandejas para deshidratación
- Cuchillos
- Tablas de cortar
- Probeta de 10mL marca Pyrex
- Beaker de 100 mL marca Pyrex

##### *4.2. Equipo*

- Secador de tambor marca Buflovak LLC modelo 6X8 ADDD
- Licuadora

#### 4.3. Diagrama de flujo del proceso

**Figura 11.** Diagrama de flujo para la producción de harina de cáscara de plátano verde por medio de un secador de tambor.



**Fuente:** elaboración propia a partir de Mindiolaza, 2020 y Rodríguez, 2019.

#### *4.4.Descripción del diagrama de flujo*

**Recepción del plátano:** se recibió el plátano revisando si contaba con daños físicos como por ejemplo golpes.

**Lavado:** el lavado se realizó en una tina con abundante agua para asegurar una primera desinfección del producto.

**Selección:** se realizó una selección visual, descartando todo objeto contaminante como insectos, desechos sólidos, plagas, entre otros.

**Clasificación:** se realizó de acuerdo al tamaño de la materia prima y el color, asegurándose de mantener datos similares. El grado de maduración elegido fue entre 2 y 3.

**Pelado:** se realizó de manera manual, eliminando las orillas del plátano con la ayuda de un cuchillo.

**Corte:** se realizó manualmente con un cuchillo, intentando mantener un grosor de 2 a 4 mm.

**Inmersión:** se realizó con una solución con 0.5% de ácido ascórbico durante 15 minutos para prevenir el pardeamiento enzimático del plátano.

**Licuada:** el plátano se licuó para obtener una mezcla homogénea estilo papilla de la pulpa de la fruta. Por cada 731 gramos de plátano, se adicionaron 600 mL de agua ozonizada.

**Secado:** se realizó en un secador de tambor el cual se calentó durante una hora hasta alcanzar los 220°C contando con una velocidad de 2.6RPM. Se utilizó una separación de los tambores durante el calentamiento de 0.5 pulgadas la cual cambió a 0.005 pulgadas al agregar el plátano.

**Enfriamiento:** el producto deshidratado se dejó enfriar en bandejas de metal hasta alcanzar una temperatura ambiente.

**Molienda:** el producto deshidratado se introdujo a una licuadora para poder reducir el tamaño de partícula de la harina de pulpa de plátano a un polvo fino.

**Evaluación de nutrientes:** a la harina obtenida se le midió el contenido de fibra, proteína y almidón de la siguiente manera:

- **Fibra:** de acuerdo con el método AOAC 985.29.
- **Almidón:** de acuerdo con el método descrito en el inciso 2.6 de la metodología: Contenido total de almidones.
- **Proteína:** de acuerdo con el método de Kjeldahl AOAC 2001.11.

Los resultados esperados para cada medición se presentan en el siguiente cuadro:

***Cuadro 3.** Características nutricionales esperadas de la harina de la fruta de plátano verde*

<b>Componente</b>	<b>Resultados</b>
Proteína	4.5%
Fibra	1.73%
Almidón	73.5%

**Fuente:** elaboración propia a partir de Toconás, N., et al., 2022.

## 5. Evaluación de las harinas de cáscara y pulpa de plátano verde.

### 5.1. Evaluación del rendimiento

A la harina de cáscara de plátano y la harina de pulpa se les evaluó su rendimiento por separado usando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{peso real producido}}{\text{peso inicial}} * 100$$

(Lavado, Yenque & Robles, 2012)

## 5.2. Evaluación de calidad de la harina de cáscara y la harina de pulpa de plátano

Previo a mezclar las harinas, estas se analizaron. A ambas harinas se le realizaron los siguientes análisis:

### 5.2.1. Humedad

La evaluación de humedad de la harina desarrollada se midió con una balanza de humedad Ohaus, modelo MB23 bajo las siguientes especificaciones:

- Capacidad máxima: 110 g
- Contenido de lectura de humedad: 10 mg/0.1%
- Tamaño de plato: 90 mm

(Ohaus, 2023)

### 5.2.2. Tamaño de partícula

La evaluación del tamaño de partícula se llevó a cabo con una tamizadora y tamices Cole-Parmer de 3" de diámetro bajo las siguientes especificaciones:

- Frecuencia: 60 golpeteos por minuto
- Frecuencia de vibración: 3600 vpm
- Intervalo del temporizador digital: 1 segundo a 99 minutos
- Los tamices a utilizar poseen tamaños de mesh de 40, 60, 80, 100 y 120.

(Cole-Parmer, s. f.)

### 5.2.3. *Color*

La evaluación de color de la harina se midió con un espectrofotómetro portátil MiniScan marca Hunter Lab modelo EZ 4500 bajo las siguientes especificaciones:

- Rango espectral: 400 nm a 700 nm
- Resolución espectral: < 3nm
- Intervalo de reporte: 10 nm
- Rango fotométrico: 0 a 150 %
- Destellos por medición: 1 destello
- Tiempo de medición: < 1 segundo desde la pulsación del botón hasta la medición y 2 segundos desde la pulsación del botón hasta la visualización de los datos
- Intervalo mínimo entre mediciones: 3 segundos

(HunterLab, 2024)

### 5.2.4. *Capacidad de absorción de agua*

La evaluación de la capacidad de absorción de agua se llevó a cabo de acuerdo con Fernández, N. (2017). Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y TEF. Universidad de Valladolid, España, eliminando el paso de horneado de la muestra.

#### 5.2.4.1. Materiales

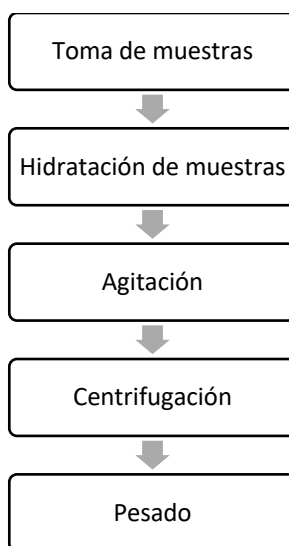
- Harina de plátano
- Agua destilada

#### 5.2.4.2. Equipo

- Balanza analítica marca Metler Toledo modelo ME204
- Centrífuga

#### 5.2.4.3. Diagrama de flujo del proceso

*Figura 12. Diagrama de flujo de capacidad de absorción de agua*



**Fuente:** elaboración propia a partir de Fernández, N., 2017.

#### 5.2.4.4. Descripción del diagrama de flujo

**Toma de muestras:** se tomaron 2 g de harina de plátano en duplicado y se agregaron a tubos de centrífuga.

**Hidratación de muestras:** a cada tubo se le agregaron 40 mL de agua destilada y se mezclaron.

**Agitación:** se dejaron reposar los tubos por 10 minutos y luego se volvieron a mezclar durante 20 segundos, repitiendo el mismo procedimiento 7 veces.

**Centrifugación:** los tubos se centrifugaron durante 25 minutos a 3000g y al finalizar, se desechó el sobrenadante.

**Pesado:** al finalizar la centrifugación, se pesó la harina sedimentada y se calculó la capacidad de absorción.

#### 5.2.5. *Capacidad gelificante*

La evaluación de la capacidad gelificante en la harina se llevó a cabo de acuerdo con: González-Luna, R., Bautista-Villareal, M., Amaya-Guerra, C. A., Báez-González, J. G. & Moreno-Limón, S. (2018). Evaluación tecno-funcional de la harina, aislado e hidrolizado proteico obtenidos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y chía (*Salvia hispanica* L.). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Se tomaron muestras de harina para la preparación de suspensiones de las mismas con agua destilada al 2, 4, 6, y 8 % (p/v) para luego colocar los tubos con las suspensiones en un baño de agua a 100 °C durante 1 hora y posteriormente en un baño de hielo durante 1 hora. Con ello, se determinó cualitativamente la existencia o inexistencia de gel en las muestras.

#### 5.2.6. *Prueba de retención de solventes*

La prueba de retención de solventes en la harina se realizó de acuerdo a Clair, L. (2022). Entender el análisis SRC en molinería y panadería. Chopin Technologies – Grupo KPM Analytics, México. Sin modificaciones.

##### 5.2.6.1. Materiales

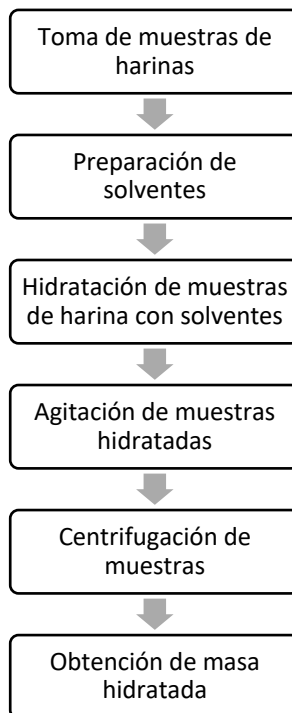
- Solución ácido láctico 5% (p/p)
- Solución sacarosa 50% (p/p)
- Solución carbonato de sodio 5% (p/p)

##### 5.2.6.2. Equipo

- Centrifugadora
- Balanza analítica

### 5.2.6.3. Diagrama de flujo del proceso

*Figura 13. Diagrama de flujo de la prueba de retención de solventes en harina*



**Fuente:** elaboración propia a partir de Clair, L., 2022.

### 5.2.6.4. Descripción del diagrama de flujo

**Toma de muestras:** se tomaron cuatro porciones de 5.0 g de la harina de plátano y se colocaron en tubos de centrifuga previamente tarados.

**Preparación de solventes:** en matraces marca Pyrex de 100 mL, se prepararon los solventes a utilizar. 1. Ácido láctico 5%: se pesaron 5 gramos de ácido láctico, se diluyó en agua destilada y se aforó a 100 mL. 2. Sacarosa 50%: se pesaron 50 g de azúcar, se diluyó en agua destilada y se aforó a 100 mL. 3. Carbonato de sodio 5%: se pesaron 5 gramos de carbonato de sodio, se diluyó en agua destilada y se aforó a 100 mL.

**Hidratación de muestras:** cada porción de harina se hidrató por separado con 25 mL de agua destilada, ácido láctico 5% (p/p), sacarosa 50% (p/p) y carbonato de sodio 5% (p/p) respectivamente.

**Agitación:** las muestras hidratadas se agitaron vigorosamente durante 3 minutos.

**Centrifugación:** las muestras se colocaron en la centrifugadora durante 5 minutos y al finalizar, se descartó el sobrenadante.

**Obtención de masa hidratada:** se obtuvo la masa de cada porción hidratada y con el dato recopilado, se calculará el porcentaje de SRC.

### 5.3. Facilidad de implementación del proceso

#### 5.3.1. Matriz de evaluación

La facilidad de implementación del proceso se midió de acuerdo con la siguiente matriz de evaluación:

*Cuadro 4. Matriz de evaluación del proceso*

Método empleado en el desarrollo	Tiempo de operación	Facilidad de operación de equipo	Consumo energético	Cantidad de pasos durante la operación	Precio en el mercado de equipos con capacidad similar	Calidad de la harina producida
Secador de tambor						

**Fuente:** elaboración propia.

La calificación de los criterios de evaluación se detalla de la siguiente manera:

- Tiempo de operación: escala de 1 a 5, siendo 1 un tiempo mayor a 6 horas de operación y 5 siendo un tiempo menor o igual a 1 hora.
- Facilidad de operación de equipo: escala de 1 a 5, siendo 1 muy mala facilidad de operación y 5 siendo excelente facilidad de operación.
- Consumo energético: detalla el consumo energético por equipo por hora de producción.
- Cantidad de pasos durante la operación: escala de 1 a 5, 1 siendo más de 10 pasos durante la operación y 5 siendo menos de 2 pasos durante la operación.
- Precio en el mercado de equipos con capacidad similar: detalla el precio de venta del equipo de capacidad similar.
- Calidad de la harina producida: en base a los criterios evaluados en el inciso 4.2 de la metodología, se usará una escala de 1 a 5, siendo 1 muy mala calidad de la harina y 5 siendo excelente calidad de la harina.

Los aspectos de tiempo de operación, facilidad de operación, cantidad de pasos durante la operación y calidad de harina producida se evaluarán en en una escala de 1 a 20, en donde 20 representa el valor más alto y una excelente y fácil implementación del proceso, 15 representa una buena implementación, 10 representa una implementación media y 5 una mala implementación. La suma de todos los criterios permitió definir la facilidad de implementación del proceso.

## 6. Obtención de la harina final de plátano verde

La harina final de plátano verde se compone de una proporción entre la harina de cáscara y la harina de la pulpa desarrolladas. De acuerdo a los resultados nutricionales obtenidos para cada una, se realizó una mezcla proporcional en cuanto al contenido de proteína, fibra y almidón para ser analizada y empleada en el desarrollo del producto de desayuno. Las proporciones de las harinas se ajustaron para alcanzar lo más posible el valor nutricional que se detalla en el cuadro 3 y las características funcionales basadas en los resultados de los análisis de calidad. La harina resultante se compuso de 1 parte de harina de cáscara por cada 6 partes de harina de pulpa, representando 13.9 gramos de harina de cáscara por cada 83.4 gramos de harina de pulpa.

## 7. Desarrollo de la premezcla para panqueques

El desarrollo de la premezcla para panqueques fue un proceso iterativo hasta que se alcanzó las características del producto final. Se optó por el desarrollo de este producto debido a las tendencias de consumo de productos de desayuno, además por el aporte nutricional que este producto puede aportar a este tiempo de comida en comparación a premezclas para panqueques tradicionales, elaboradas con harinas de trigo, que se pueden encontrar en el mercado. Se utilizó la harina desarrollada de la mezcla de harina de cascará y de pulpa de plátano verde y se evaluó en diferentes proporciones.

La formulación inicial para el desarrollo del producto para desayuno se llevó a cabo de acuerdo con lo descrito en Mindiolaza, G. J. (2020). Se realizaron las siguientes modificaciones: la harina de plátano desarrollada se agregó en diferentes proporciones en conjunto con harina de avena para lograr la sustitución de la harina de trigo. Adicionalmente, se agregaron leche en polvo, azúcar, aditivos y especias como parte de la materia prima. Se evaluaron las formulaciones realizadas y a partir de los resultados sensoriales y de preparación se eligió la mejor formulación.

