

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Desarrollo de una premezcla extruida a partir de residuos de plátano verde  
frito y crudo originarios del proceso de producción de chifles

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieras en Alimentos**

Presentado por:

Linda Isabel Alvarado Lalbay

Dayanna Paulette Peñafiel Farfán

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2022

## **DEDICATORIA**

Agradezco primero a Dios por permitirme culminar mi formación universitaria.

A mis padres: Manuel y Silvia por el esfuerzo, oración y apoyo incondicional brindado durante esta maravillosa etapa.

A mis hermanos: Alex, Moi y Sari por sus palabras alentadoras a lo largo del camino.

A mis amigos y Miguel por sus consejos, soporte y compañía en los momentos más difíciles quiénes me motivaron a continuar y no rendirme.

A mí, por haber afrontado grades retos durante todo este tiempo y llevarlos a su feliz término.

**Linda Isabel Alvarado Lalbay**

## DEDICATORIA

A mis padres: Mario y Nancy, por apoyarme y acompañarme en este camino.

A mis hermanos: Samantha, Damaris y Alfredo que son mi inspiración diaria desde que llegaron a mi vida.

A mis abuelos: Luis y Elvia que en vida me animaron con sus palabras y consejos antes de cada viaje y ahora me cuidan desde el cielo.

A Aurora mi abuela, parte importante del proceso de formación que me trajo hasta acá.

A mí, por desafiar los que creía eran mis límites y fortalecerme durante el proceso sin rendirme.

A Dios, por guiarme y traerme hasta aquí, porque sin él nada de esto habría sido posible.

**Dayanna Paulette Peñafiel Farfán**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a nuestro tutor PhD. Héctor Palacios por el soporte y guía brindada durante el desarrollo de este proyecto.

A los profesores de la carrera, todos y cada uno dejó sembrada una semilla en mí que estará dando grandes frutos.

Gracias infinitamente a todos quiénes caminaron conmigo en esta hermosa aventura.

**Linda Isabel Alvarado Lalbay**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por guiar mi camino, cuidarme en cada etapa de este proceso y permitirme compartir este logro con mi familia.

A nuestro tutor PhD. Héctor

Palacios por la paciencia, guía y disposición para llevar este proyecto a buen fin.

Al profesor MSc. Galo Chuchuca, por sus consejos, guía, paciencia, ayuda y todas las enseñanzas que me ha dejado a lo largo de la carrera.

A cada uno de los profesores de Ingeniería en Alimentos que supieron sembrar en mi pasión por lo que será mi profesión y responsabilidad para ejercerla con especial conciencia social.

A mis tíos: Marco y Narcisa, primas: Ivette y Angie por acogerme durante esta aventura y ayudarme a volverla realidad.

Y a Carlos que nunca me dejó sola, me dio soporte y compañía en los momentos más difíciles, me motivó a salir adelante, e hizo de estos años un camino grato.

**Dayanna Paulette Peñafiel Farfán**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Linda Isabel Alvarado Lalbay* y *Dayanna Paulette Peñafiel Farfán* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



---

Linda Isabel  
Alvarado Lalbay



---

Dayanna Paulette  
Peñafiel Farfán

# EVALUADORES

---

**MSc. Galo Chuchuca**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**PhD. Héctor Palacios**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El plátano verde es uno de los principales productos agrícolas del Ecuador, el rubro que este representa es una parte importante en la economía ecuatoriana. La producción de cultivos de plátano es alrededor de seis millones de toneladas entre las diferentes variedades barraganete, maqueño y dominico en donde es aprovechada en un 50% esta materia prima. Por tanto, el objetivo del presente proyecto es desarrollar una premezcla extruída a partir de residuos de plátano verde crudo y frito originarios del proceso de fabricación de chifles para de tal manera que permita aprovechar estos residuos y revalorizar la materia prima. Para la metodología de este proyecto se realizó un análisis factorial  $3 \times 3 \times 2$  (3 proporciones), (3 temperaturas), (2 ensayos) = 18 ensayos que permitió alcanzar características fisicoquímicas (humedad, grasa, peróxidos), reológicos (dureza) y sensoriales óptimas para el producto final. Se obtuvo la formulación ideal para la premezcla de plátano de acuerdo con el panel sensorial que fue evaluado bajo el método de preferencia pareada, se evaluó además la aceptación y la intención de compra para el nuevo producto, con 70% de verde crudo y 30% de verde frito aceptada hasta en un 80% por consumidores, cuyas cualidades destacadas son el color, aroma y textura. El perfil de humedad, grasa y estabilidad oxidativa de esta formulación se mantuvo dentro de los límites permitidos por normativas nacionales. Considerando el costo total de fabricación, costos fijos mensuales, el costo fijo por unidad resulta en \$0,27 con un margen de utilidad de 35% el precio de venta al público sería de \$0,37.

**Palabras Clave:** premezcla, plátano verde, extrusión, formulación.

## **ABSTRACT**

*The plantains is one of the main agricultural products of Ecuador, the item it represents is an important part of the Ecuadorian economy. The production of banana crops is around six million tons between the different Barraganete, Maqueño and Dominican varieties, where 50% of this raw material is used. Therefore, the objective of this project is to develop an extruded premix from raw and fried green plantain residues originating from the chip manufacturing process in such a way that it allows taking advantage of these residues and revaluing the raw material. For the methodology of this project, a factorial analysis of 3 x 3 x 2 (3 proportions), (3 temperatures), (2 tests) = 18 tests was carried out, which allowed reaching physicochemical characteristics (moisture, fat, peroxides), rheological (hardness) and optimal sensory for the final product. The ideal formulation for the plantain premix was obtained according to the sensory panel that was evaluated under the paired preference method, the acceptance and purchase intention for the new product was also evaluated, with 70% raw green and 30% green. of fried green accepted up to 80% by consumers, whose outstanding qualities are color, aroma and texture. The moisture, fat and oxidative stability profile of this formulation remained within the limits allowed by national regulations. Considering the total manufacturing cost, monthly fixed costs, the fixed cost per unit is \$0.27 with a profit margin of 35%, the retail price would be \$0.37.*

**Keywords:** *premix, plantain, extrusion, formulation.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico .....	2
1.4.1 Producción de plátano verde .....	2
1.4.2 Variedades de plátano verde .....	2
1.4.3 Composición química y nutricional del plátano verde.....	3
1.4.4 Maduración y deterioro del plátano verde .....	4
1.4.5 Harina de plátano verde.....	4
1.4.6 Almidón de plátano verde .....	5
1.4.7 Industrialización del plátano verde .....	5
1.4.8 Extrusión.....	6
1.4.9 Industrias de premezclas .....	6
CAPÍTULO 2.....	8

2.	METODOLOGÍA.....	8
2.1	Tratamiento de materias primas.....	8
2.1.1	Plátano verde crudo.....	8
2.1.2	Plátano verde frito.....	8
2.2	Análisis de materia prima y premezcla.....	8
2.2.1	Análisis de humedad.....	9
2.2.2	Análisis de grasa.....	9
2.2.3	Análisis de peróxidos.....	9
2.3	Formulación.....	10
2.4	Diseño de experimentos.....	10
2.5	Análisis de textura.....	13
2.6	Evaluación sensorial.....	14
CAPÍTULO 3.....		15
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	15
3.1	Diseño de premezclas.....	15
3.2	Humedad.....	15
3.3	Índice de peróxidos.....	17
3.4	Análisis de grasa.....	18
3.5	Análisis de textura.....	20
3.6	Evaluación sensorial.....	22
3.7	Análisis de costos.....	25
CAPÍTULO 4.....		27
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	27
4.1	Conclusiones.....	27
4.2	Recomendaciones.....	28

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES



## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
FDA	Food and Drug Administration
P.V.P	Precio de venta al público

## SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
g	Gramos
kg	Kilogramos
ppm	partes por millón
cm	Centímetros
°C	grados Celsius
s	segundos
min	minutos
h	horas
t	tiempo
\$	dólares estadounidenses

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.- Resultados de humedad para la materia prima de la premezcla de plátano verde.....	16
Figura 3.2.- Variación del porcentaje de Humedad de las formulaciones .....	17
Figura 3.3.- Variación del índice de Peróxido de las formulaciones.....	18
Figura 3.4.- Variación del porcentaje de grasa de las formulaciones.....	19
Figura 3.5.- Temperatura de H <sub>2</sub> O vs Grasa según formulación de la premezcla extruída .....	20
Figura 3.6.- Carga vs Tiempo, perfil de textura de la muestra B (70/30).....	21
Figura 3.7.- Carga vs Tiempo, perfil de textura de la muestra A (60/40).....	21
Figura 3.8.- Carga vs Tiempo, perfil de textura de la muestra C (50/50) .....	22
Figura 3.9.- Resultados de prueba sensorial de selección forzada para tres formulaciones de premezcla A, B y C.....	22
Figura 3.10.- Preparaciones con plátano verde elaboradas con mayor frecuencia por los panelistas.....	23
Figura 3.11.- Resultados de preferencia pareada entre preparaciones de plátano verde elaboradas con la premezcla y de manera tradicional.....	24
Figura 3.12.- Intención de compra para la premezcla de plátano verde .....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición nutricional del plátano verde crudo.....	3
Tabla 1.2. Composición Nutricional plátano verde frito.....	4
Tabla 2.1.- Formulación 1 de la premezcla extruida .....	10
Tabla 2.2.- Niveles de proporción de harina para la premezcla .....	11
Tabla 3.1.- Resultados del diseño de experimentos planteado para premezcla de verde .....	15
Tabla 3.2.- Resultados de análisis de textura.....	20
Tabla 4.1 .- Demanda esperada para el primero año de funcionamiento .....	37
Tabla 4.2.- Consideraciones tomadas en cuenta para determinar la demanda esperada .....	37
Tabla 4.3.- Costos estimados para la materia prima usada en la elaboración de la premezcla de plátano verde .....	37
Tabla 4.4.- Insumos considerados para estimar el costo de materiales indirectos en esta línea de producción.....	38
Tabla 4.5.- Inversión en equipos de oficina y de computo .....	38
Tabla 4.6.- Inversión en maquinaria .....	38
Tabla 4.7.- Depreciación de maquinarias y equipos .....	38
Tabla 4.8.- Estimación de costos fijos anuales por contratación.....	39
Tabla 4.9.- Estimación de costos fijos anuales debidos a gastos energéticos .....	39
Tabla 4.10.- Costo diario del total de unidades producidas .....	39
Tabla 4.11.- Estimación de P.V.P final .....	40

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

En la ciudad de Guayaquil, se ubica una industria productora de snacks saludables, donde se ha identificado un problema sin resolver de generación de residuos durante el proceso de fabricación de plátanos verdes fritos, causando un impacto ambiental, económico y productivo en la organización. La cantidad de residuos que se generan a diario de verde crudo y frito en la línea de procesamiento de chifles es de 60 y 20 kg respectivamente. Es un número considerable de residuos que no cumplen con los requerimientos establecidos de forma, tamaño y color, por tanto, la empresa estableció la necesidad de que estos residuos serán revalorizados y aprovechados en el desarrollo de un nuevo producto destinado al mercado mundial.

### 1.2 Justificación del problema

En la industria de alimentos, se generan grandes volúmenes de residuos que actualmente buscan ser revalorizados, no solo por la creciente preocupación hacia el medio ambiente, sino también por el impacto social y económico que significa implementar líneas de producción sostenibles que apunten hacia una economía circular (Bas-Bellver et al., 2020).

Si bien, muchos de estos residuos han sido destinados a industrias de la producción de fertilizantes o bioetanol resulta un desafío importante reprocesarlos para destinarlos a crear productos alimenticios (Diaz & Blandino, 2022).

En el caso particular de la necesidad que planteó la empresa, del procesamiento de plátano verde en la producción de chifles se encontró que la cantidad de residuos generados a partir de plátano verde frito superan a los residuos de chifles, considerando estas dos fuentes de residuos, se estima una pérdida de 2.5 toneladas mensuales. Destinarlos a la producción de un nuevo alimento significaría un beneficio económico al incrementar los ingresos con una nueva línea de producción, la posibilidad de aumentar las plazas de trabajo contribuyendo de esta forma al bienestar social e innegablemente reducir el impacto ambiental que se genera en diversos procesos de transformación de alimentos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar una premezcla de plátano verde mediante técnicas de extrusión como medida para el aprovechamiento de residuos de plátano verde frito y crudo originarios del proceso de producción de chifles, para la posible implementación de una nueva línea de producción.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la formulación ideal para la premezcla extruída de harina de plátano verde frito y crudo mediante análisis fisicoquímicos.
- Evaluar sensorialmente diferentes preparaciones a partir de la formulación de la premezcla mediante pruebas de aceptación.
- Estimar costos de producción y precio de venta al público del producto a desarrollar para la implementación de la línea de producción.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 Producción de plátano verde**

El cultivo de plátano verde pertenece a la familia Musa paradisiaca cuya particular característica es que son plantas con un peso de aproximadamente 200 a 300 g por el frutal que conforma la racima (Osorio et al. 2019).

El cultivo de plátano verde representa un rubro muy importante en el país porque, así como el maíz, arroz y trigo, el plátano verde es considerado como una fuente de empleo al agricultor e ingresos por su comercialización. Según estudios en el 2013, señalan que en Ecuador al año se cultivan alrededor de seis millones de toneladas de plátano verde, en su mayoría es exportada a otros países desarrollados como los de la Unión Europea (59%), Estados Unidos (29%) y a otros países, además se abrió un nuevo nicho de mercado en Asia menor (Paz & Pesantez, 2013).

#### **1.4.2 Variedades de plátano verde**

Las variedades de plátano verde son: barraganete, maqueño y dominico. El primero es de exportación, el maqueño se utiliza mucho en las industrias para la fabricación

de snacks y, por último, el dominico que es de gran uso en los restaurantes para la elaboración de platos típicos de la gastronomía ecuatoriana (Valencia et al., 2004).