### *7.1. Materiales*

- Harina de plátano
- Harina de avena
- Leche en polvo descremada
- Azúcar
- Sal
- Fosfato tricálcico anhidro
- Bicarbonato de sodio
- Canela
- Bolsas de vacío

## 7.2. Equipo

- Balanza analítica
- Selladora de vacío

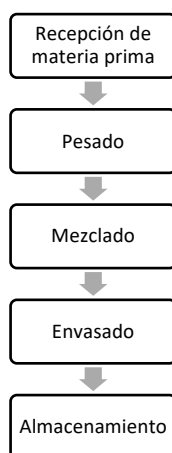
## 7.3. Formulación

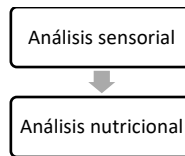
**Cuadro 5.** Formulación del producto de desayuno a base de harina de plátano a diferentes proporciones

Ingrediente	FORMULACIÓN PREMEZCLA 1		FORMULACIÓN PREMEZCLA 2	
	Peso (g)	Peso (%)	Peso (g)	Peso (%)
Harina de avena	58	58	39	39
Harina de plátano	15	15	28	28
Azúcar	14	14	20	20
Leche descremada en polvo	3	3	3	3
Sal	2	2	2	2
Fosfato tricálcico anhidro	0,5	0,5	0,5	0,5
Bicarbonato de sodio	4	4	4	4
Canela	3,5	3,5	3,5	3,5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 7.4. Diagrama de flujo del proceso

**Figura 14.** Diagrama de flujo para el desarrollo de un producto de desayuno a base de harina de plátano





**Fuente:** elaboración propia a partir de Mindiolaza, 2020.

### *7.5.Descripción del diagrama de flujo*

**Recepción de materia prima:** se recibió la materia prima consistiendo en la harina de plátano, harina de avena, leche en polvo descremada, azúcar, sal, fosfato tricálcico anhidro, bicarbonato de sodio y canela, asegurándose que todas se encontraban en buenas condiciones.

**Pesado:** cada ingrediente se pesó de acuerdo con la formulación establecida del producto.

**Mezclado:** en un recipiente se mezclaron todos los ingredientes hasta formar una mezcla homogénea.

**Envasado:** se envasó el producto en bolsas, asegurándose de contar con un contenido neto de 150 gramos

**Almacenamiento:** el producto final se almacenó en un espacio seco y fresco, a temperatura ambiente.

**Análisis sensorial:** los productos iniciales se evaluaron sensorialmente por un grupo reducido en el laboratorio para determinar aceptabilidad.

**Análisis nutricional:** los productos de desayuno desarrollados fueron evaluados nutricionalmente de acuerdo con la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

## 8. Pruebas de producto

### 8.1. Pruebas de consumidor

#### 8.1.1. *Panel sensorial*

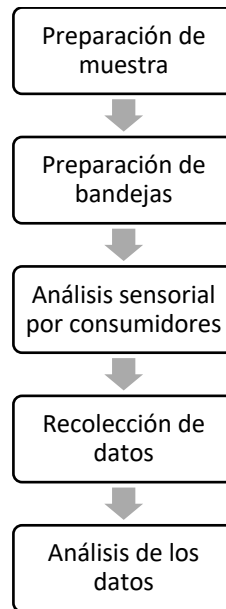
El panel sensorial se llevó a cabo posterior al desarrollo de los productos de desayuno considerando a 66 panelistas, contando con dos muestras siendo una de ellas la premezcla con 15% de harina de plátano y la segunda con 28% de harina de plátano. Se utilizó una prueba de preferencia empleando una escala hedónica como herramienta principal y se utilizó el método AOV para el análisis de datos. Las preguntas realizadas a los panelistas se encuentran en el Anexo 4.

##### 8.1.1.1. Materiales

- Premezcla desarrollada
- Agua
- Galletas soda
- Capacillos
- Vasos de plástico de 10 onzas
- Servilletas

### 8.1.1.2. Diagrama de flujo del proceso

*Figura 15. Diagrama de flujo para el análisis sensorial del producto final*



**Fuente:** elaboración propia.

### 8.1.1.3. Descripción del diagrama de flujo

**Preparación de muestra:** la premezcla de panqueques desarrollada se preparó añadiendo los ingredientes líquidos (leche y huevo) y luego se coció en un sartén a fuego bajo.

**Preparación de bandejas:** se prepararon las bandejas para los panelistas contando con una muestra del panqueque, un vaso de agua pura y una galleta soda.

**Análisis sensorial por consumidores:** se les solicitó a los panelistas que respondieran la encuesta compuesta por una escala hedónica brindada al inicio del panel para conocer la preferencia de las muestras.

**Recolección de datos:** se recolectaron los datos obtenidos en las encuestas en un archivo de Excel.

**Análisis de datos:** los datos obtenidos se analizaron mediante gráficas y escalas para lograr determinar la aceptación general del producto. Se empleó el método ANOVA como método principal de análisis de datos.

### 8.1.2. *Grupo focal de producto de desayuno*

El grupo focal para la evaluación del producto de desayuno se realizó de la siguiente manera:

- a. Se creó el guion a utilizar durante la actividad.
- b. Se realizó un reclutamiento de participantes, idealmente potenciales usuarios/consumidores.
- c. Se explicó el propósito del grupo focal y lo que se espera obtener del mismo a los participantes.
- d. Se explicó cómo se utilizarán los datos recopilados y los datos personales. Dado que se requirió de una grabación de audio, se solicitó el permiso de los participantes.
- e. Se planificó un ejercicio rompe hielo para generar un ambiente cómodo para los participantes.
- f. Se logró una discusión efectiva y el moderador no participó en la misma.
- g. Se planificó un ejercicio de cierre para lograr resumir temas clave, verificar la comprensión de los participantes y poder tener un espacio de preguntas.

Las consideraciones tomadas en cuenta para el grupo focal fueron: el propósito de la actividad fue conocer las preferencias de los consumidores sobre productos de desayuno, especialmente panqueques y si la formulación propuesta es agradable para ellos o no, así como también evaluar temas de precio, empaque, frecuencia de consumo y practicidad del producto, no se asignó un anotador/observador, únicamente el moderador y el producto utilizado en el grupo focal fue el que obtuvo una mayor preferencia en el panel sensorial. El guion del grupo focal utilizado se encuentra en el Anexo 5.

## 8.2. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó a la premezcla que obtuvo una mejor preferencia en el panel sensorial. De acuerdo con el RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, se realizó mediante el método de Petrifilm el recuento de mohos y levaduras, contando con un límite máximo permitido de 10 UFC/mL.

También, se realizó la caracterización de ausencia o presencia de *Salmonella spp.* en el producto final. De acuerdo con el RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, se tolera únicamente la ausencia de esta bacteria en el alimento.

El método de conteo se realizó a diferentes diluciones (-2 y -3) para poder determinar con precisión el contenido de microorganismos por muestra.

## 8.3. Pruebas fisicoquímicas

### 8.3.1. Actividad de agua

La actividad de agua de la premezcla de panqueques se midió con un medidor de actividad de agua marca Dahec modelo WA-60A bajo las siguientes especificaciones:

- Rango: 0 – 1.0 aW
- Resolución:  $\pm 0.01$  aW
- Tiempo de muestreo: 5 minutos
- Temperatura de operación: 0 – 50 °C
- Humedad de operación:  $\leq 95\%$  RH

(Dahec, 2021)

### 8.3.2. Humedad

La evaluación de humedad de la premezcla de panqueques se midió con una balanza de humedad Ohaus, modelo MB23 bajo las siguientes especificaciones:

- Capacidad máxima: 110 g

- Contenido de lectura de humedad: 10 mg/0.1%
- Tamaño de plato: 90 mm

(Ohaus, 2023)

## 9. Análisis proximal de producto final

### 9.1. Características químicas

El análisis proximal se realizó únicamente a la premezcla que obtuvo una mayor preferencia en el panel sensorial, por lo que la premezcla que obtuvo menor preferencia se descartó para este análisis. Este se realizó de acuerdo con diferentes métodos AOAC.

**Humedad:** se determinó el contenido de humedad por método AOAC 934.01

**Proteínas:** se determinó el contenido de proteínas por método de Kjeldahl AOAC 2001.11.

**Grasas:** se determinó el contenido de grasa cruda por método de Soxhlet AOAC 920.58.

**Fibra:** se determinó el contenido de fibra dietética por método AOAC 985.29.

**Cenizas:** se determinó el contenido de cenizas por método AOAC 938.08

**Carbohidratos:** se determinó el contenido de carbohidratos por diferencia:



$$\%Carbohidratos = 100\% - \%humedad - \%cenizas - \%proteínas - \%grasas - \%fibra$$

**Almidón:** se determinó el contenido de almidón de acuerdo con el inciso 2.6 de la metodología: Contenido total de almidones.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una harina de plátano verde de rechazo para exportación para su implementación en una premezcla para panqueques. Así mismo, se buscaba realizar una caracterización fisicoquímica y funcional tanto de la materia prima como de las harinas desarrolladas y evaluar con ello el rendimiento del proceso, su fácil implementación y la calidad de la harina y producto de desayuno final, asegurándose de cumplir con requerimientos y tendencias del mercado. Finalmente, se buscaba realizar pruebas de consumidor y producto a la premezcla para panqueques final y poder determinar así la calidad y aceptación de la misma dentro del mercado. A continuación se evidencian los resultados obtenidos para cada etapa desarrollada.

*Cuadro 6. Evaluación de color del plátano*

Cartilla de referencia	Evaluación de color
 <p data-bbox="316 1684 708 1711">1 2 3 4 5 6</p> <p>Cartilla de referencia que muestra una escala de color de plátano verde a amarillo, numerada del 1 al 6.</p>	 <p>Imágenes de plátanos que muestran el color evaluado, correspondiendo a la categoría 6 de la cartilla de referencia.</p>

El cuadro anterior muestra que los plátanos empleados en la parte experimental del trabajo se encontraban en un grado de maduración 2 de acuerdo con la cartilla de color de referencia. Este grado es de gran importancia puesto que a medida que la maduración aumenta, los contenidos de glucosa, manosa, fructosa, xilosa, galactosa y xiloglucano, los cuales se encuentran presentes en la fruta, también aumentan, lo que puede también impactar el índice glucémico de los consumidores (Quiceno, et al., 2014). Además, un grado de maduración 2 representa un contenido de almidones resistentes más alto, esto provoca que el cuerpo no pueda digerir fácilmente este componente de manera que se vuelve de actividad prebiótica para la microbiota intestinal. Con este resultado de maduración, se esperaba contar con un contenido de almidones relativamente alto tras la realización del análisis; sin embargo, el contenido de almidones pudo ser mayor si el plátano se hubiera encontrado verde en su totalidad. Los resultados del contenido de almidones se evidencian en el Cuadro 11.

*Cuadro 7. Evaluación de defectos de los plátanos*

<b>Defecto</b>	<b>Comentario</b>
Golpes	Los plátanos ingresados no contaban con golpes visibles tanto externos como internos
Deterioro de cáscara	Se observaron varias manchas negras en todos los plátanos, algunas ralladuras y cambios de color.
Insectos	Los plátanos no contaban con insectos adheridos.
Plagas	Los plátanos no contaban con plagas adheridas

El Cuadro 7 evidencia que la materia prima utilizada se encontraba en condiciones físicamente óptimas para el desarrollo de las harinas de la fruta y la premezcla final. No se detectaron golpes, insectos ni plagas y solo fue posible evidenciar algunas manchas de la cáscara y ralladuras, por lo que se determinó que los plátanos eran adecuados para el desarrollo de las distintas harinas. Sin embargo, aún contando con condiciones que no afectan significativamente al fruto, las manchas presentes en la fruta provocan que esta no cumpla con los estándares para exportación, esto debido a que las diferentes regulaciones de países para resalta la importancia y el requerimiento de la calidad de las frutas, volviendo esta materia prima una de rechazo para exportación.

**Cuadro 8. Mediciones de los plátanos**

<b>Calibre (mm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>
53.4 ± 0.10	27.5 ± 0.05	5.1 ± 0.05

En el cuadro anterior se analizan las distintas mediciones realizadas a los plátanos que ingresaron para la experimentación. El calibre, ancho y largo promedio obtenidos se determinan como factores de rechazo para exportación, dado que los rangos de mediciones ideales para exportar esta fruta son de 25 cm de largo, 48 mm de calibre y 4 cm de ancho (Nikosi Exports, 2023). Las mediciones específicas de la fruta pueden variar dependiendo de su especie y región de cultivo, así como también el control que se tiene sobre el grosor y número de dedos de cada plátano ya que esto puede provocar también una mayor aceleración en la maduración. En este caso, las mediciones obtenidas para los plátanos no afecta significativamente el desarrollo de las harinas, volviéndolos aptos para su uso en este trabajo.

**Cuadro 9. Características fisicoquímicas de los plátanos**

<b>Grados Brix (°Brix)</b>	<b>pH</b>
2.6 ± 0.02	6.5 ± 0.05

Las características fisicoquímicas de la fruta son de mucha importancia para la determinación tanto de la calidad como de la maduración de la misma. Se observa en el Cuadro 9 que los Grados Brix promedio medidos a los plátanos fueron de 0.2652 °Brix y el pH promedio resultó ser de 6.518. Estos resultados son ideales puesto que el contenido de sólidos solubles totales del plátano verde es bajo y tiende a aumentar hasta más de 15 °Brix a medida que la fruta se madura, esto debido a diferentes procesos hidrolíticos del almidón que se encuentra en el fruto, en los cuales este se degrada con mayor rapidez y provoca la acumulación de azúcares, siendo las principales la glucosa, fructosa y sacarosa. En cuanto al pH, el resultado obtenido es óptimo ya que a medida que el plátano se madura, el pH tiende a disminuir hasta un valor de 4 como consecuencia de la degradación de los almidones en azúcares reductores y la conversión de los mismos en ácido pirúvico, además de una mayor participación del ácido málico presente en el fruto (Quinceno, Giraldo & Villamizar, 2014).

**Cuadro 10.** *Acidez titulable de los plátanos*

<b>Muestra</b>	<b>Acidez titulable (%)</b>
Plátano verde	0.31 ± 0.02

De manera similar al Cuadro 9, la degradación de los almidones y la presencia de ácidos en la fruta provoca que la acidez del plátano se vea en aumento a medida que la fruta se madura debido a que los niveles de ácidos orgánicos incrementan aceleradamente durante el viraje de color de verde claro a amarillo, lo cual se relaciona directamente con la concentración de acidez y los azúcares totales. En el Cuadro 10 se observa que la acidez titulable del plátano utilizado es de 0.3166% lo cual es aceptable dado que a lo largo de la maduración, la acidez del plátano puede aumentar hasta 0.5% (Quinceno, Giraldo & Villamizar, 2014).

**Cuadro 11.** *Contenido total de almidones de los plátanos*

<b>Muestra</b>	<b>Contenido de almidón (%)</b>
Pulpa	36.97 ± 0.5
Cáscara	36.98 ± 0.5

El contenido de almidón del plátano verde tiende a encontrarse en un rango de 60-80% de almidón en base seca. En el Cuadro 11 se puede observar que para la cáscara se obtuvo un porcentaje de almidón de 36.98% y para la pulpa un contenido de 36.97%. Estos resultados indican que el plátano no se encontraba en el estado más adecuado de maduración ya que son significativamente bajos. En este caso, se determinó que la clasificación de maduración de la fruta de acuerdo a la cartilla de referencia en el cuadro 6 no fue la más adecuada, indicando que a pesar de que el color de la fruta varíe un poco, las reacciones químicas que ocurren dentro de la fruta, principalmente las de degradación de almidón, sí afectan significativamente el contenido total de este componente. Sin embargo, los resultados indican que aunque la fruta no se encontrara verde en su totalidad, todavía no alcanzaba el estado de maduración más bajo, dado que el contenido de almidón del plátano maduro tiende a encontrarse en un rango de 10-20% de almidón en base seca (MAPA, 2013).