### 1.4.3 Composición química y nutricional del plátano verde

El plátano verde crudo es considerado en la dieta diaria de los ecuatorianos por eso pasa por un proceso de transformación en las industrias dedicadas a snacks debido a la alta demanda de consumo masivo y exportación de productos (Paz & Pesantez, 2013). El plátano verde crudo como se muestra en la tabla 1.1 contiene 65.6 % de agua, carbohidratos 32%, fibra 0.5%, Mientras que el plátano verde frito contiene 36.1% de agua, 49.25 de carbohidratos, 3.5% fibra, 1.5% proteínas, lípidos 11.8% entre otros nutrientes.

**Tabla 1.1 Composición nutricional del plátano verde crudo [Paz,2013]**

Componentes	Unidades	Valor
<b>Energía</b>	Kcal	122
<b>Agua</b>	%	65.6
<b>Carbohidrato</b>	%	32.3
<b>Proteínas</b>	%	1
<b>Fibra</b>	%	0.5
<b>Grasa</b>	%	0.3
<b>Cenizas</b>	ppm	0.8
<b>Calcio</b>	ppm	310
<b>Fósforo</b>	ppm	340
<b>Hierro</b>	ppm	8
<b>Potasio</b>	ppm	--
<b>B-caroteno (Vit A)</b>	ppm	1.75
<b>Tiamina</b>	ppm	0.6
<b>Riboflavina</b>	ppm	0.4
<b>Piridoxina</b>	ppm	--
<b>Niacina</b>	ppm	6
<b>Ac. Ascórbico</b>	ppm	200

**Tabla 1.2. Composición Nutricional plátano verde frito [USDA, 2019]**

Componentes	Unidades	Valor
<b>Energía</b>	Kcal	309
<b>Agua</b>	%	36.1
<b>Carbohidrato</b>	%	49.2
<b>Proteínas</b>	%	1.5
<b>Fibra</b>	%	3.5
<b>Lípidos totales</b>	%	11.8
<b>Cenizas</b>	g	0.8
<b>Azúcares</b>	g	3.63
<b>Almidón</b>	g	40.7
<b>Hierro</b>	mg	0.67
<b>Potasio</b>	mg	482
<b>B-caroteno (Vit A)</b>	µg	548
<b>Tiamina</b>	mg	0.047
<b>Riboflavin</b>	mg	0.102
<b>Fósforo</b>	mg	44
<b>Niacina</b>	mg	0.818
<b>Ac. Ascórbico</b>	mg	3.4

#### **1.4.4 Maduración y deterioro del plátano verde**

El plátano verde debe cumplir con algunas especificaciones al igual que otras frutas climatéricas y no climatéricas. La temperatura a la que debe ser almacenado los plátanos verdes es de 12 a 13 °C y a una humedad relativa de 90-95% (Lopez,2013). Si se almacena el fruto por debajo de las temperaturas indicadas este comienza a cambiar su coloración y no será fácil su comercialización. El índice de maduración completa del plátano verde permite una mayor consistencia de la pulpa (Castro, 2008).

#### **1.4.5 Harina de plátano verde**

El plátano verde puede ser sometido a un proceso de reducción de tamaño y posterior deshidratación, tras lo cual, cambia su estructura convirtiéndose en harina, la cual es importante para las industrias de alimentos pues además de ser un producto de valor por sí mismo, es la base para el desarrollo de otros productos como tortillas, galletas, entre otros. Es de fácil digestión, lo cual implica también beneficios para el consumidor (David et al., 2022). Por tanto, de este producto,

sobresalen sus propiedades nutricionales y de esta forma puede ser agregada dentro de cualquier alternativa de productos que se desee elaborar. En otros países como Honduras utilizan la harina de plátano como sustituto en un 50% en lugar de arroz y otros cereales (Encarnación et al., 2017).

#### **1.4.6 Almidón de plátano verde**

En condiciones normales, el plátano verde contiene 9% de almidón, si se alcanza la sobre maduración, este porcentaje puede reducirse hasta un 3% (Marriott, 1981). Además de esto, se ha encontrado que tiene cantidades importantes de potasio, y otros iones como magnesio, calcio, fósforo y silicio. Morfológicamente, es elíptico, lenticular, y semiesférico. Las cenizas de este almidón contienen fosfato de calcio, fosfato cálcico de magnesio, y dióxido de silicio. Debido a esto le atribuyen propiedades reológicas entre cremoso e hidrogel (Vega-Rojas *et al.*, 2021).

Los procesos de secado y des hidratación pueden afectar la funcionalidad normal del almidón, esto debido a que la temperatura bajo la cual se desarrollan estos procesos genera la pérdida de organización estructural de amilosa y amilopectina, para aplicaciones industriales resulta relevante considerar el cambio que esto ocasionará a la temperatura de gelatinización y propiedades funcionales durante el procesamiento del plátano verde (Chávez et al., 2022).

#### **1.4.7 Industrialización del plátano verde**

Dado el tamaño de la producción nacional de plátano verde, es imprescindible el desarrollo de nuevos productos, que además de ser inocuos, diversifiquen el mercado de consumo y consecuentemente, su procesamiento y almacenamiento.

En este sentido, se han encontrado dentro del mercado opciones destinadas a ser almacenadas en frío y que emulan el consumo tradicional de verde, por ejemplo, mini empanadas, tortillas o bolón. En esta misma línea de almacenamiento a bajas temperaturas, se puede observar una opción menos tradicional, tortillas para wrap delgadas y con un diámetro mucho mayor, elaboradas únicamente a partir de plátano verde crudo. Finalmente, propuestas más arriesgadas que no requieren temperaturas bajas de almacenamiento y además incursionan en nuevos nichos de mercado, por ejemplo, premezclas deshidratadas para elaborar tigrillo.

#### **1.4.8 Extrusión**

El proceso de extrusión ha llamado la atención principalmente porque al reducir la actividad de agua del producto final, la vida útil de este será prolongada, sin necesidad de condiciones específicas de temperatura, al mismo tiempo, la posible incursión de microorganismos alterantes y patógenos se ve reducida (Zhang et al., 2019).

Así también, es el método principalmente usado para la obtención de pastas, cereales listos para comer, comida para animales, snacks, y proteínas vegetales texturizadas. A pesar de que el equipo mediante el cual se obtienen es, a breves rasgos, el mismo, la diferencia radica en las condiciones de ingreso de materia prima, velocidad de rotación del tambor, temperatura y tiempo del proceso. Respecto a estos dos últimos parámetros, la extrusión muestra una ventaja importante frente a otros procesamientos, ya que los tiempos cortos de procesamiento a altas temperaturas, mejora la calidad de las proteínas, digestibilidad y además minimizan las pérdidas de nutrientes, vitaminas y minerales, en contraste, el color, forma, sabor y aroma de la materia prima se ven afectados (Grasso, 2020).

Este tipo de procesamiento no ha sido poco estudiado para plátano verde en la actualidad, sin embargo, podría agregar un sinnúmero de beneficios no solo al producto terminado, sino también a la industria que se dedica al procesamiento de esta materia prima.

#### **1.4.9 Industrias de premezclas**

Actualmente, las opciones de premezclas que se pueden adquirir son numerosas, principalmente, se reconocen dispuestas en polvo ya sea para repostería, bebidas, suplementos proteicos, sopas, cremas, o masas en general. Además de poseer un fácil almacenamiento, son sencillas de procesar, pues en su mayoría requieren de rehidratación y finalmente son sometidas a cocción.

Por otra parte, las masas que son almacenadas en congelación omiten el requerimiento de rehidratación, su tiempo de almacenamiento es reducido, sin embargo, tiene acogida dentro de los consumidores por su apariencia semejante a la materia prima, ya que a decir de muchos da sensación de ser un producto de mayor frescura (Feng et al., 2020).

Así mismo, en la búsqueda de nuevos procesamientos se ha encontrado que los pellets, es decir, aquellos que se han dado forma como resultado de la extrusión, pueden ser fritos u horneados para conseguir como producto final un snack, la ventaja en este caso responde a la baja actividad de agua conseguida tras la extrusión, con lo cual también serían considerados como una forma de expender o conservar una premezcla (Gutierrez et al., 2018).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Tratamiento de materias primas

Se realizó la recolección de materia prima en una empresa de producción de chifles de la ciudad de Guayaquil. Fueron recolectados scraps de plátano frito que no cumplían con parámetros físicos de calidad como: color, grosor, textura, partidos o alargados, aspecto embebido. Además de residuos de plátano verde crudo que no podían ser procesados dentro de la cortadora por ser de tamaño insuficiente, o haberse fragmentado durante el transporte y tenían como destino la línea de producción de chifles, posteriormente se las trató para procesarlas.

#### 2.1.1 Plátano verde crudo

Los residuos de plátano verde crudo se obtuvieron a partir de la línea de producción de chifles, estos fragmentos cuentan con una inmersión previa en ácido cítrico, para obtener harina de plátano a partir de estos se redujo su tamaño mediante laminado, hasta obtener un grosor de entre 3-4 mm. Las láminas fueron dispuestas sobre bandejas de deshidratación y se introdujeron durante 6h en un equipo deshidratador rectangular a una temperatura de 60°C. Al terminar la deshidratación se trataron las laminillas dentro de un molino de rotor hasta una granulometría final menor a 2 mm (Oluwajuyitan et al., 2021).

#### 2.1.2 Plátano verde frito

A diferencia del plátano verde deshidratado, las láminas de verde frito que se recolectaron en forma de scraps se introdujeron dentro de un molino cutter con el fin de reducir su tamaño hasta conseguir una granulometría menor a 40 micras. Tras lo cual fueron empacadas en fundas de polipropileno para posteriormente ser analizadas.

### 2.2 Análisis de materia prima y premezcla

Las dos materias primas transformadas a partir de la línea de producción de chifles fueron analizadas para determinar sus parámetros químicos (humedad, grasa, índice de peróxidos). Luego de haberse transformado mediante el proceso de extrusión, la

premezcla resultante también se evaluó bajo estos mismos parámetros; humedad, grasa e índice de peróxidos, además, otros parámetros físicos como dureza, masticabilidad, deformación y para la evaluación sensorial los parámetros analizados fueron sabor, aroma y textura, bajo la metodología de selección forzada.

### **2.2.1 Análisis de humedad**

Se determinó la humedad mediante el método de Moisture—Air-Oven (Aluminum-Plate) Method modificado a partir de los métodos determinados por la American Association of Cereal Chemists (AACC) según el cual se ingresan 2 g de muestra dentro de una termobalanza, hasta que la misma alcance una temperatura final de 130°C, en ese momento el equipo dio lectura de la humedad de las muestras, bajo este procedimiento se analizó: el chifle molido y la harina de plátano obtenida tras el tratamiento mencionado en el punto 2.1.1 (Tadesse et al., 2019).

### **2.2.2 Análisis de grasa**

De acuerdo con el método oficial AOAC (American Oil Chemists Society) establecido también por la International Organization for Standardization (ISO) se realizó el procedimiento de extracción de solvente según el cual se colocaron 2 g de muestra en papel filtro dentro de un dedal, que a su vez se ingresará en una camisa de Soxhlet y posteriormente, se incluyó un lavado semi continuo de la muestra seca con éter etílico, durante 16h a una temperatura entre 95-100°C (Karunathilaka et al., 2016).

### **2.2.3 Análisis de peróxidos**

El estudio del índice de peróxido se realizó bajo el método AOCS 8-53, conocido como el método ácido acético-cloroformo. Se preparó esta solución en una proporción 3:2 v/v y otra solución de yoduro de potasio con 10 g de KI en 6 ml de agua destilada, a la solución de yoduro de potasio se agregaron dos gotas de solución de almidón y se dejó reposar alrededor de 5 minutos, finalmente se tituló con tiosulfato de sodio al 0.1 N, agitando continuamente hasta que se obtuvo un cambio de coloración visible. (Bekele et al., 2020).

## 2.3 Formulación

La premezcla extruída a base de harina de plátano verde deshidratado y frito representó una innovación en la línea de premix de harinas, ya que en el mercado no existe una premezcla que tenga como ingrediente harina de plátano verde deshidratado y frito juntos. En la tabla 2.1 se observó los ingredientes que constituyen la formulación como los dos tipos de harina, sal, ácido ascórbico para conservar, colorante para proporcionar el color natural del verde de tal manera que se muestre agradable y ajo en polvo. Las ventajas para la economía del país y la empresa al aprovechar los residuos del plátano verde como subproducto para el procesamiento del mismo fueron significativas, adicionalmente la harina del plátano verde también benefició al consumidor, aportando nutrientes, proteínas, fibra, vitaminas, minerales, sin embargo, se presentaron algunos desafíos en la elaboración de este producto, por lo cual se debió considerar algunas variables que garanticen que el producto, además de ser de alta calidad, cumplía con su tiempo de vida útil en las mejores condiciones.