**Cuadro 12.** *Contenido de propiedades nutricionales de las harinas desarrolladas*

<b>Propiedad</b>	<b>Harina de pulpa (%)</b>	<b>Harina de cáscara (%)</b>
Proteína	3.80 ± 0.12	6.78 ± 0.12
Fibra	14.47 ± 13.41	30.44 ± 6.00
Almidón	36.95 ± 0.50	36.89 ± 0.50

El plátano verde se caracteriza por tener un contenido nutricional significativo para el consumidor. En el cuadro anterior se puede observar las propiedades nutricionales medidas tanto para la harina de pulpa desarrollada como para la harina de cáscara. Los resultados obtenidos son óptimos ya que, de acuerdo con Toconás, N., et al. (2022), se considera un 4.5% de proteína, 1.73% de fibra y 73.5% de almidón como propiedades nutricionales de una harina de plátano verde. Exceptuando los almidones, los cuales se mencionaron que presentan un resultado bajo como consecuencia de un mayor grado de maduración, los contenidos de fibra y proteína son mayores a lo esperado y evidencian un aporte significativo de estos a la nutrición del consumidor. Es posible observar también que el contenido de almidones varía únicamente en 0.02% para la harina de pulpa y en 0.09% para la harina de cáscara en comparación al contenido de almidón para la pulpa y cáscara fresca que se muestra en el Cuadro 11, indicando que el proceso de desarrollo de harinas fue rápido y no permitió que la fruta continuara su proceso de maduración. En este caso, los datos obtenidos de proteína, fibra y almidón fueron indispensables para la formulación de la harina final que compone la premezcla, logrando aportar un contenido alto de dos principales macronutrientes al producto final.

**Cuadro 13.** *Rendimiento del proceso de desarrollo de harinas*

<b>Tipo de harina</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Harina de pulpa	28.26
Harina de cáscara	6.099

En el cuadro anterior se puede observar el rendimiento obtenido para cada una de las harinas desarrolladas, ambos calculados sobre el peso de la pulpa y cáscara fresca y no sobre el peso total de la fruta. La variación en los resultados se debe principalmente a que, previo a secar el producto para procesarlo en una harina, la materia prima se volvió una papilla agregándole un porcentaje de agua por lo que, el bajo porcentaje de la harina de cáscara se debe

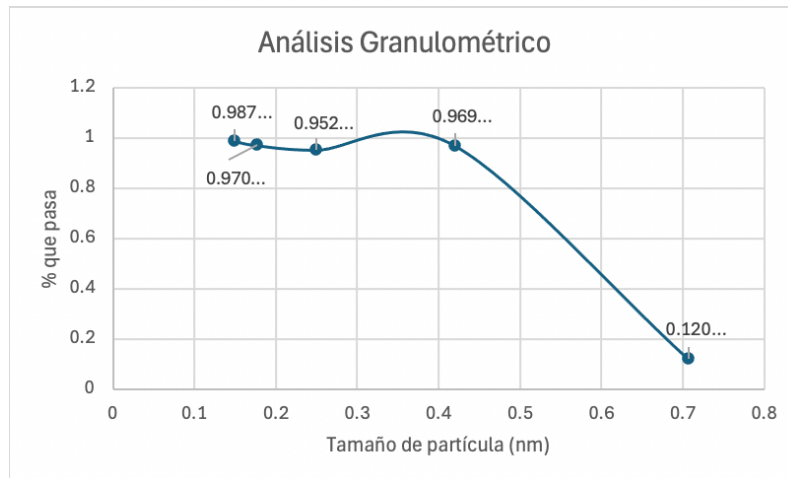
a que su contenido nutricional, principalmente fibra y almidón, absorbió la mayor cantidad de agua posible, reduciendo el volumen de papilla que se sometió al proceso de secado y dando como resultado un menor peso final. Además, la composición de la cáscara varía en relación a la composición de la fruta, principalmente porque su contenido de agua es mucho menor. Esto influye también en el rendimiento pues se cuenta desde un inicio con un menor peso de cáscara. Sin embargo, aún con un bajo rendimiento obtenido para la harina de cáscara, el proceso ayuda a la conversión de un subproducto sin uso a una fuente alta de fibra al incorporarlo en un alimento final.

**Cuadro 14.** *Humedad de las harinas desarrolladas*

<b>Tipo de harina</b>	<b>Humedad (%)</b>
Harina de pulpa	4.860 ± 0.010
Harina de cáscara	3.790 ± 0.010

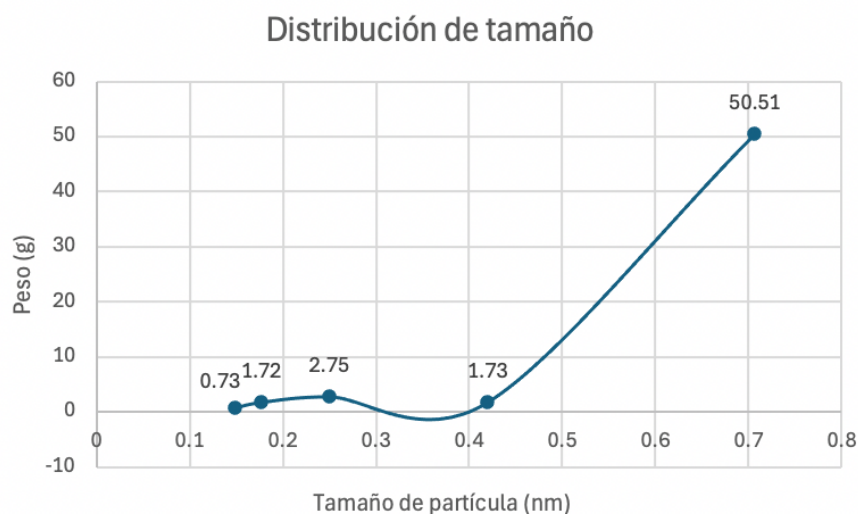
Como parte de las características fisicoquímicas de las harinas desarrolladas, en el cuadro anterior se observan las humedades medidas para cada una de ellas. La humedad de la harina de pulpa resultó ser de 4.86% y la humedad de la harina de cáscara es de 3.79%. Estas variaciones se deben al contenido de agua de la fruta. En promedio, el plátano verde cuenta con 75.1% de contenido de agua, del cual el 66.2% se encuentra en la pulpa. Esto provoca que la cáscara presente una menor humedad en comparación a la pulpa. De acuerdo con Encarnación, S. S. & Salinas, J. D. (2017), el porcentaje de humedad de la harina de pulpa oscila entre 6% - 10% mientras que el porcentaje de humedad de la harina de cáscara se encuentra entre 5% - 8%. Esto indica que los resultados obtenidos son ideales, inclinándose a que el método de secado empleado es eficiente para la eliminar la mayor cantidad de agua posible del producto.

**Figura 16.** Gráfica de análisis granulométrico para harina de pulpa



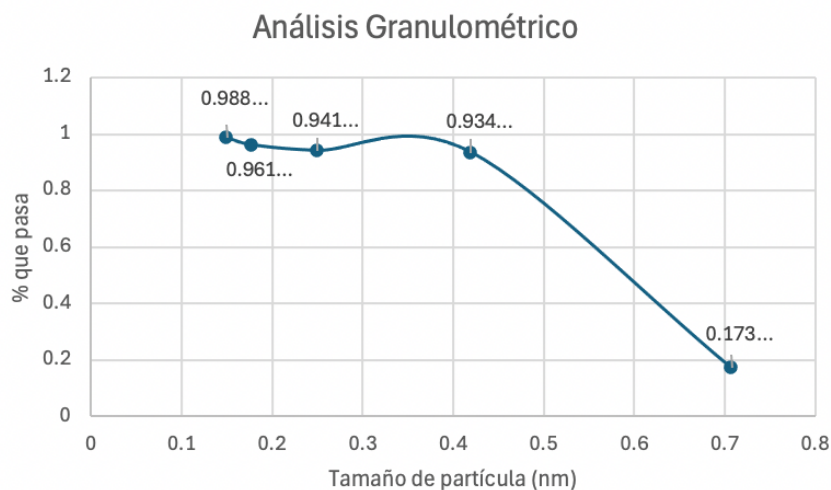
En la figura anterior se puede observar el análisis granulométrico para las harina de pulpa. Este se trabajó con 5 mallas de diferente tamaño, siendo 25 la más grande y 100 la más pequeña. Se observa que 0.987% de la harina de pulpa atravesó el tamiz número 25 ASTM (707  $\mu\text{m}$  o 0.7 mm) y únicamente 0.120% atravesó el tamiz 100 ASTM (149  $\mu\text{m}$  o 0.15 mm). El bajo porcentaje que atraviesa el tamiz 100 ASTM indica que la molienda de la pulpa seca para su transformación en harina no fue la más adecuada, dado que deja partículas más grandes que las mallas, dando a conocer que se podría emplear otro método de molienda para poder obtener mejores resultados.

**Figura 17.** Gráfica de distribución de tamaño de partícula para harina de pulpa



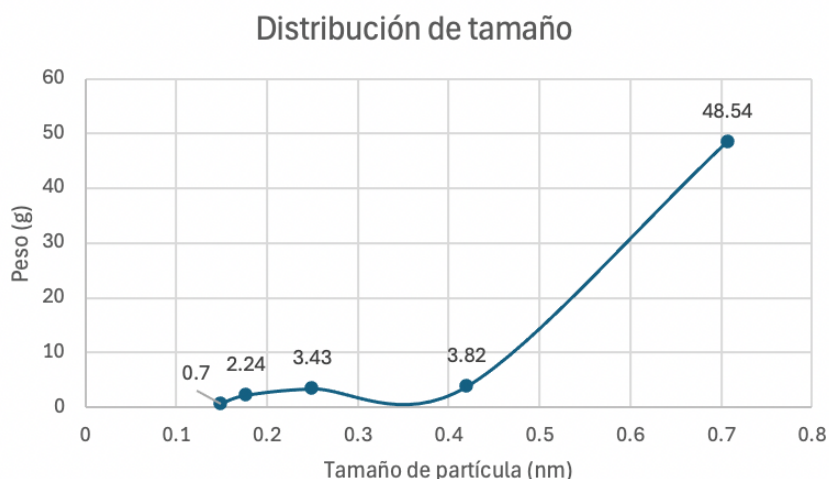
La Figura 17 confirma los resultados obtenidos en la Figura 16, en donde se observan las distribuciones de tamaño respecto al peso que se retuvo en las mallas, y se observa que la mayor cantidad de material retenido fue superior a 0.1 mm (100  $\mu\text{m}$ ). Los porcentajes de retención, de igual manera, indican que la molienda de la harina no fue la más ideal ya que no alcanzó a romper con mayor precisión las partículas, además del tiempo y eficiencia del proceso de tamizado. Estos resultados no significan que la harina no sea óptima para su uso en la premezcla, sino que indican que se puede llegar a tener un mayor desperdicio de la misma al no poder emplearla en su mejor tamaño de partícula.

**Figura 18.** Gráfica de análisis granulométrico para harina de cáscara





En la Figura 18 se puede observar el análisis granulométrico para la harina de cáscara desarrollada. Al igual que con la harina de pulpa, esta se trabajó con 5 mallas de diferente tamaño, siendo 25 la más grande y 100 la más pequeña. Se observa que 0.988% de la harina de pulpa atravesó el tamiz número 25 ASTM (707  $\mu\text{m}$  o 0.7 mm) y únicamente 0.173% atravesó el tamiz 100 ASTM (149  $\mu\text{m}$  o 0.15 mm). Del mismo modo, el bajo porcentaje que atraviesa el tamiz 100 ASTM indica que la molienda de la cáscara para su transformación en harina no fue la más adecuada, dado que deja partículas más grandes que las mallas.

**Figura 19.** Gráfica de distribución de tamaño de partícula para harina de cáscara



Al igual que en la Figura 18, se confirma con la figura anterior que las distribuciones de tamaño respecto al peso que se retuvo en las mallas varían significativamente, determinando que la mayor cantidad de material retenido fue superior a 0.1 mm (100  $\mu$ m). Se recalca la importancia de la búsqueda de otros de molienda para la obtención de partículas más pequeñas; o bien, el uso de un tamaño de partícula mayor para la elaboración de la premezcla para panqueques final.

**Cuadro 15.** Color de las harinas desarrolladas

Muestra	Parámetro del croma	Ángulo Hue (°)	Color obtenido
Harina de pulpa	25.40	84.70	
Harina de cáscara	34.57	75.37	

El análisis funcional de las harinas desarrolladas consistió en diferentes pruebas: color, capacidad de absorción de agua, capacidad gelificante y capacidad de retención de solventes. En cuanto al color, en el Cuadro 19 se observa que se obtuvo un ángulo Hue de 84.70° para la harina de pulpa y 75.37° para la harina de cáscara. Estos resultados representan un color marrón claro para la harina de pulpa y un café claro con tonos verdes y amarillos para la harina de cáscara de acuerdo a la gráfica de espacio de color en el Anexo 7. Además, con un parámetro del croma de 25.40 para la la harina de pulpa y de 34.57 para la harina de cáscara, se determina


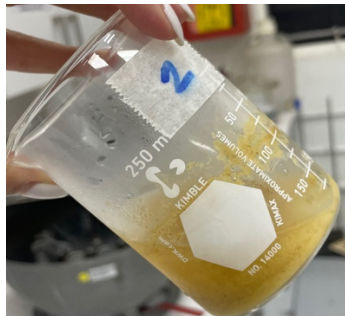
que ambas cuentan con una baja intensidad del color, se acercan más a los tonos grises y son más desaturados.


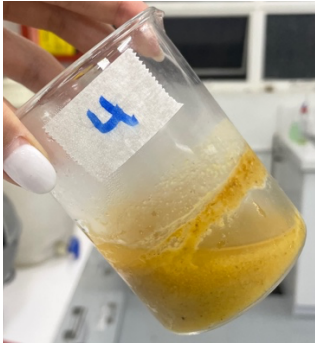

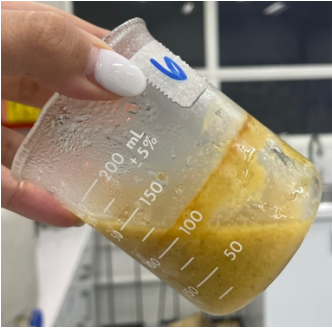

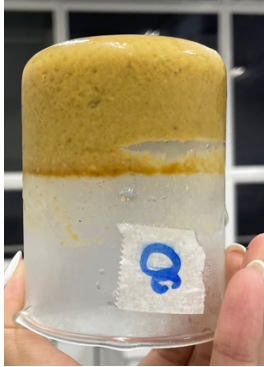
**Cuadro 16.** Capacidad de absorción de agua de las harinas desarrolladas

Tipo de harina	Porcentaje de absorción de agua (%)
Harina de pulpa	99.43 ± 0.04
Harina de cáscara	99.03 ± 0.04

En el cuadro anterior se observa la absorción de agua de las harinas desarrolladas. Estos altos contenidos de absorción se deben a que las harinas cuentan con un gran contenido de fibra y almidón, componentes que cuentan con una alta retención de agua, principalmente los almidones resistentes del plátano verde. Como se observa en el Cuadro 12, el contenido de fibra para la harina de pulpa y de cáscara es de 14.47% y 30.44% respectivamente, siendo estos significativamente altos y representando ser un alto porcentaje de fibra soluble, tipo de fibra que más se caracteriza por su alta retención de agua. Los almidones por otro lado, contribuyen a la absorción tras cambiar la estructura del gránulo, logrando así influir también en casi el 100% de absorción de agua en las harinas.