**Tabla 2.1.- Formulaciones de la premezcla extruida [Elaboración propia]**

<b>Ingredientes F1</b>	<b>%F1</b>	<b>%F2</b>	<b>%F3</b>
<b>Harina de plátano deshidratado</b>	59.95%	69.95%	49.95%
<b>Harina de plátano frito</b>	39.95%	29.95%	49.95%
<b>Sal</b>	0.05%	0.05%	0.05%
<b>Ac. Ascórbico</b>	0.01%	0.01%	0.01%
<b>Ajo</b>	0.03%	0.03%	0.03%
<b>Colorante</b>	0.01%	0.01%	0.01%
<b>Total</b>	100%	100%	100%

## 2.4 Diseño de experimentos

Las variables para analizar fué el porcentaje de harina de plátano deshidratado y frito en la formulación, de la misma manera la temperatura del agua que se adicionó para poder obtener una mezcla homogénea, que facilite la uniformidad y la entrada al extrusor. Por tanto, para el desarrollo de este proyecto se realizó un diseño de experimentos que permitió alcanzar características fisicoquímicas, sensoriales y organolépticas óptimas para el producto final, por lo cual se planteó un diseño factorial, como se muestra en la

tabla 2.2, en este caso las proporciones de harina de plátano verde con tres niveles: 40% harina de plátano frito + 60% harina de plátano deshidratado, 30% harina de plátano frito + 70% harina de plátano deshidratado, 50% harina de plátano frito + 50% harina de plátano deshidratado. Será realizado un análisis factorial 3 x 3 x 2 (3 proporciones), (3 temperaturas), (2 ensayos) = 18 ensayos

**Tabla 2.2.- Niveles de proporción de harina para la premezcla [Elaboración propia]**

NIVELES	FACTORES	
	Harina de plátano deshidratado + Harina de plátano frito	Temperatura (agua)
	(%)	(°C)
1	60 – 40	60
1	60 – 40	60
1	60 – 40	70
1	60 – 40	70
1	60 – 40	90
1	60 – 40	90
2	70 - 30	60
2	70 - 30	60
2	70 - 30	70
2	70 - 30	70
2	70 - 30	90
2	70 - 30	90
3	50 - 50	60
3	50 - 50	60
3	50 - 50	70
3	50 - 50	70
3	50 - 50	90
3	50 - 50	90

### Experimento 1

- **Objetivo**

Evaluar la humedad de la premezcla extruída con los diferentes porcentajes de harina de plátano verde deshidratado y frito y la temperatura del agua a través de un análisis comparativo.

- **Hipótesis experimental**

*H<sub>0</sub>: El porcentaje de harina de plátano deshidratado y frito y la temperatura del agua en la premezcla no afecta significativamente la humedad.*

*H<sub>1</sub>: El porcentaje de harina de plátano deshidratado y frito y la temperatura del agua en la premezcla afecta significativamente la humedad.*

- **Datos experimentales**

- **V. experimental:** Harina de plátano deshidratado + Harina de plátano frito, Temperatura (agua)

- **V. Independiente:** Porcentaje de Harinas y Temperatura (agua)

- **V. de Respuesta:** Humedad

## **Experimento 2**

- **Objetivo**

Evaluar el índice de peróxido de la premezcla extruída con los diferentes porcentajes de harina de plátano verde deshidratado y frito y la temperatura del agua mediante el método AOCS 8-53.

### **Hipótesis experimental**

*H<sub>0</sub>: La proporción de harinas de plátano y temperaturas del agua no afecta significativamente el índice de peróxido de la premezcla en polvo.*

*H<sub>1</sub>: La proporción de harinas de plátano y temperatura del agua afecta significativamente el índice de peróxido de la premezcla en polvo.*

- **Datos experimentales**

- **V. experimental:** Harina de plátano deshidratado + Harina de plátano frito, Temperatura (agua)

- **V. Independiente:** Porcentaje de Harinas y Temperatura (agua)

- **V. de Respuesta:** Índice de peróxido

## **Experimento 3**

- **Objetivo**

Evaluar la dureza de la premezcla extruída con los diferentes porcentajes de harina de plátano verde deshidratado y frito y las temperaturas del agua, mediante un análisis de textura (Texturómetro Brookfield).

## Hipótesis experimental

*H<sub>0</sub>: La proporción de harinas de plátano y temperaturas del agua, no afecta significativamente la dureza de la premezcla en polvo.*

*H<sub>1</sub>: La proporción de harinas de plátano y temperaturas del agua afecta significativamente la dureza de la premezcla en polvo.*

- **Datos experimentales**

- **V. experimental:** Harina de plátano deshidratado + Harina de plátano frito, Temperatura (agua)
- **V. Independiente:** Porcentaje de Harinas y Temperatura (agua)
- **V. de Respuesta:** Dureza

## Experimento 4

- **Objetivo**

Evaluar el sabor de la premezcla extruída con los diferentes porcentajes de harina de plátano verde deshidratado y frito y las temperaturas del agua, mediante un analisis proximal de aceptación.

## Hipótesis experimental

*H<sub>0</sub>: La proporción de harinas de plátano no afecta significativamente el sabor de la premezcla en polvo.*

*H<sub>1</sub>: La proporción de harinas de plátano afecta significativamente el sabor de la premezcla en polvo.*

### **Datos experimentales**

- **V. experimental:** Harina de plátano deshidratado + Harina de plátano frito, Temperatura (agua)
- **V. Independiente:** Porcentaje de Harinas y Temperatura (agua)
- **V. de Respuesta:** Sabor

## 2.5 Análisis de textura

Con el texturómetro del laboratorio de investigación de ingeniería de alimentos TexturePro CT V1.1 Build 7, se determinó las propiedades de textura tal como se muestra en la tabla 3.1 dureza, deformación y porcentaje de deformación según dureza, en la muestras A(60/40), B(70/30 y C(50/50) para elección de la fórmula del premix ideal a utilizar en platos autóctonos del país, a través de ensayos con

parámetros de carga de activación (0.1 N), Velocidad de avance o valor meta (3mm/s). Se utilizó la sonda cilíndrica TA4/1000 en 3 g de muestra en forma de bloque con medidas de 150mm ancho, 250mm largo y 100 mm alto.

## **2.6 Análisis sensorial**

Por último, el desafío se encontró en qué porcentaje de harinas de plátano podría proporcionar mejores características para la premezcla, se realizó una evaluación sensorial de color, aroma y textura, donde fue entregado a personas profesionales de cocina frecuentes de platos con plátano verde, para posterior preparación de, tortillas, cazuelas, sango. Se realizó este análisis de aceptación para dar el toque final del polvo respecto a las muestras seleccionadas previamente, (60-40), (70-30), (50-50) con un promedio de las dos repeticiones señaladas en el diseño experimental y conocer si es significativa la una con la otra y sí efectivamente se considera agradable, llamativa y apetecible en el mercado. Adicional, se utilizó la premezcla de plátano verde y la receta tradicional, las mismas que fueron evaluadas bajo la otra prueba sensorial de preferencia pareada (Apéndice B), donde fueron comparadas entre sí. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos y finalmente se consultó sobre la intención de compra para este nuevo producto.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Diseño de premezclas

De acuerdo con el diseño de experimentos planteado, se elaboraron las siguientes premezclas:

**Tabla 3.1.- Resultados del diseño de experimentos planteado para premezcla de verde [Elaboración propia]**

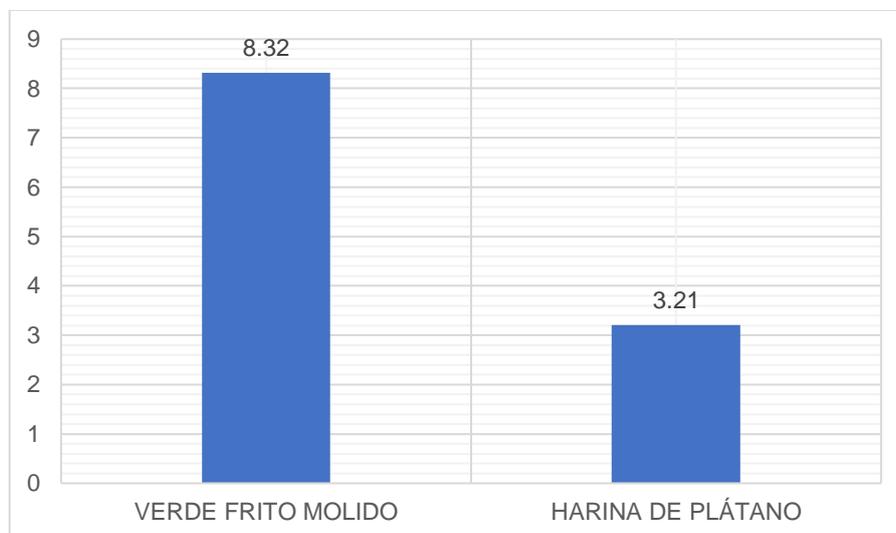
Identificación de muestra	Verde frito [±0.005g]	Harina de plátano [±0.005g]	Agua [±0.005g]	Temperatura del agua [°C]		
				60 [±0.5 °C]	70 [±0.5 °C]	90 [±0.5 °C]
A	60	40	33,33	x	No trabajable	No trabajable
B	70	30	33,33	No trabajable	No trabajable	x
C	50	50	33,33	No trabajable	x	No trabajable

Como se puede observar en la tabla 3.1, de las nueve preparaciones elaboradas, seis de ellas no pudieron ser trabajadas, principalmente por falta de consistencia en la masa resultante, esto no solo dificultaba la incorporación de todos sus componentes sino también el trabajo dentro del extrusor, pues en estos casos la premezcla se adhirió a las paredes del equipo y no pudo transitar a través de este. Por el contrario, tres de ellas, marcadas como “x” en la tabla mencionada, pudieron trabajarse con normalidad y fueron las estudiadas bajo los parámetros anteriormente establecidos.

### 3.2 Humedad

En primera instancia, los resultados de la materia prima que fue usada para la posterior elaboración de una premezcla de plátano verde, se pueden observar en el gráfico 3.1 el caso de la harina de plátano, obtenida tras deshidratación del plátano verde crudo, se obtuvo un valor de humedad de 3,21%; mientras que el verde frito procesado a través de molienda tuvo un resultado de 8,32%. De acuerdo con normativas nacionales, el máximo permisible en harinas para todo uso es 14,5 (NTE

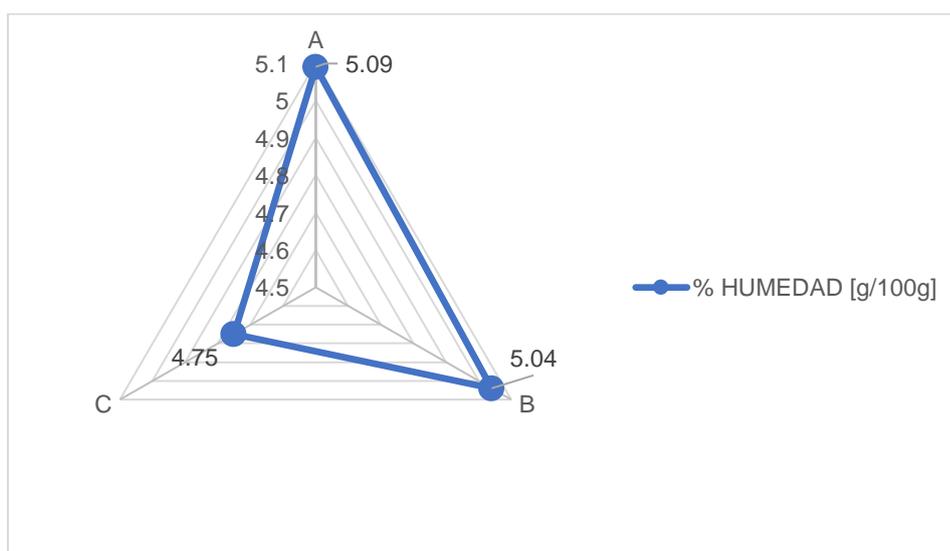
INEN 616, 2015); aunque el verde frito procesado no puede considerarse una harina como tal este valor se podría analizar bajo los límites permisibles para la elaboración de snacks o bocadillos de vegetales, detallado en la NTE 2561:2010, en donde se indica un máximo permisible de 4%.



**Figura 3.1.- Resultados de humedad para la materia prima de la premezcla de plátano verde [Elaboración propia]**

Por su naturaleza pulverizada, la premezcla resultante fue caracterizada dentro de la clasificación “premezclas de panadería”, en función a esto, la norma INEN 3084: 2018 establece que la humedad del producto terminado no debe exceder los 14,5/100g de muestra. De manera que la totalidad de las formulaciones obtenidas cumplieron con este requerimiento, pues mantienen su humedad alrededor de 5/100g. Este valor resulta similar al obtenido en el estudio “A Technological Optimization to Design a Better Gluten-Free Cereal-Based Cake Premix” en donde se usó harina de sorgo para elaborar una premezcla libre de gluten, en la cual la humedad resultante fue de 6,12% en la muestra elaborada en base de harina gelatinizada (Cayres et al., 2021). En otros casos, se ha atribuido este comportamiento a la presencia de fibra en la materia prima, por ejemplo en premezclas elaboradas a partir de café, tras la adición de cáscaras del mismo se alcanza un valor de 8% de humedad en el producto terminado, se encontró que la proporción de fibra dietética contenida en cáscaras de café es de 47% (Rios et al., 2020), en este caso, la cantidad de fibra en el plátano verde no es comparable con la contenida en el café, de manera que la reducción habitual de humedad no

responde a la presencia de fibra en las materias primas. El límite máximo de humedad establecido por la normativa ecuatoriana para productos pulverizados en forma de premezcla, es decir, que deben ser previamente reconstituidos y sometidos a tratamientos mecánicos y térmicos previo a su consumo, responde a la necesidad de evitar el crecimiento de microorganismos en específico mohos y bacterias como E. coli y Salmonella. Si bien las variaciones de humedad en el producto final responden a numerosos factores, en el caso de la premezcla elaborada a partir de verde frito y crudo puede deberse a la cantidad de almidón que posee el plátano, de acuerdo con el estudio de Udo en 2021 referente a la composición de fibra dietética y almidón resistente en variedades de banano y plátano, a mayor concentración de amilosa, la cantidad de almidón resistente aumenta también, al ser mezclado con agua a temperaturas similares a la temperatura de gelatinización del almidón de plátano (70°C) el agua se absorbe y se retiene con mayor facilidad. Por otra parte, la menor humedad registrada corresponde a la muestra C con mayor porcentaje de plátano verde frito, de manera que la proporción grasa en la masa final pudo intervenir en la capacidad de la mezcla para absorber el agua.