**Cuadro 17.** Capacidad gelificante de las harinas desarrolladas

Tipo de solución	Harina de pulpa	Harina de cáscara
Solución al 2% (p/v)		

Tipo de solución	Harina de pulpa	Harina de cáscara
Solución al 4% (p/v)		
Solución al 6% (p/v)		
Solución al 8% (p/v)		

La prueba de capacidad gelificante medida a las harinas se relaciona con la capacidad de absorción de agua. En el cuadro anterior se observa que a medida que aumenta el contenido de harina en una solución, es decir, cuando el peso de muestra utilizada es similar al contenido de agua empleado, se absorbe una mayor cantidad de agua y se comienza a desarrollar una gel a partir de la solución. El mejor resultado fue la solución al 8% (p/v), en donde se observa que la gel se forma completamente, logrando posible voltear el vaso completamente sin que ocurran

derrames. Es importante recalcar que se observó una mayor gelificación en la harina de cáscara, debido a que esta cuenta con un contenido de fibra mayor que la harina de pulpa lo que hace posible que el agua se absorba mejor y forme una gel más resistente. Estos resultados son importantes para la formulación final de la premezcla puesto que incluirán en la consistencia del producto luego de su hidratación, indicando que se debe agregar una porción de harina de plátano menor para lograr mantener una consistencia lo suficientemente líquida y poder obtener panqueques con condiciones organolépticas óptimas.

**Cuadro 18.** Capacidad de retención de solventes de las harinas desarrolladas

<b>Tipo de solvente</b>	<b>Harina de pulpa (%)</b>	<b>Harina de cáscara (%)</b>
Sacarosa al 50%	93.84 ± 0.04	90.09 ± 0.04
Carbonato de sodio al 5%	98.96 ± 0.05	99.25 ± 0.05
Ácido láctico al 5%	97.35 ± 0.04	96.68 ± 0.04
Agua destilada	95.52 ± 0.04	98.23 ± 0.04

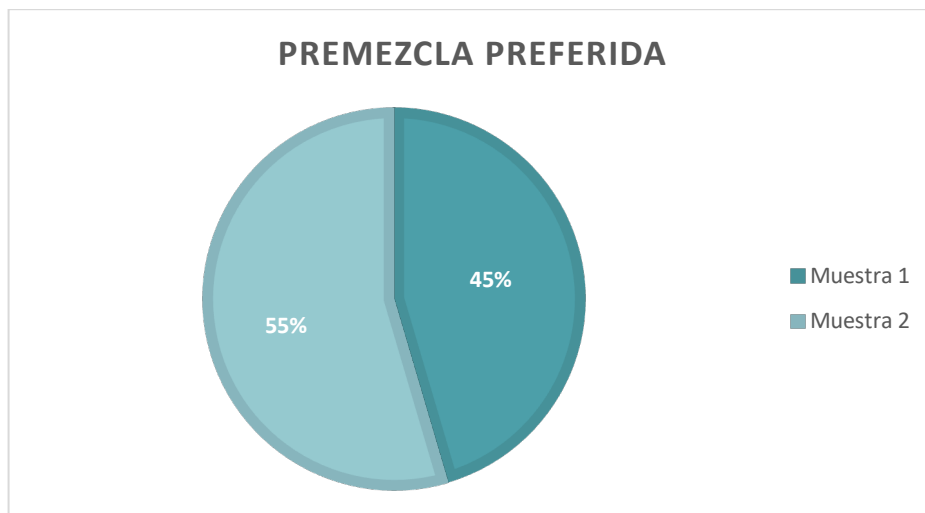
La prueba de retención de solventes, similar a la prueba de capacidad de absorción de agua y de capacidad gelificante dio como resultado altos porcentaje de retención a los distintos solventes utilizados. Se observa que el solvente con mayor retención fue el carbonat de sodio al 5%. Esto debido a que el carbonato de sodio puede llegar a alterar la estructura de los almidones, de manera que aumenta al absorción de los mismos hacia esta solución. Por otro lado, la solución de sacarosa no posee el mismo efecto de alteración en la estructura de los almidones, lo cual se refleja en el menor porcentaje de retención. De igual manera, es posible observar cómo la harina de cáscara tiende a mantener una mayor retención de líquidos debido a su composición nutricional. Sin embargo, ambas harinas muestran resultados óptimos, lo que indica que son aptas para ser diluidas adecuadamente.

**Cuadro 19.** Matriz de evaluación del proceso de desarrollo de las harinas

Método empleado en el desarrollo	Tiempo de operación	Facilidad de operación de equipo	Consumo energético	Cantidad de pasos durante la operación	Precio en el mercado de equipos con capacidad similar	Calidad de la harina producida
Secador de tambor	5	3	33 kW/h	3	Q. 7,736.22	4

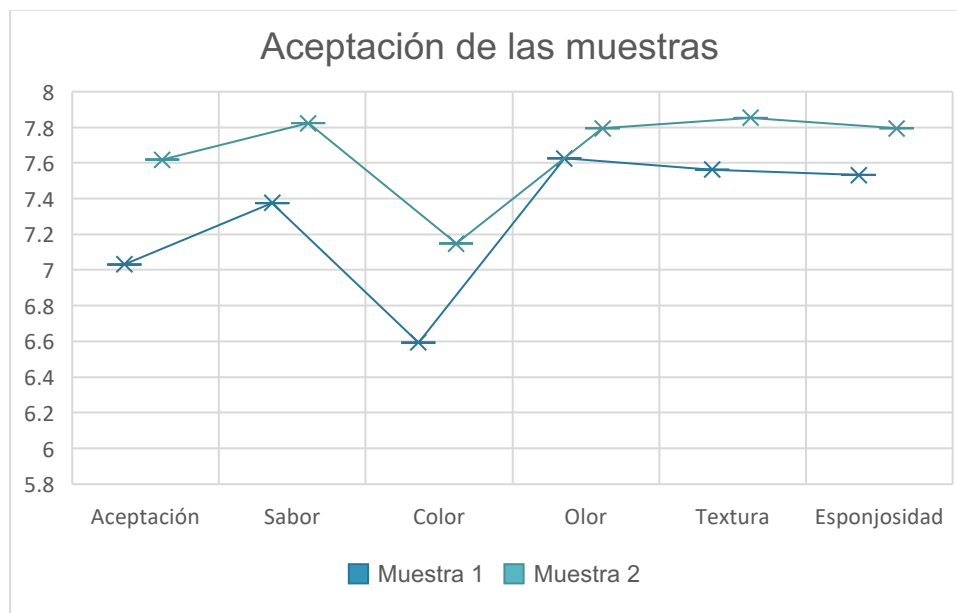
El cuadro anterior muestra la matriz de evaluación que se corrió al proceso de secado. En este caso se puede observar que el emplear un secador de tambor es óptimo en temas de eficiencia ya que su tiempo de operación es mínimo, siendo este menor o igual a una hora. Por otro lado, el método de secado presenta dificultades ya que su operación requiere de mucha atención para asegurar un secado adecuado y una velocidad y separación de tambores ideal. Otra desventaja que se observó del proceso es el precio del equipo y su consumo energético, lo cuales vuelve a este equipo muy costoso para una operación pequeña. De acuerdo con los criterios de evaluación definidos en el inciso 5.3.1 de la metodología, el secado por tambor representa una buena implementación del proceso y es competitivo ante otros métodos de deshidratación.

**Figura 20.** Preferencia de la premezcla de panqueques



Las pruebas de consumidor permitieron conocer más a profundidad los gustos e inclinaciones de los consumidores a los diferentes productos. Al contar con dos formulaciones de premezcla de panqueques, a las cuales se les varió el porcentaje de harina de plátano en la formulación, se obtuvieron resultados del panel sensorial que permitieron conocer las preferencias y aceptaciones de los consumidores. En la Figura 19 se puede observar que los panelistas mostraron una mayor preferencia por la formulación #2 la cual contaba con un porcentaje mayor de harina de plátano (28%). Sin embargo, la diferencia en la preferencia de las premezclas fue mínima ya que la formulación #1 mostró un total de 45% de preferencia y la formulación #2 mostró un 55% de preferencia.

**Figura 21.** Aceptación de la premezcla de panqueques



En cuanto a la aceptación del producto, se puede observar en la Figura 20 que la muestra #2, siendo esta la que contaba con un mayor contenido de harina de plátano, le ganó sobre la mayoría de categorías de aceptación a la muestra con menor contenido de harina de plátano.

Por otro lado, la formulación de la premezcla, como se observa en el Cuadro No. 5 de la metodología, cuenta con distintos ingredientes para lograr obtener una premezcla agradable para los consumidores. Comenzando con la harina de plátano, esta se utilizó como base en la formulación y como objetivo principal del presente trabajo. Se cuenta también con harina de avena la cual permite la sustitución total de la harina de trigo y se eligió por el contenido de

fibra que aporta al producto en comparación a una harina de trigo, además de ser un ingrediente altamente preferido por los consumidores como sustituto al consumo de harina de trigo. En cuanto al azúcar presente en la formulación, este ingrediente además de aportar dulzor al producto, ayuda a mantener la humedad de los panqueques para conseguir una textura más esponjosa y elástica, una mayor frescura y su proceso de caramelización durante la cocción contribuye a la coloración dorada del panqueque. Este ingrediente se eligió principalmente por estar presente en premezclas similares y por la alta inclinación de los consumidores hacia un sabor más dulce. La leche descremada en polvo atribuye al sabor, color, humedad, fortalecimiento de la estructura y enriquecimiento nutricional de los panqueques y se eligió por la versatilidad del mismo y la contribución al sabor del producto final. En cuanto a la sal, esta tiene la funcionalidad de potenciar los sabores de los ingredientes, mejorar la esponjosidad y a equilibrar la actividad leudante en la formulación y se eligió por la capacidad de obtener la consistencia y calidad agradable para los consumidores. También, se utilizó fosfato tricálcico anhidro por su poder de regular la acidez del producto y representar una fuente de calcio y bicarbonato de sodio por su capacidad leudante que contribuye a la textura y el volumen de los panqueques y se eligieron por el sistema de leudante balanceado. Finalmente, se agregó canela a la formulación principalmente por el sabor que le atribuye a los panqueques y por la preferencia de los consumidores al identificar el sabor como uno hogareño. Todos estos ingredientes se escogieron ya que son los utilizados en premezclas tradicionales conocidas

**Cuadro 20.** Resumen de respuestas del grupo focal de la premezcla para panqueques

<b>Aspecto</b>	<b>Observaciones</b>
El producto llama la atención	Sí
Consumo	Sí
Frecuencia de consumo	1-2 veces a la semana
Empaque	Uso de colores asociados al plátano, énfasis en los ingredientes y declaraciones, uso de caja de cartón
Precio que pagaría	Q. 20.00 – Q. 25.00
Realizaría cambios	No
Calificación general (1-10)	8 – 9

El grupo focal realizado permitió conocer las preferencias de los consumidores sobre productos de desayuno, especialmente panqueques y si la formulación #2 propuesta, la preferida en el panel sensorial, es agradable para ellos o no, así como también evaluar temas de precio, empaque, frecuencia de consumo y practicidad del producto. Los hallazgos principales fueron que a los participantes les llamó la atención del producto principalmente por presentar una sustitución parcial de la harina de trigo, por contar con un contenido de fibra alto y por los beneficios de los almidones resistentes. Se detectó también una mayor inclinación a un posible consumo más frecuente de panqueques con la premezcla presentada por sus distintos beneficios, fácil preparación, sabor agradable y listado de ingredientes. Se determinó que el precio de compra adecuado del producto se encuentra en un rango de Q. 20.00 – Q.25.00 y en cuanto a la imagen del producto, se buscan colores llamativos que representen los ingredientes, declaraciones nutricionales y un empaque de bolsa y caja de cartón.

**Cuadro 21.** Recuento de análisis para la muestra de premezcla para panqueques

<b>Prueba</b>	<b>UFC/g</b>
Mohos y levaduras	10
Salmonella spp.	Ausencia

A la premezcla de panqueques final se le corrieron análisis microbiológicos para asegurar la integridad del producto, siendo estos un análisis de recuento de mohos y levaduras y un análisis de presencia o ausencia de *Salmonella spp.* En el cuadro anterior se observa el recuento de mohos y levaduras en donde se observa un recuento de 1 UFC/mL, cumpliendo con lo descrito en el RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimento, el cual detalla que el límite máximo permitido de mohos y levaduras en este alimento es de 10 UFC/mL. Por otro lado, se analizó la ausencia o presencia de *Salmonella spp.* en la premezcla para panqueques y, como se observa en el Cuadro 21, la muestra no cuenta con la presencia de esta bacteria, cumpliendo de igual manera con lo descrito en el RTCA 67.04.50:08.

**Cuadro 22.** Características fisicoquímicas de la premezcla para panqueques

<b>Humedad (%)</b>	<b>Actividad de agua</b>
2.80 ± 0.0100	0.521 ± 0.003

Al igual que con las harinas desarrolladas, la premezcla para panqueques fue sometida a análisis fisicoquímicos. En el Cuadro 22 se observa que la humedad de la premezcla es de 2.80%, encontrándose en el rango adecuado descrito por Encarnación, S. S. & Salinas, J. D. (2017), el cual es de 3% - 6%. Por otro lado, se obtuvo una actividad de agua 0.521, la cual es baja e ideal para una harina, la cual debe mantenerse entre 0.3 a 0.6 Aw. Estos resultados indican que el método de secado y las condiciones de trabajo fueron óptimas para el desarrollo de la premezcla final, principalmente porque se eliminó la mayor cantidad de agua durante el secado de la fruta, además de haber trabajado en condiciones secas y contar con un almacenamiento ideal para prevenir la presencia de humedad en el producto.

**Cuadro 23.** Análisis proximal de la premezcla para panqueques

<b>Análisis</b>	<b>Contenido (%)</b>
Humedad	6.111 ± 0.05
Cenizas	6.181 ± 0.05
Grasa	2.993 ± 0.05
Proteína	8.271 ± 0.10
Fibra	13.60 ± 4.10
Carbohidratos	62.85 ± 4.10

En el Cuadro 23 se observa el análisis proximal de la premezcla para panqueques. Los resultados obtenidos representan valores adecuados, igual o mayores, para cada uno de los componentes en relación a premezclas de harinas tradicionales. El principal resultado obtenido se centra en el contenido de fibra de la premezcla. Generalmente, las premezclas para panqueques tradicionales contienen de 0 a 2% de fibra, lo cual hace destacar este producto final por su alto contenido en fibra, evidenciando la presencia de este componente en el plátano verde, principalmente en la cáscara utilizada para el desarrollo de harina y su posterior incorporación en la premezcla para panqueques.

**Cuadro 24.** Comparación de macronutrientes entre premezcla elaborada y premezcla de harina de trigo

<b>Macronutriente</b>	<b>Contenido en premezcla desarrollada (g)</b>	<b>Contenido en premezcla de harina de trigo “Gold Medal” (g)</b>
Carbohidratos	62	75
Grasa	3	2
Proteína	8	9
Fibra	13	--

El cuadro anterior muestra la comparación entre la premezcla para panqueques desarrollada y una premezcla tradicional a base de harina de trigo marca “Gold Medal”. Se puede observar que los contenidos de proteína y grasa no varían significativamente entre ambos productos; sin embargo, el contenido de carbohidratos y fibra si experimenta una variación importante. Los cambios en el contenido de carbohidratos se deben a la composición de las materias primas. La harina de trigo se compone de un cereal con alto porcentaje de almidones, además de que entre el 70% al 80% del peso del trigo son carbohidratos, mientras que la harina de plátano cuenta con una proporción menor de almidones los cuales se transforman en azúcares simples, que componen un alto porcentaje de su peso. Por otro lado, el contenido de fibra en la premezcla de panqueques desarrollada es mayor a la premezcla tradicional por el alto contenido de este componente en la naturaleza del plátano, además de que, en la premezcla tradicional, la harina empleada es una harina refinada, la cual durante su proceso de refinación reduce significativamente diferentes nutrientes, entre ellos la fibra.

**Figura 22.** Premezcla de harina de plátano verde desarrollada



La figura anterior muestra la premezcla para panqueques desarrollada a partir de harina de plátano verde. Se puede observar que cuenta con un color beige y que su textura es un polvo suelto con algunas partículas de mayor tamaño como consecuencia de la aglomeración de la harina de avena. La premezcla final resultó en una mezcla homogénea que se adecúa a las condiciones visuales con relación al plátano y demás ingredientes utilizados. Al lado derecho se observa la presentación empacada al vacío, empaque que previno el ingreso de humedad al producto durante su tiempo de almacenamiento.

**Figura 23.** Panqueques realizados a partir de la premezcla de harina de plátano verde desarrollada



La figura anterior muestra los panqueques elaborados a partir de la premezcla desarrollada. Como se puede comparar con la Figura 22, el color del panqueque final no varía significativamente en comparación a la premezcla en polvo. Se determinó que sí se generan burbujas en el producto durante su cocción, como en el caso de uso de una premezcla tradicional, pero estas son menores y toman más tiempo en aparecer. Por otro lado, los panqueques muestran propiedades organolépticas adecuadas, siendo estas sabor, color, olor, textura y esponjosidad agradables para el consumidor final.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló una premezcla para panqueques libre de gluten utilizando proporciones de harina de pulpa y cáscara de plátano verde (*Musa paradisiaca*), la cual mostró resultados nutricionales altos, un rendimiento de proceso esperado para el tipo de producto y una alta aceptación por parte de consumidores potenciales, evidenciando así ser un producto apto para desayuno y presentar beneficios para el sistema gastrointestinal de los consumidores.
2. Se desarrolló de una harina plátano verde (*Musa paradisiaca*) la cual cuenta con seis proporciones de harina de pulpa por una proporción de harina de cáscara presentando características tecnológicas, de calidad y alto contenido nutricional, principalmente 13g de fibra y 8g de proteína, adecuado para su utilización en panqueques libres de gluten.
3. Las harinas de pulpa y cáscara mostraron propiedades funcionales adecuadas como una alta capacidad de absorción de agua, retención de solventes y formación de geles, siendo la harina de cáscara la que contó con un mayor porcentaje de absorción y una mejor gelificación debido a su alto contenido de fibra.
4. Se determinó que el método de secado por tambor utilizado fue ideal para mantener una humedad baja en las harinas desarrolladas y lograr una gelatinización de los almidones del plátano y el rendimiento del proceso se ve altamente relacionado con el contenido nutricional de la materia prima así como también a las condiciones de operación del equipo y el impacto de estas en la fruta.
5. Los consumidores mostraron una preferencia ligera a la premezcla con mayor contenido de harina de plátano (28%) y esta fue muy bien aceptada en cuanto a sabor, beneficios nutricionales y facilidad de preparación.
6. La premezcla cumplió con los requisitos microbiológicos requeridos por las normativas de alimentos, además de cumplir con valores fisicoquímicos bajos de humedad y actividad de agua, ideal para la prolongación de la vida de anaquel del producto.

## IX. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que pueden ayudar a profundizar el análisis de este trabajo y continuar agregando valor se encuentra principalmente el análisis de la actividad prebiótica de los almidones resistentes propios del plátano. Se recomienda llevar a cabo la evaluación microbiológica de heces fecales para determinar si tanto la fibra contenida en la premezcla de panqueques como el contenido de almidón resistentes representan beneficios para la microbiota intestinal, como consecuencia de la indigestión de ambos componentes. Además, se recomienda realizar una fermentación en una simulación de intestino para evaluar la funcionalidad prebiótica de los almidones mediante la formación de ácidos grasos de cadena corta.

También, se recomienda llevar a cabo un análisis económico y comercial para evaluar la viabilidad económica del producto en cuanto a los costos de producción como del potencial de mercado. Con ello, se puede evaluar el valor del producto mediante la comparación de precios respecto a productos similares, la distribución y comercialización del mismo, los beneficios en relación a la economía circular y las posibilidades de optimización del proceso para reducir el consumo energético y resguardar la calidad del producto, evaluando diferentes temperaturas y tiempos del secador de rambor. De la mano con la integridad del producto, se recomienda llevar a cabo análisis de estabilidad del producto durante su almacenamiento para comprender la durabilidad de la premezcla y su comportamiento a diferentes condiciones ambientales, como humedad y temperatura. Además, se puede evaluar el uso de la harina de plátano verde desarrollada en diferentes aplicaciones como galletas, panes, batidos, entre otros y evaluar la escalabilidad del proceso para conocer si es o no factible llevar el proceso a nivel industrial.

Es recomendable evaluar la colaboración con productores locales para establecer alianzas cooperativas que garanticen el suministro constante de plátano de rechazo para así fortalecer la cadena de valor y apoyar el crecimiento económico de las comunidades rurales. Finalmente, se recomienda buscar colaboración con algunas ONG para la implementación de la premezcla en programas de alimentación escolar o comunitaria, para poder apoyar a la mejora de la nutrición infantil en áreas vulnerables y poder atacar la seguridad alimentaria, la salud y la sostenibilidad en las áreas más vulnerables.

Finalmente, se recomienda desarrollar la harina de plátano con proporciones de harina de pulpa y harina de cáscara a diferentes grados de maduración de la materia prima. Esto permitirá evaluar el valor nutricional del producto final ya que si se cuenta con un grado de maduración más verde, es posible analizar de mejor manera el efecto de los almidones resistentes contenidos en la fruta, mientras que si se cuenta con un grado de maduración más alto, es decir una fruta más madura, el contenido de azúcares simples del plátano puede mejorar significativamente el sabor del producto final así como también la palatabilidad en distintas matrices alimenticias. Por otro lado, un grado de maduración más bajo puede presentar una mayor estabilidad térmica y mejor formación de masas para lograr sustituir ingredientes en productos de panificación y un grado de maduración alto puede representar una reducción en costos tras no requerir de ingredientes adicionales en la formulación.

## X. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J. A. (2022). *Plátano (Musa paradisiaca) variedad hartón como alternativa socioeconómica de la vereda Tamacay, municipio de Tame-Arauca*. Universidad de la Salle, Colombia.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1264&context=ingenieria\\_agronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1264&context=ingenieria_agronomica)
- Arias, M. G.; Bermúdez, M. A.; Canessa, S. F. y Sánchez, C. F. (2019). *Elaboración y comercialización de premezcla para preparar panqueques nutritivos, saludables y naturales*. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú.  
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6f5463c8-223b-43ea-8c44-a3b991fc1bd4/content>
- Bambill, F. y González, E. J. (2021). *Alternativas para el aprovechamiento de descartes vegetales de una empresa de alimentos en Mar del Plata*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.  
<https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/571/Bambill%2BGonz%C3%A1lez-TFG-II-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrios, A. G. y Gutiérrez, B. J. (2023). *Elaboración de harina de cáscara de plátano verde (Musa Paradisiaca cv. "Curaré Enano") y su revalorización en salchicha tipo Bratwwurst y pan integral*. Universidad Zamorano, Honduras.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6612570d-381c-4f71-a63e-44f3fa14cec0/content>
- Bioser. (2023). La importancia de los ODS en la seguridad alimentaria. Bioser, España.  
<https://www.bioser.com/la-importancia-de-los-ods-en-la-seguridad-alimentaria/#:~:text=Este%20ODS%20busca%20promover%20medidas,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero.>

- Boza, S. et al. (2018). *Rechazos de exportaciones por incumplimiento de medidas no arancelarias: el caso de los productores agrícolas latinoamericanos en la frontera de Estados Unidos*. Universidad de Chile, Chile.  
<https://revistaei.uchile.cl/index.php/REI/article/view/52047/57284#toc>
- Cachay, L. (2017). *Maduración controlada y color en bananos*. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Perú.  
<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2499/1/MADURACION%20CONTR OLADA%20Y%20COLOR%20EN%20BANANOS.pdf>
- Canchanya, M. K. y Munive, R. (2019). *Evaluación de la actividad prebiótica in vitro y propiedades funcionales de la harina de pulpa de calabaza (Curcubita ficifolia)*. Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú.  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5399/T010\\_46929484\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5399/T010_46929484_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cano, O. (2014). *Tipos de secado en alimentos*. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, México.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/296/K%2040027%20Cano%20Cruz%20C%20Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona, L. F. (2023). *Establecimiento de 5000 m<sup>2</sup> de plátano (Musa paradisiaca) como modelo productivo en municipio de San Vicente del Caguán, Vereda Bajo Villa Nueva – Caquetá, Colombia*.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1304&context=ingenieria\\_agronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1304&context=ingenieria_agronomica)
- Castillo-Arévalo, T. et al. (2022). <<Identificación de la problemática en la exportación del cultivo de plátano, en el departamento de Rivas, Nicaragua>>. *Revista Universitaria del Caribe*, Nicaragua. Vol. 27. No. 2.
- Cayo, M. E. (2019). *Factores críticos que inciden en la rentabilidad económica del banano (Musa acuminata) para exportación en la etapa de poscosecha*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13296/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-157.pdf>

Clair, L. (2022). *Entender el análisis SRC en molinería y panadería*. Chopin Technologies – Grupo KPM Analytics, México. <https://www.iaom.org/wp-content/uploads/04kpmla22.pdf>

Cole-Parmer. (s. f.). Tamices: Tamizadoras y tamices Cole-Parmer de 3” de diámetro. <https://pim-resources.coleparmer.com/catalog-page/yv14-0982.pdf>

Contreras-Pérez, R. K.; De la Torre-Gutiérrez, L.; González-Cortés, N. y Jiménez-Vera, R. (2018). <<Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (Musa balbisiana Colla)>>. *European Scientific Journal*, vol. 14 no. 30: 82-97.

Cornejo, R.; Azúm, J. L.; Gorozabel, W.; Vargas, P.; Mendoza, F. y Macías, R. (2020). <<Valor nutritivo in vitro de la cáscara Musa paradisiaca L., pre-tratada con enzima exógena xilanasa>>. *Revista Pastos y Forrajes*, vol. 43 no. 1.

Dahec. (2021). Medidor de actividad de agua WA-60A. Dahec Instrumentación. <https://www.dahecinstrument.com/producto/medidor-de-actividad-de-agua-alta-precision-wa-60a/>

Domínguez, P. J. (2020). <<Necesidades sentidas del consumidor en relación a la industrial alimentaria>>. *Revista Nutrición Hospitalaria*, vol. 35, No. 4. Madrid, España.

Esquerra, M. (2022). *Premezclas: una herramienta clave para la practicidad*. Centro Tecnológico Granotec, Argentina. [https://www.granotec.com.ec/premezclas-una-herramienta-clave-para-la-practicidad/#:~:text=Las%20premezclas%20en%20panader%C3%ADa%20se,pocos%20ingredientes%20\(agua%2C%20aceite%2C](https://www.granotec.com.ec/premezclas-una-herramienta-clave-para-la-practicidad/#:~:text=Las%20premezclas%20en%20panader%C3%ADa%20se,pocos%20ingredientes%20(agua%2C%20aceite%2C)

Estrada, J. C.; Sánchez, G. y González, S. (2021). *Harina de plátano (Musa Paradisiaca): su uso potencial como ingrediente para la elaboración de frituras*. Universidad Tecnológica de León, México.

[http://reaxion.utleon.edu.mx/Art\\_Harina\\_de\\_platano\\_Musa\\_paradisiaca\\_su\\_uso\\_potencial\\_como\\_ingrediente\\_para\\_la\\_elaboracion\\_de\\_frituras.html](http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Harina_de_platano_Musa_paradisiaca_su_uso_potencial_como_ingrediente_para_la_elaboracion_de_frituras.html)

Encarnación, S. S. y Salinas, J. D. (2017). *Elaboración de harina de plátano verde (Musa paradisiaca) y su potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca*. Universidad Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bd9f3e6d-7003-4a00-8f5e-bf1f49f9eb7d/content>

FAO. (2020). Manejo del plátano (Musa sp.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. República de Panamá, Panamá. <https://www.fao.org/3/ca9579es/CA9579ES.pdf>

FAO. (2010). Portal Terminológico de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faoterm/viewentry/es/?entryId=35590#:~:text=Una%20premezcla%20o%20mezcla%20preliminar,microingredientes%20en%20una%20mezcla%20mayor.>

Fernández, E.; López, B.; Santurino, C. y Gómez, C. (2021). <<Composición nutricional y declaraciones nutricionales del plátano de Canarias>>. *Revista Nutrición Hospitalaria*, 38(6): 1248-1256.

Fernández, N. (2017). *Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y TEF*. Universidad de Valladolid, España. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/29440/TFM-L355.pdf?sequence=1>

Fuentes, M. A.; Reyes, J.; Rodríguez, J. A.; González, R. y López, D. (2020). *Capítulo 8: harina de plátano (Musa Paradisiaca) para elaboración de atole*. Investigaciones en la innovación, competitividad y sostenibilidad en las ciencias sociales.

González-Luna, R.; Bautista-Villareal, M.; Amaya-Guerra, C. A.; Báez-González, J. G. y Moreno-Limón, S. (2018). *Evaluación tecno-funcional de la harina, aislado e hidrolizado proteico obtenidos de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.), quínoa*

(*Chenopodium quinoa Willd.*) y *chía* (*Salvia hispanica L.*). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Revista de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, vol. 3, p. 579-587.