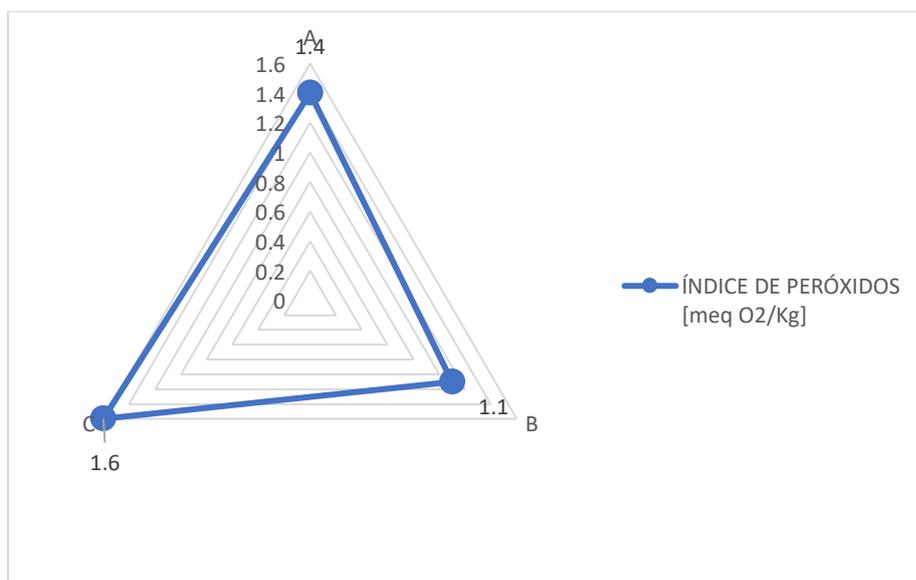


**Figura 3.2.- Variación del porcentaje de Humedad de las formulaciones [Elaboración propia]**

### 3.3 Índice de peróxidos

Se estudió la estabilidad oxidativa mediante el índice de peróxidos, el único componente en las formulaciones que aporta grasa es el verde frito, de manera que

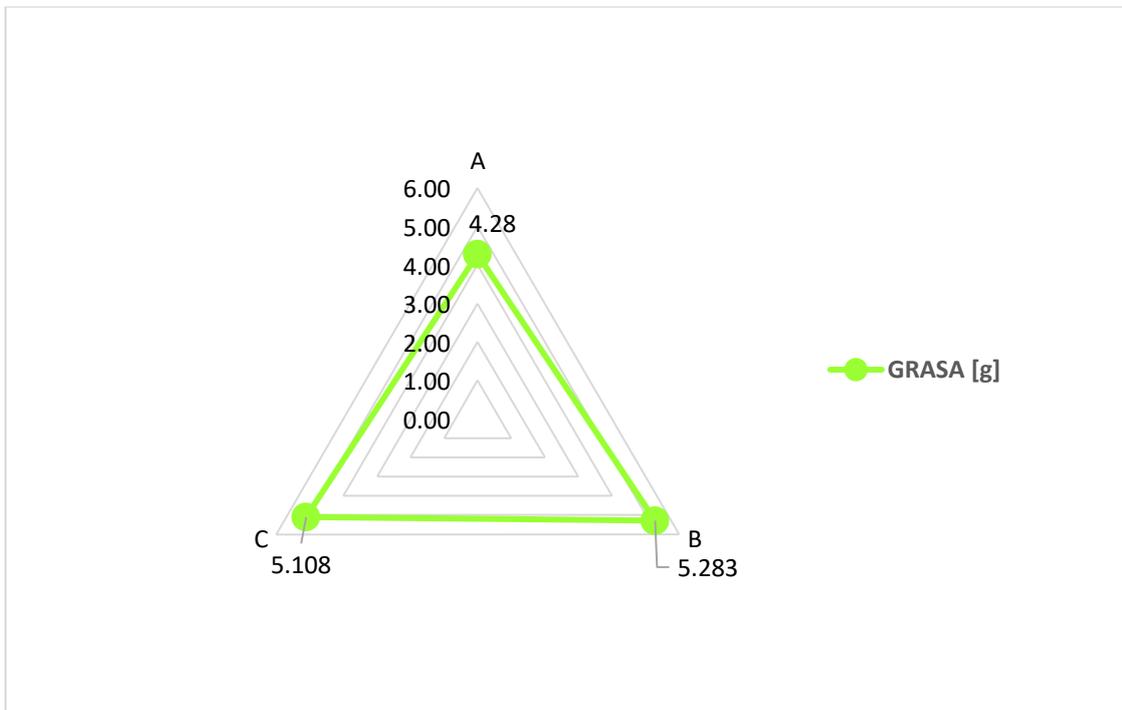
la norma que rige este producto es la NTE INEN 2561: 2010, para bocadillos de productos vegetales, en la cual se determina el límite máximo de peróxidos en 10 meq O<sub>2</sub>/kg. Este valor resultó en 2,5 meq O<sub>2</sub>/kg para el plátano verde frito, y para las tres formulaciones elaboradas fue de 1,4; 1,1 y 1,6 respectivamente. Resultados similares fueron reportados en mezclas extruidas de maíz, en donde se determinaron índices entre 0,98-1,15 meq/kg (Huanatico-Suárez et al., 2021). Es necesario considerar que este índice incrementará a medida que los días de almacenamiento incrementen, de manera que las formulaciones que posean índices de peróxido más altas no resultarían óptimas para desarrollar, debido a su baja estabilidad y corto tiempo de vida útil (Bagheri et al., 2021).



**Figura 3.3.- Variación del índice de Peróxido de las formulaciones [Elaboración propia]**

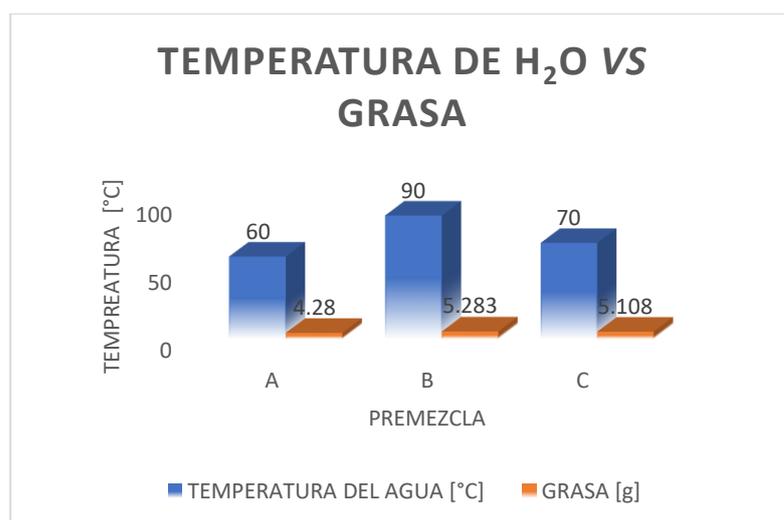
### 3.4 Análisis de grasa

Después de extruidas las mezclas se dejó secar en el horno y posterior se realizó el análisis de grasa por extracción de Soxhlet, siguiendo la normativa Harinas de origen vegetal INEN 523 1980-12, donde la fórmula A (60/40) fue la que presentó un menor contenido de grasa de 4,28 g a diferencia de las fórmulas B (70/30) y C (50/50) que se determinó 5,28 g y 5,10 g respectivamente, (ver figura 3.3).