Guiñazú, C. (2020). *Harinas sin gluten de origen vegetal para el desarrollo de productos alimentarios. Aplicaciones, propiedades nutricionales y características funcionales*. Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/157885/Gui%c3%b1az%c3%ba%20%20Harinas%20sin%20gluten%20de%20origen%20vegetal%20para%20el%20desarrollo%20de%20productos%20alimentarios.%20Apli....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hanna Instruments. (s. f.). Tester de pH para queso Foodcare. Hanna Instruments. <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi981032-tester-de-ph-para-queso-foodcare>

Hanna Instruments. (s. f.). Refractómetro digital para el análisis del azúcar en la industria alimenticia (% Brix). Hanna Instruments. <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi96801-refractometro-digital-para-el-analisis-del-azucar-en-la-industria-alimenticia-brix>

HunterLab. (2024). MiniScan EZ 4500: espectrofotómetro portátil. HunterLab. <https://www.hunterlab.com/es/products/portable-spectrophotometers/miniscan-ez-4500/>

INCAP. (2022). INCAP presenta las tendencias de la situación alimentaria en Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala. <https://www.incap.int/index.php/es/publicaciones-destacadas/473-tendencias-de-la-situacion-alimentaria-en-guatemala>

Konica Minolta. (2023). Entendiendo el espacio de color CIE L\*C\*h\*. Konica Minolta Sensing Americas, Inc. <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lch/>

- Lavado, M. A.; Yenque, J. A. y Robles, R. (2012). *Estudio de rendimiento de harina de lúcumo a partir del fruto fresco*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. *Revista de Investigación, Industrial Data*, vol. 15, núm 1, enero-junio, 2012, pp. 127-130.
- López, L. (2018). <<Hábitos y cultura alimentaria: desayuno en Guatemala>>. Universidad Mariano Gálvez, *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, vol. 24, pp. 45-48. Guatemala, Guatemala.
- MAGA. (2016). Plátano (*Musa sp.*). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala.  
[https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/informacion\\_del\\_sector/agro\\_en\\_cifras/2016/individuales/Platano%20Agro%20en%20Cifras%202016.pdf](https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/informacion_del_sector/agro_en_cifras/2016/individuales/Platano%20Agro%20en%20Cifras%202016.pdf)
- MAGA. (2020). Informe de daños ocasionados por las depresiones tropicales ETA e IOTA y análisis de las principales variaciones de precios en mercados mayoristas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala.  
<https://precios.maga.gob.gt/archivos//resumenfinal-etaiota.pdf>
- MAGA. (2020). Planeamiento de épocas de siembra y de cosecha. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala.  
<https://precios.maga.gob.gt/novedades/%C3%A9pocas-de-siembra-y-cosecha/>
- MAPA. (2013). Plátano. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Guatemala.  
[https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano\\_tcm30-102883.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/platano_tcm30-102883.pdf)
- MAPA. (2020). Sector Agrícola en Guatemala. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Guatemala. [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/ministerio-externo/america-central-caribe/2021fichaicexagricolaguatemala\\_tcm30-576578.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/ministerio-externo/america-central-caribe/2021fichaicexagricolaguatemala_tcm30-576578.pdf)
- Martínez-González, M. E.; Balois-Morales, R.; Alia-Tejacal, I.; Cortes-Cruz, M. A.; Palomino-Hermosillo, Y. A. y López-Guzmán, G. G. (2017). *Poscosecha de frutos: maduración*

y cambios bioquímicos. Universidad Autónoma de Nayarit, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, spe. 19.

Maupoey, P. F.; Andrés, A. M.; Barat, J. M. y Albors, A. M. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Universidad Politécnica de Valencia, España. [https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC\\_4092\\_02\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true)

McCabe, W. L. (1991). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Madrid: McGraw-Hill.

Melchor, M.; Rodríguez, J. D. y Díaz, M. A. (2016). *Comportamiento de compra y consumo de productos dietéticos en los jóvenes universitarios*. Universidad del Norte, Revista de Pensamiento y Gestión, núm, 41, pp. 174-193. Barranquilla, Colombia.

Miguel, A. S. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la elaboración y comercialización de productos para el desayuno a base de cushuro, en Lima Metropolitana y Estados Unidos*. Pontífica Universidad Católica del Perú, Perú. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/20790/MIGUEL\\_BALVIN\\_ALANNIS\\_ESTUDIO\\_PREFACTIBILIDAD\\_ELABORACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/20790/MIGUEL_BALVIN_ALANNIS_ESTUDIO_PREFACTIBILIDAD_ELABORACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mindiolaza, G. J. (2020). *Obtención de harina de plátano como componente en el desarrollo de un suplemento alimenticio*. Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador. <http://181.198.35.98/Archivos/MINDIOLAZA%20ALVARADO%20GILBERT%20JOEL.pdf>

MINECO. (2021). Pequeños y medianos productores de banano de Izabal buscan poner en marcha cadenas de valor. Ministerio de Economía, Gobierno de la República de Guatemala, Guatemala. <https://guatemala.gob.gt/pequenos-y-medianos-productores-de-banano-de-izabal-buscan-poner-en-marcha-cadenas-de-valor/>

Navarro, A. R.; Segura-Badilla, O.; Quezada-Figueroa, G.; Moss-Vásquez, J.; Kammar-García, A.; Lazcano-Hernández, M. y Vera-López, O. (2021). PO. 242.

*Aprovechamiento de cáscara de plátano (Musa sp) para consumo humano.*  
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2021/suplemento-1/>

Nikosi Exports. (2023). Cavendish Banana. Nikosi Exports.  
<https://nikosiexports.com/index.php?id=cavendish-banana>

Núñez, F. M. (2003). *Extracción y caracterización del almidón de banano verde y de su residuo de pulpa.* Universidad Zamorano, Honduras.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c1bc1021-7e98-47ae-a451-9a2e4333c6a7/content>

OECD. (2023). Plátanos en Guatemala. Observatorio de Complejidad Económica.  
<https://oec.world/es/profile/bilateral-product/bananas/reporter/gtm>

Ohaus. (2023). Analizadores de humedad MB23. Ohaus. <https://mx.ohaus.com/es-mx/mb23-6>

Olayo-Contreras, V. M.; Alemán-Castillo, S. J.; Rodríguez-Castillejos, G. y Castillo-Ruiz, O. (2023). *Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo.* Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, México. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, vol. 24.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2021000100221#:~:text=Estos%20son%20capaces%20de%20resistir,enfermedades%20cardiovasculares%20y%20el%20c%3%A1ncer.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2021000100221#:~:text=Estos%20son%20capaces%20de%20resistir,enfermedades%20cardiovasculares%20y%20el%20c%3%A1ncer.)

Ortiz, I. A.; Álvarez, V.; González, G.; Valenzuela, L. M.; Potisek, M. y Chávez, J. A. (2015). <<Concentración de almidón y proteínas solubles en tubérculos de *Caladium bicolor* en diferentes etapas fenológicas>>. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, núm. 3, p. 483 – 494.

Parlamento Europeo. (2023). Economía circular: definición, importancia y beneficios. Parlamento Europeo, España.  
<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>

- Pillco, C. J.; Guzmán, D. y Cuéllar, J. E. (2021). <<Composición fisicoquímica y análisis Ica – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú>>. *Revista Sociedad Química*. 87(1). <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v87n1/2309-8740-rsqp-87-01-14.pdf>
- Preciado-Saldaña, A. M.; Ruiz-Canizales, J.; Villegas-Ochoa, M. A.; Dominguez-Avila, J. A. y González-Aguilar, G. A. (2022). <<Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria: un acercamiento a la economía circular>>. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 23, núm. 2, p. 92.
- Quiceno, M. C.; Giraldo, G. A. y Villamizar, R. H. (2014). *Caracterización fisicoquímica del plátano (Musa paradisiaca sp. AAB, Simmonds) para la industrialización*. Universidad del Quindío, Colombia. *UG Ciencia* 20. 48-54.
- Quilca, V. L. (2016). *Secador de bandejas para hierbas aromáticas dedicado a la microindustria*. Universidad Técnica del Norte, Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5516/1/04%20MEC%20126%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Rodríguez, B. S. (2019). *Caracterización reológica de papillas infantiles, preparadas con harina de papas ecuatorianas (Solanum andigena), previo y posterior al proceso de deshidratación mediante un tambor rotatorio*. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29621/1/AL%20704.pdf>
- Salazar, R. (2004). *Evaluación de tres tipos de bolsas de protección del racimo de banano (Musa sapientum) y la aplicación de insecticida-fungioida a la misma, en la Agropecuaria Bonampak, Aldea Cerro Colorado, La Gomera, Escuintla*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2069.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2069.pdf)
- Secretaría de Salud. (2015). La importancia del desayuno. Gobierno de México, México. <https://www.gob.mx/salud/articulos/la-importancia-del-desayuno>

- UC Davis. (2014). Plátano Maduro. Postharvest Research and Extension Center. University of California, Davis. <https://postharvest.ucdavis.edu/es/produce-facts-sheets/platano-maduro>
- UN. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- UTPL. (2022). Uso de subproductos, nueva tendencia en la producción de alimentos. Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. <https://noticias.utpl.edu.ec/uso-de-subproductos-nueva-tendencia-en-la-produccion-de-alimentos>
- Vergara, D. M. y González, M. E. (2017). <<Ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico) y patologías intestinales>>. *Revista de Nutrición Hospitalaria*, vol. 34. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112017001000012](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112017001000012)

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Ecuaciones

#### Ecuación 1. Determinación de la acidez titulable del plátano

$$\text{Acidez titulable} = \frac{\text{mL NaOH} * \text{Normalidad} * \text{Peso equivalente del ácido}}{\text{Volumen de la muestra en mL}} * 100$$

#### Ecuación 2. Determinación del contenido total de almidones

$$C = \left( \frac{A - b}{m} \right) \div 0.1$$

En donde:

- C: concentración del almidón
- A: absorbancia
- m: pendiente de la recta
- b: intersección con el eje y

#### Ecuación 3. Determinación el porcentaje de nitrógeno para la determinación de proteína

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{\text{volumen HCl} * \text{Normalidad HCl} * 1.4007}{\text{Peso de la muestra}}$$

#### Ecuación 4. Determinación del contenido de proteína

$$\% \text{Proteína} = \text{Factor proteína} * \% \text{Nitrógeno}$$

En donde:

- Factor proteína: 6.25

**Ecuación 5.** Determinación del contenido de grasa

$$\%Grasa = \frac{Peso\ grasa}{Peso\ muestra} * 100$$

**Ecuación 6.** Determinación del contenido de humedad

$$\%Humedad = \frac{Peso\ muestra\ inicial - Peso\ muestra\ seca}{Peso\ muestra\ inicial} * 100$$

**Ecuación 7.** Determinación del contenido de cenizas

$$\%Cenizas = \frac{Peso\ cenizas}{Peso\ muestra\ inicial} * 100$$

**Ecuación 8.** Determinación del contenido de fibra

$$\%Fibra = \frac{Peso\ muestra\ inicial - Peso\ residuo - Peso\ proteína - Peso\ cenizas - Peso\ de\ blanco}{Peso\ muestra\ inicial} * 100$$

**Ecuación 9.** Determinación del contenido de carbohidratos

$$\%Carbohidratos = \%Humedad - \%Grasa - \%Proteína - \%Cenizas - \%Fibra$$

**Ecuación 10.** Rendimiento del proceso

$$\%Rendimiento = \frac{Peso\ final}{Peso\ inicial} * 100$$

**Ecuación 11.** Parámetros del croma

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

En donde:

- L\*: luminosidad
- a\*: coloración entre verde (-) y rojo (+)
- b\*: coloración entre amarillo (+) y azul (-)

**Ecuación 12.** Ángulo Hue

$$^{\circ}H = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

En donde:

- L\*: luminosidad
- a\*: coloración entre verde (-) y rojo (+)
- b\*: coloración entre amarillo (+) y azul (-)

**Ecuación 13.** Capacidad de absorción de agua

$$\% \text{Absorción de agua} = \frac{\text{Peso muestra hidratada} - \text{Peso agua absorbida}}{\text{Peso muestra inicial}} * 100$$

**Ecuación 14.** Preparación de soluciones hijas de almidón

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

En donde:

- C<sub>1</sub>: concentración de la solución madre
- V<sub>1</sub>: volumen de la solución madre necesario
- C<sub>2</sub>: concentración de la solución hija que se desea
- V<sub>2</sub>: volumen final de la solución hija que se desea preparar

**Ecuación 15.** Propagación de error para sumas y restas

$$Sy = \sqrt{Sa^2 + Sb^2 + Sc^2 + \dots}$$

En donde:

- Sy: incertidumbre total
- Sa, Sb, Sc, ... : incertidumbres de las mediciones

**Ecuación 16.** Propagación de error para multiplicaciones y divisiones

$$\frac{Sy}{y} = \sqrt{\left(\frac{Sa}{a}\right)^2 + \left(\frac{Sb}{b}\right)^2 + \left(\frac{Sc}{c}\right)^2 + \dots}$$

En donde:

- Sy: incertidumbre total
- y: valor del resultado del cálculo
- Sa, Sb, Sc, ... : incertidumbres de las mediciones
- a, b, c, ... : valores de las mediciones

**Ecuación 17.** Determinación del peso que atraviesa el tamiz para el análisis granulométrico

$$\text{Peso que pasa} = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} * 100$$

## Anexo 2. Datos originales

*Cuadro 25. Mediciones originales de los plátanos*

<b>Plátano</b>	<b>Calibre (<math>\pm 0.1000</math> mm)</b>	<b>Largo (0.05000 cm)</b>	<b>Ancho (0.05000 cm)</b>
1	55	24.5	5.4
2	50	26.1	4.5
3	51	26.9	4.8
4	49.5	28.2	4.9
5	54	28.4	5.2
6	52.5	29.7	5.1
7	52	27.4	5
8	55	27	5.5
9	53	29.3	4.9
10	55	26.7	5.2
11	58.5	24.7	5.7
12	55	28.1	5.3
13	53.5	31	5.2
14	50	25.9	4.4
15	51.5	27.3	5
16	55.5	24	4.7
17	53	26.4	5
18	56	27.1	5.4
19	59	30	5.4
20	54.5	31	5
21	52.5	28	4.9
22	53	29.2	5.2
23	50.5	26.7	4.8

**Cuadro 26.** Resultados de titulación de la acidez de plátanos

<b>Muestra</b>	<b>NaOH (<math>\pm 0.025</math> mL)</b>
Plátano verde 1	9.5
Plátano verde 2	9.4

**Cuadro 27.** Absorbancias medidas para la determinación de almidones

<b>Tipo de absorbancia</b>	<b>Absorbancia (0.5000 nm)</b>
Cáscara	0.6500
Pulpa	0.7500
Harina de Cáscara	1.367
Harina de Pulpa	2.442
Premezcla	0.8330

**Cuadro 28.** Datos para el análisis de proteína de la harina de pulpa y harina de cáscara

<b>Muestra</b>	<b>Peso (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Volumen HCl (<math>\pm 0.025</math> mL)</b>
Cáscara M1	0.2517	2
Cáscara M2	0.2517	1.9
Pulpa M1	0.2535	1.1
Pulpa M2	0.2524	1.1

**Cuadro 29.** Datos para el análisis de fibra de la harina de pulpa y harina de cáscara

<b>Muestra</b>	<b>Peso muestra (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso crisol (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso célite (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso final (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso residuo (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
Cáscara M1	1.0015	34.6995	0.5004	35.5805	0.3806
Cáscara M2	1.0039	36.9383	0.5006	37.8033	0.3644
Cáscara M3	1.0044	35.1220	0.5016	35.9923	0.3687
Cáscara M4	1.0015	33.5680	0.5003	34.4576	0.3893
Pulpa M1	1.0020	35.3044	0.5012	35.9217	0.1161
Pulpa M2	1.0005	36.0491	0.5000	36.6643	0.1152
Pulpa M3	1.0053	34.6243	0.5006	35.2428	0.1179

*Cuadro 30. Pesos de las harinas para la determinación del rendimiento*

<b>Producto</b>	<b>Peso pulpa inicial (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso harina final (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
Harina de pulpa	5842.2	1651.13
Harina de cáscara	3077.8	187.70

*Cuadro 31. Parámetros de color medidos para las harinas*

<b>Muestra</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Cáscara M1	50.42	8.63	32.94
Cáscara M2	51.42	8.72	33.44
Cáscara M3	52.66	8.85	33.98
Pulpa M1	52.71	2.42	25.66
Pulpa M2	51.9	2.36	25.46
Pulpa M3	50.08	2.27	24.75

*Cuadro 32. Datos para la determinación de la capacidad de absorción de agua*

<b>Muestra</b>	<b>Peso muestra (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso muestra hidratada (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso agua absorbida (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
Cáscara M1	2.021	14.91	12.91
Cáscara M2	2.018	14.57	12.57
Pulpa M1	2.014	16.67	14.67
Pulpa M2	2.009	16.15	14.15

*Cuadro 33. Datos para la determinación de la capacidad de retención de solventes*

<b>Tipo de solvente</b>	<b>Peso absorbido harina de pulpa (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso absorbido harina de cáscara (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
Agua destilada	23.11	23.33
Sacarosa	22.67	21.91
Ácido láctico	23.36	23.35
Carbonato de sodio	22.12	22.10

*Cuadro 34. Datos para el análisis de proteína de la premezcla para panqueques*

<b>Muestra</b>	<b>Peso (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Volumen HCl (<math>\pm 0.025</math> mL)</b>
M1	0.2506	2.7
M2	0.2504	2.1
M3	0.2505	2.3

*Cuadro 35. Datos para el análisis de fibra de la premezcla para panqueques*

<b>Muestra</b>	<b>Peso muestra (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso crisol (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso célite (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso final (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso residuo (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
M1	1.0011	43.1284	0.5008	43.7609	0.1317
M2	1.0026	35.1212	0.5001	35.7590	0.1377
M3	1.0025	33.5684	0.5005	34.1985	0.1296
M4	1.0010	42.8529	0.5002	43.4687	0.1156
M5	1.0009	36.9389	0.5002	37.5785	0.1394
M6	1.0008	29.7180	0.5007	30.3419	0.1232

*Cuadro 36. Datos para el análisis de grasa de la premezcla para panqueques*

<b>Muestra</b>	<b>Peso vaso (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso muestra (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso final (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
M1	75.1263	7.0025	75.3244
M2	76.9738	7.0067	77.1912
M3	73.5887	7.0055	73.8022

*Cuadro 37. Datos para el análisis de cenizas de la premezcla para panqueques*

<b>Muestra</b>	<b>Peso muestra (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso crisol (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso tapa (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>	<b>Peso final (<math>\pm 0.00005</math> g)</b>
M1	1.5005	22.835	14.8048	37.7344
M2	1.5003	24.4783	13.3346	37.9058
M3	1.5003	19.2925	14.6085	33.9917

**Cuadro 38.** Datos para el análisis de humedad de la premezcla para panqueques

<b>Muestra</b>	<b>Peso vaso (± 0.00005 g)</b>	<b>Peso tapa (± 0.00005 g)</b>	<b>Peso muestra (± 0.00005 g)</b>	<b>Peso final (± 0.00005 g)</b>
M1	11.4828	4.5561	6.0007	21.6051
M2	12.0182	4.2176	6.0008	21.9031
M3	10.8738	4.2581	6.0005	20.8003

**Cuadro 39.** Pesos medidos para el análisis granulométrico de las harinas de pulpa y cáscara

<b>Mesh</b>	<b>Harina de pulpa</b>			<b>Harina de cáscara</b>		
	<b>Peso total (g)</b>	<b>Peso tamiz (g)</b>	<b>Peso retenido (g)</b>	<b>Peso total (g)</b>	<b>Peso tamiz (g)</b>	<b>Peso retenido (g)</b>
25	140.29	89.78	50.51	138.32	89.78	48.54
40	85.64	83.91	1.73	87.73	83.91	3.82
60	82.94	80.19	2.75	83.62	80.19	3.43
80	82.87	81.15	1.72	83.39	81.15	2.24
100	80.9	80.17	0.73	80.87	80.17	0.7
Base	102.26	100.98	1.28	102.26	100.98	1.28

**Cuadro 40.** Datos medidos para el análisis de distribución de tamaño

<b>Mesh</b>	<b>Harina de Pulpa</b>				<b>Harina de Cáscara</b>			
	<b>Peso retenido (g)</b>	<b>Tamaño de partícula (µm)</b>	<b>Tamaño de partícula (nm)</b>	<b>Peso que pasa (%)</b>	<b>Peso retenido (g)</b>	<b>Tamaño de partícula (µm)</b>	<b>Tamaño de partícula (nm)</b>	<b>Peso que pasa (%)</b>
25	50.51	707	0.707	0.1206	48.54	707	0.707	0.1735
40	1.73	420	0.42	0.9698	3.82	420	0.42	0.9349
60	2.75	250	0.25	0.9521	3.43	250	0.25	0.9415
80	1.72	177	0.177	0.970	2.24	177	0.177	0.9618
100	0.73	149	0.149	0.9872	0.7	149	0.149	0.9880

**Cuadro 41.** Datos promedio para el análisis de aceptación sensorial de la premezcla de panqueques

<b>Característica</b>	<b>Muestra 874</b>	<b>Muestra 923</b>
General	7.631	7.030
Sabor	7.723	7.254
Color	7.000	6.985
Olor	7.538	7.418
Textura	7.477	7.687
Esponjosidad	7.477	7.642

**Cuadro 42.** Resumen de respuestas del grupo focal para la premezcla de panqueques desarrollada

<b>No. Pregunta</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Respuestas</b>	<b>Observaciones</b>
1	¿Qué opina de las innovaciones/variaciones a los productos alimenticios tradicionales? P.E. sustituciones de harinas, altos en nutrientes, alternativas plant – based, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es necesario porque los deseos de los consumidores se deben acoplar a la industria</li> <li>-Es una buena alternativa para poder cumplir diferentes necesidades</li> <li>-Están logrando que los consumidores se adapten a los cambios</li> <li>-Es bueno porque fomenta mucho la competencia</li> <li>- Es capaz de mover el mercado a productos más saludables y ricos</li> </ul>	Cada participante pensó su respuesta y la comparó con las respuestas de los demás participantes.

No. Pregunta	Pregunta	Respuestas	Observaciones
2	¿Ha consumido productos que presenten una sustitución total o parcial de harinas? Por ejemplo, productos que su harina principal es trigo y es sustituida por otro tipo como avena, soya, arroz	Ninguno de los participantes ha visto una sustitución total, únicamente parcial en productos como galletas, panqueques y pastas. Tienen conocimiento de que en otros lugares sí existen sustituciones totales.	Los participantes tardaron en contestar esta pregunta para identificar qué productos cuentan con sustituciones parciales.
3	¿ Tiene conocimiento del contenido nutricional del plátano verde? Por ejemplo, si es alto en fibra, en vitaminas, minerales.	Conocen el contenido de fibra y el contenido de potasio únicamente.	Los participantes tardaron en contestar esta pregunta porque no tenían tanto conocimiento.
4	¿Consumen panqueques? ¿Con qué frecuencia?	Si consumen panqueques, la mayoría de participantes consumen de 1 a 2 veces por semana, otros participantes consumen de 2 a 3 veces al mes.	Los participantes contestaron velozmente sin dudar la respuesta.
5	Escuchando únicamente la descripción, sin tomar en cuenta otros aspectos, ¿qué le llama más la atención del producto?	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es interesante que sea una sustitución total y sí parece una harina y premezcla normal</li> <li>-Es bueno que se utiliza el plátano completo para aprovechar sus beneficios</li> <li>-Es ideal que se trate el tema de la economía circular</li> <li>-La mezcla de avena y plátano es ideal por su aceptación con diferentes alimentos</li> </ul>	Los participantes tardaron en contestar la pregunta para considerar cuáles fueron los mayores insights que pudieron percibir de la premezcla presentada.

No. Pregunta	Pregunta	Respuestas	Observaciones
6	¿Consumiría este producto?	Todas las respuestas fueron que sí consumirían el producto.	Los participantes contestaron velozmente sin dudar la respuesta.
7	¿ Con qué frecuencia lo consumiría? ¿Mantendría la misma frecuencia? ¿Aumentaría su frecuencia por su contenido nutricional?	Las respuestas se mantuvieron en: -Sí mantendría mi consumo -Probablemente aumentaría mi consumo	Los participantes tardaron en responder, analizando si aumentarían el consumo por las propiedades nutricionales.
8	Tomando en cuenta la imagen como referencia, ¿cómo le gustaría que fuera el empaque del producto? ¿En caja, bolsa, bote, qué tipo de etiqueta, qué colores?	-Mantendría la misma caja -Utilizaría colores asociados a los colores del plátano y colores que dan hambre. -Haría énfasis en los ingredientes, especialmente en la cáscara y pulpa de plátano -Mencionaría el contenido de fibra y propiedades nutricionales -Presentaría gráficos o imágenes que den a entender mejor el producto.	Los participantes tomaron más tiempo en contestar esta pregunta, se pusieron a analizar en la apariencia de la competencia y como poder resaltar este producto.

No. Pregunta	Pregunta	Respuestas	Observaciones
9	Tomando en consideración las características del producto y las ideas de empaque, asumiendo una presentación de 450 g ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto en el supermercado?	Los precios que estarían dispuestos a pagar por una presentación de 450 g de la premezcla se encuentran en un rango de Q20.00 siendo el mínimo que pagarían y Q25.00 siendo el máximo que pagarían.	Los participantes tardaron en contestar pues analizaron el precio/calidad de la competencia antes de dar su respuesta.
10	¿ Qué le gustaría cambiar del producto?	Todos los participantes respondieron que no cambiarían nada del producto.	Los participantes contestaron velozmente sin dudar la respuesta.
11	Si tuviera que evaluar el producto de 1-10 en base a lo escuchado hoy, ¿Qué calificación le daría?	La evaluación se mantuvo en un rango entre 8 – 9.	Los participantes contestaron velozmente sin dudar la respuesta.

### Anexo 3. Cálculos

#### Cálculo 1. Determinación de la acidez titulable del plátano

$$Acidez\ titulable = \frac{9.45\ mL * 0.1N * 0.067g/meq}{20\ mL} * 100 = 0.3166\%$$

**Cálculo 2.** Determinación del contenido total de almidón en la cáscara del plátano

$$C = \frac{0.65 \text{ nm} - 714}{193} \div 0.1 = 36.983\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el contenido total de almidón en la pulpa del plátano, la harina de pulpa, harina de cáscara y la premezcla para panqueques.

**Cálculo 3.** Determinación el porcentaje de nitrógeno para la determinación de proteína en la harina de cáscara

$$\%Nitrógeno = \frac{2 \text{ mL} * 0.1 \text{ N} * 1.4007}{0.2517 \text{ g}} = 1.11\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el porcentaje de nitrógeno para la determinación de proteína en la harina de pulpa y la premezcla para panqueques.

**Cálculo 4.** Determinación del contenido de proteína en la harina de cáscara

$$\%Proteína = 6.25 * 1.11\% = 6.956\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el contenido de proteína en la harina de pulpa y la premezcla para panqueques.

**Cálculo 5.** Determinación del contenido de grasa en la harina de cáscara

$$\%Grasa = \frac{0.1338 \text{ g}}{8.0018 \text{ g}} * 100 = 1.67\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el contenido de grasa en la harina de pulpa y la premezcla para panqueques.

**Cálculo 6.** Determinación del contenido de humedad en la premezcla para panqueques

$$\%Humedad = \frac{6.0007 \text{ g} - 5.5662 \text{ g}}{6.0007 \text{ g}} * 100 = 7.24\%$$

**Cálculo 7.** Determinación del contenido de cenizas en la premezcla para panqueques

$$\%Cenizas = \frac{0.0946 \text{ g}}{1.5005 \text{ g}} * 100 = 6.30\%$$

**Cálculo 8.** Determinación del contenido de fibra en la harina de cáscara

$$\%Fibra = \frac{2.006 \text{ g} - 0.758 \text{ g} - 0.039 \text{ g} - 0.104 \text{ g} - 0.0004}{2.006 \text{ g}} * 100 = 30.6\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el contenido de grasa en la harina de pulpa y la premezcla para panqueques.

**Cálculo 9.** Determinación del contenido de carbohidratos en la premezcla para panqueques

$$\%Carbohidratos = 6.111\% - 2.993\% - 8.27\% - 6.181\% - 13.59\% = 62.85\%$$

**Cálculo 10.** Rendimiento del proceso para el desarrollo de la harina de pulpa

$$\%Rendimiento = \frac{1651.13 \text{ g}}{5842.2 \text{ g}} * 100 = 28.26\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el rendimiento del proceso para el desarrollo de la harina de cáscara

**Cálculo 11.** Parámetros del croma para la muestra de harina de pulpa

$$C^* = \sqrt{(2.42^*)^2 + (25.66^*)^2} = 25.77$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar los parámetros del croma para la muestra de harina de cáscara.

**Cálculo 12.** Ángulo Hue para la muestra de harina de pulpa

$$^{\circ}H = \tan^{-1} \left( \frac{25.66}{2.42} \right) = 84.62^{\circ}$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar el ángulo Hue para la muestra de harina de cáscara.

**Cálculo 13.** Capacidad de absorción de agua para la muestra de harina de pulpa

$$\%Absorción \text{ de agua} = \frac{16.67 \text{ g} - 14.67 \text{ g}}{2.014 \text{ g}} * 100 = 99.30\%$$

\*Se realizó el mismo cálculo para determinar la capacidad de absorción de agua para la muestra de harina de cáscara.

**Cálculo 14.** Preparación de solución hijas de almidón al 8% a partir de la solución madre

$$10\% (V_1) = 8\% (25 \text{ mL})$$

$$V_1 = \frac{8\% (25 \text{ mL})}{10\%} = 20 \text{ mL}$$

\*Se realizó el mismo cálculo para la preparación de las soluciones hijas de almidón al 6%, 4%, 2% y 1% a partir de la solución madre.

**Cálculo 15.** Propagación de error para la suma de incertidumbres de la capacidad de absorción de agua en la harina de pulpa

$$S_y = \sqrt{(0.00005)^2 + (0.00005)^2} = 0.00007071$$

\*Se realizó el mismo cálculo para todas las sumas y restas que requerían de una incertidumbre.

**Cálculo 16.** Propagación de error para multiplicaciones y divisiones de la capacidad de absorción de agua en la harina de pulpa

$$\frac{S_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{0.00007071}{(16.67 - 14.67)}\right)^2 + \left(\frac{0.00005}{2.014}\right)^2} * 99.30 * 100 = 0.4290$$



\*Se realizó el mismo cálculo para todas las multiplicaciones y divisiones que requerían de una incertidumbre.

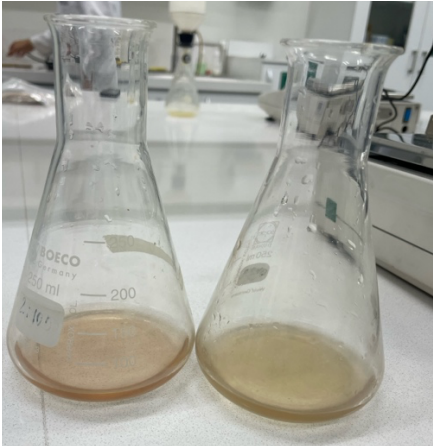
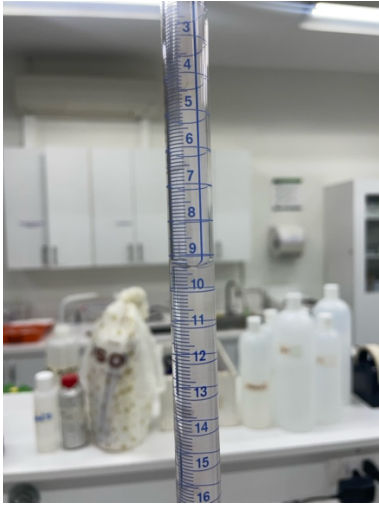
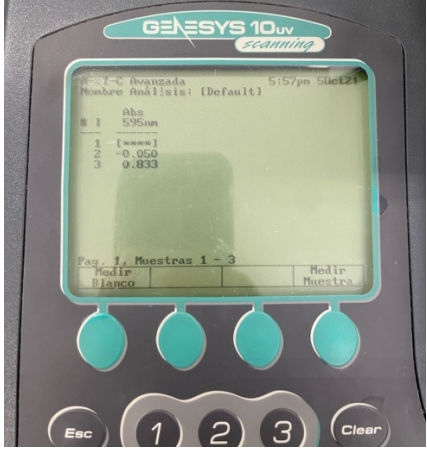
**Cálculo 17.** Determinación del peso que atraviesa el Mesh 25 para el análisis granulométrico de la harina de pulpa


$$\text{Peso que pasa} = \frac{57.44 \text{ g} - 50.51 \text{ g}}{57.44 \text{ g}} * 100 = 12.06\%$$





\*Se realizó el mismo cálculo para obtener todos los porcentajes de peso que atraviesan el tamiz para todos los mesh del análisis de harina de pulpa y el de harina de cáscara.




**Anexo 4.** Etapas del desarrollo de la premezcla para panqueques de harina de plátano verde

Etapa	Imagen
Clasificación del plátano	
Toma de medidas del plátano	

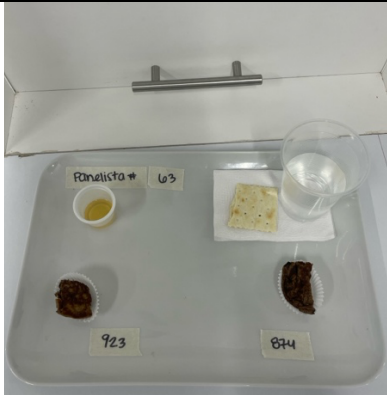
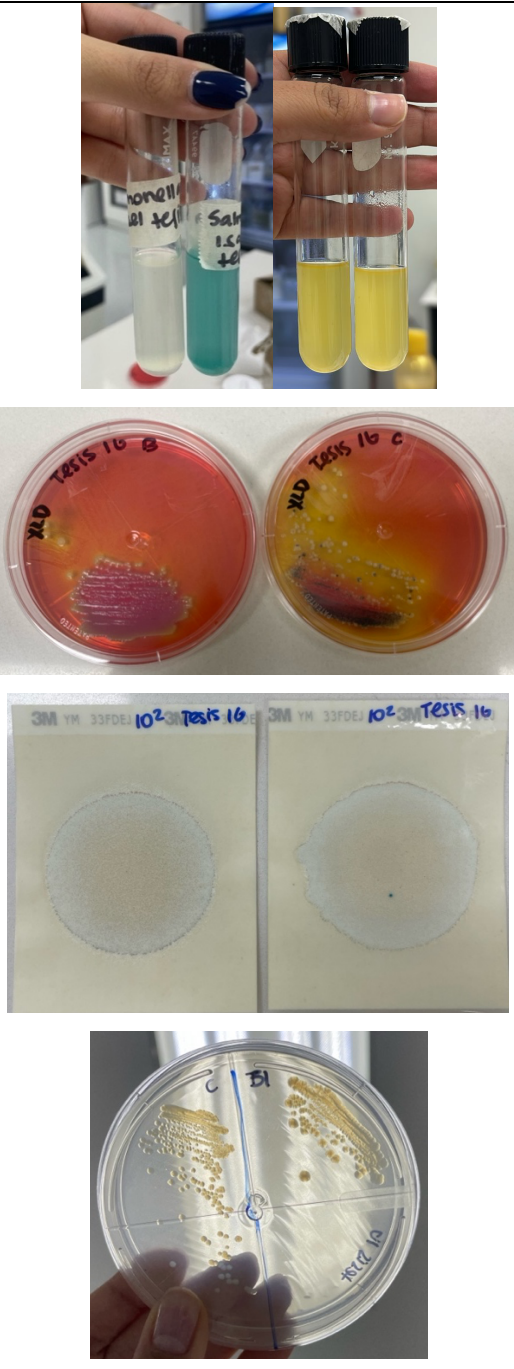
Etapa	Imagen								
<p data-bbox="213 792 715 831">Análisis de acidez titulable del plátano</p>	 								
<p data-bbox="277 1682 651 1720">Determinación de almidones</p>	 <table border="1" data-bbox="916 1514 1235 1749"> <thead> <tr> <th>Sample</th> <th>Absorbance (Abs)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 [blanco]</td> <td>-0.050</td> </tr> <tr> <td>2 [blanco]</td> <td>-0.050</td> </tr> <tr> <td>3 [muestra]</td> <td>0.833</td> </tr> </tbody> </table>	Sample	Absorbance (Abs)	1 [blanco]	-0.050	2 [blanco]	-0.050	3 [muestra]	0.833
Sample	Absorbance (Abs)								
1 [blanco]	-0.050								
2 [blanco]	-0.050								
3 [muestra]	0.833								

Etapa	Imagen
<p data-bbox="263 1115 667 1146">Obtención de harina de cáscara</p>	 <p>The 'Imagen' column contains three photographs illustrating the process. The top photo shows a stainless steel roller mill with a yellowish powder being processed between two rollers, with a tray catching the output below. The middle photo is a close-up of a large pile of yellowish, irregularly shaped ground shells. The bottom photo shows a clear plastic blender jar filled with a yellowish powder, sitting on its base on a stainless steel countertop.</p>

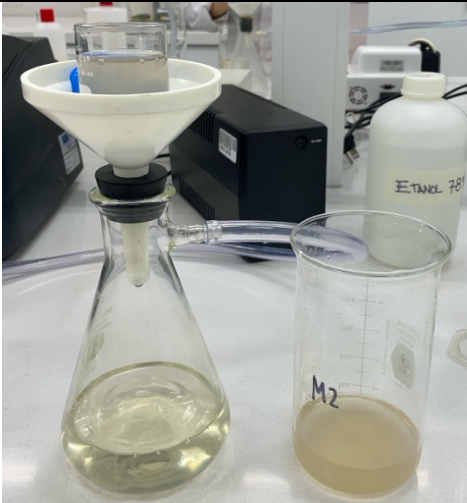

Etapa	Imagen
<p data-bbox="272 846 655 880">Obtención de harina de pulpa</p>	  
<p data-bbox="240 1742 687 1776">Evaluación de humedad de harinas</p>	

Etapa	Imagen
<p>Análisis de tamaño de partícula de harinas</p>	
<p>Análisis de color de las harinas</p>	
<p>Análisis de capacidad de absorción de agua</p>	

Etapa	Imagen
<p data-bbox="252 533 679 566">Análisis de capacidad gelificante</p>	
<p data-bbox="276 1122 655 1155">Formulación de la premezcla</p>	
<p data-bbox="296 1693 635 1727">Desarrollo de panqueques</p>	

Etapa	Imagen
<p data-bbox="261 427 670 465">Panel sensorial de la premezcla</p>	
<p data-bbox="272 1294 659 1384">Análisis microbiológico de la premezcla</p>	

Etapa	Imagen
<p data-bbox="240 398 687 432">Actividad de agua de la premezcla</p>	
<p data-bbox="240 1256 687 1346">Análisis proximal de la premezcla (proteína, grasa y fibra)</p>	  

Etapa	Imagen
<p data-bbox="244 680 687 775">Análisis proximal de la premezcla (cenizas y extracción de fibra)</p>	 

**Anexo 5.** Encuesta del panel sensorial para la determinación de la aceptación de la premezcla para panqueques extraída del formulario digital utilizado

¿Desea participar en este panel sensorial? \*

- Sí
- No

Coloque su número de panelista \*

Tu respuesta

---

¿Con qué frecuencia consumes panqueques? \*

- Una vez a la semana
- Más de una vez a la semana
- Dos a tres veces al mes
- Nunca

A continuación recibirá 2 muestras de panqueques. Deguste de izquierda a derecha y tome un sorbo de agua y galleta entre cada muestra para limpiar su paladar. Si tiene dudas, encienda la luz para indicárselo al auxiliar.

Coloque el número de la primera muestra de izquierda a derecha \*

Texto de respuesta corta

En general ¿qué tanto le gusta la muestra? \*

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué le parece el sabor de la muestra? \*

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

...

¿Qué le parece el color de la muestra? \*

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué le parece la esponjosidad de la muestra? \*

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



¿Qué te gustaría mejorar del panqueque? Puedes elegir más de una opción \*

- Me gusta tal como está
- Menos dulce
- Más dulce
- Menos esponjoso
- Más esponjoso
- Más sabor a canela
- Menos sabor a canela

¿Qué le parece el olor de la muestra? \*

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

...

¿Qué le parece la textura de la muestra? \*

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**MUESTRA 923 Y 874**



Descripción (opcional)

¿Qué muestra le gustó más? \*

923

874

## **Anexo 6.** Guion para el grupo focal con consumidores

Propósito del grupo focal: Conocer las preferencias de los consumidores sobre productos de desayuno, especialmente panqueques y si la formulación propuesta es agradable para ellos o no. También, evaluar temas de precio, empaque, frecuencia de consumo y practicidad del producto. Los datos recopilados serán utilizados para fines investigativos para un trabajo de graduación y serán confidenciales. Si usted, en algún momento del grupo focal ya no desea participar, se encuentra en la libre disposición de abandonarlo.

Rompe hielo: el moderador dice una palabra y los participantes deben decir la primera palabra que se les venga a la mente a la cuenta de tres.

Preguntas:

1. ¿Qué opina de las innovaciones/variaciones a los productos alimenticios tradicionales?  
P.E. sustituciones de harinas, altos en nutrientes, alternativas plant – based, entre otros.
2. ¿Ha consumido productos que presenten una sustitución total o parcial de harinas? Por ejemplo, productos que su harina principal es trigo y es sustituida por otro tipo como avena, soya, arroz.
3. ¿Tiene conocimiento del contenido nutricional del plátano verde? Por ejemplo, si es alto en fibra, en vitaminas, minerales.
4. ¿Consumen panqueques? ¿Con qué frecuencia?

### **SE PRESENTA LA PREMEZCLA DE PANQUEQUES**

Enfrente de ustedes pueden encontrar una pre mezcla de panqueques. Esta premezcla está elaborada a base de una sustitución total de la harina de trigo, conteniendo harina de avena y harina de plátano verde. La harina de plátano verde se realizó a partir de la

pulpa del fruto y de la cáscara, con el fin de lograr el aprovechamiento total del producto. Además de las harinas, el producto cuenta con los ingredientes básicos para una premezcla de panqueques.

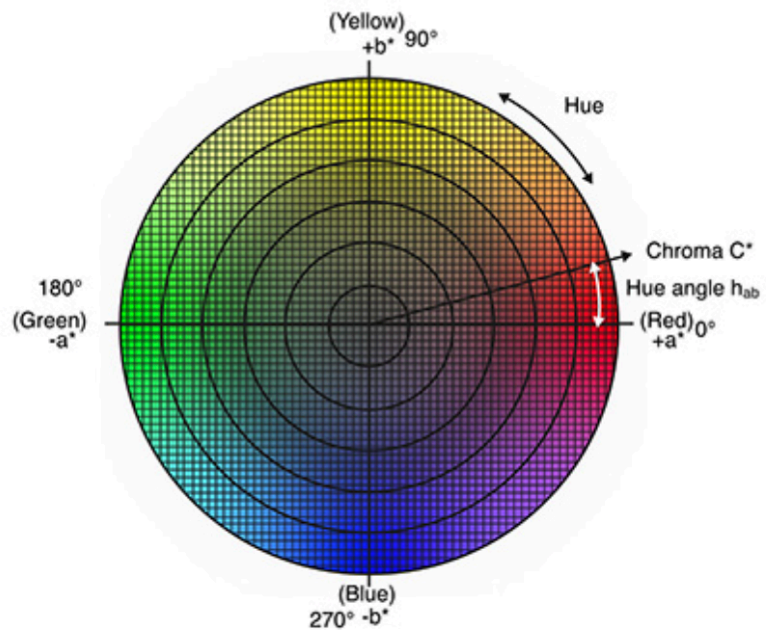
5. Escuchando únicamente la descripción, sin tomar en cuenta otros aspectos, ¿qué le llama más la atención del producto?
6. ¿Consumiría este producto?
7. ¿Con qué frecuencia lo consumiría? ¿Mantendría la misma frecuencia? ¿Aumentaría su frecuencia por su contenido nutricional?
8. Se tomó como base la harina Gold medal para panqueques, puesto que esta representa la harina principal de este tipo en el país. **\*\*SE MUESTRA UNA IMAGEN\*\***  
Tomando en cuenta la imagen como referencia, ¿cómo le gustaría que fuera el empaque del producto? ¿En caja, bolsa, bote, qué tipo de etiqueta, qué colores?
9. Tomando en consideración las características del producto y las ideas de empaque, asumiendo una presentación de 450 g ¿cuánto estaría dispuesto a pagar por este producto en el supermercado?
10. ¿Qué le gustaría cambiar del producto?
11. Si tuviera que evaluar el producto de 1-10 en base a lo escuchado hoy, ¿qué calificación le daría?

Muchas gracias por su participación.

**Anexo 7. Póster empleado para la promoción del panel sensorial**



**Anexo 8.** Gráfica de espacio de color



**Fuente:** Konica Minolta, 2023.