**Figura 3.4.- Variación del porcentaje de grasa de las formulaciones [Elaboración propia]**

Ahora bien, se analizó y comparó las diferencias existentes de las fórmulas con mayor absorción de grasa, como se puede observar en la figura 3.4 se evidenció una relación entre la temperatura del agua que se incorporó al premix con respecto al porcentaje de grasa. En la fórmula B fue incorporada agua a una temperatura de 90°C, es decir que se incrementó la humedad, entonces al tener menos absorción de grasa la fórmula presentó un mayor contenido de humedad en su composición, por tanto, se identificó que fue la muestra con mayor cantidad de grasa 5,28 g, mientras que la formula A que se incorporó agua a una temperatura de 60 °C, presentó 4.27 g y la formula C con temperatura de 70 °C se obtuvo 5.10 g, de grasa, una de las desventajas fue que en la muestra B se presentó mayor contenido de grasa en su composición, de igual forma en comparación con el estudio realizado por (Paniagua, 2014) en su tesis de Aplicación de harinas extrusionadas en la mejora de la calidad de rebozados presentó resultados correlacionados a la absorción de grasa e incremento de humedad en muestras (TOC 20 Y TOC 60), presentaron humedad de 23.26 y 25.29g, en correlación con la absorción de grasa 14.75g y 15.10 respectivamente, es decir que la absorción de grasa fue mayor en aquellas muestras que presentaban un menor contenido de humedad.



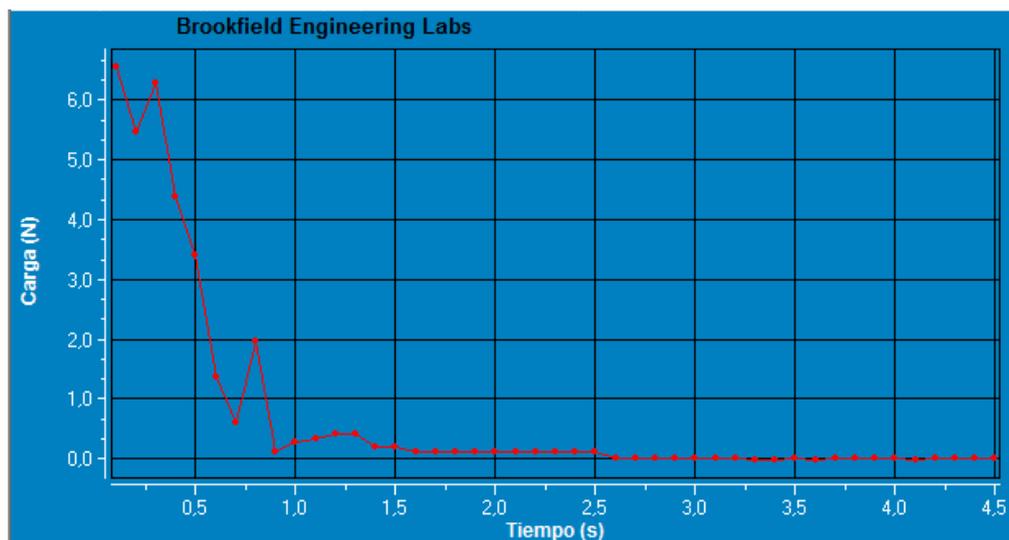
**Figura 3.5.- Temperatura de H<sub>2</sub>O vs Grasa según formulación de la premezcla extruída [Elaboración propia]**

### 3.5 Análisis de textura

**Tabla 3.2.- Resultados de análisis de textura [Elaboración propia]**

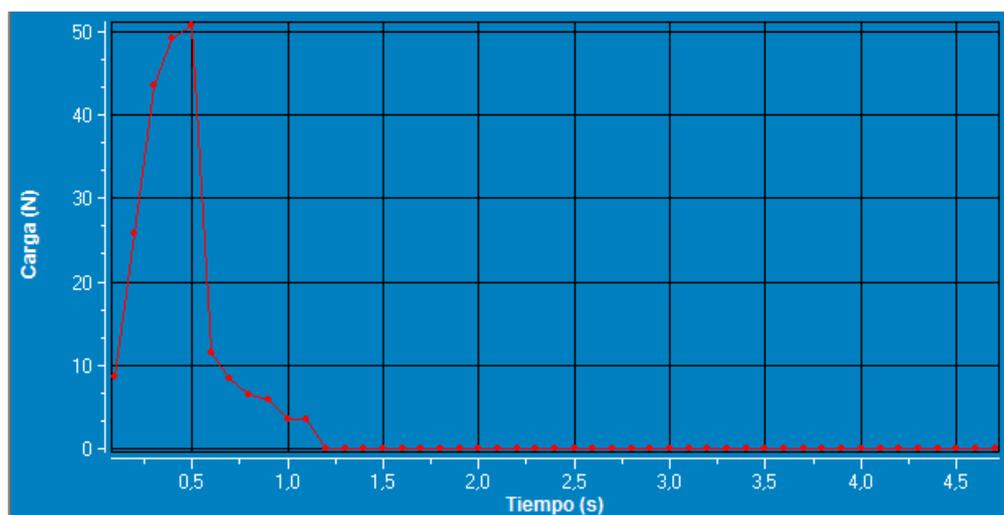
MUESTRA	DUREZA [N] [±0.1]	DEF	
		DUREZA[mm] [±0.1]	DEFORMACION %
<b>A</b>	50,779	0,78	0,3
<b>B</b>	6,541	0,14	0,1
<b>C</b>	39,241	1,63	0,7

En la figura 3.6 de Carga vs Tiempo se puede observar el resultado del análisis de textura para la premezcla ideal en función a tipos de harina. Se mostró también a través de los picos en la gráfica el punto de crujencia de la premezcla. El valor de dureza de la premezcla B fue 6,54 N la fuerza que necesitó la sonda del equipo, la deformación fue de 0.14mm que a medida que transcurría el tiempo mayor era la deformación producida y por último el porcentaje de deformación según dureza fue de 0.1% el porcentaje más bajo en comparación con las otras premezclas. Por lo tanto, el bloque de la premezcla B durante el experimento conservó su forma a diferencia de los otros bloques de formulaciones. Esto permitió de tal manera mostrar los resultados idóneos.



**Figura 3.6.- Carga vs Tiempo, perfil de textura de la muestra B (70/30)**

En la figura 3.7, la muestra A durante el experimento no conservó su forma y mientras más bajaba la sonda y transcurría el tiempo, necesitó más fuerza para incrustar la muestra.



**Figura 3.7.- Carga vs Tiempo, perfil de textura de la muestra A (60/40)**

La muestra C durante el experimento, a los 0.90 s no conservó su forma, como se observa en la figura 3.8.

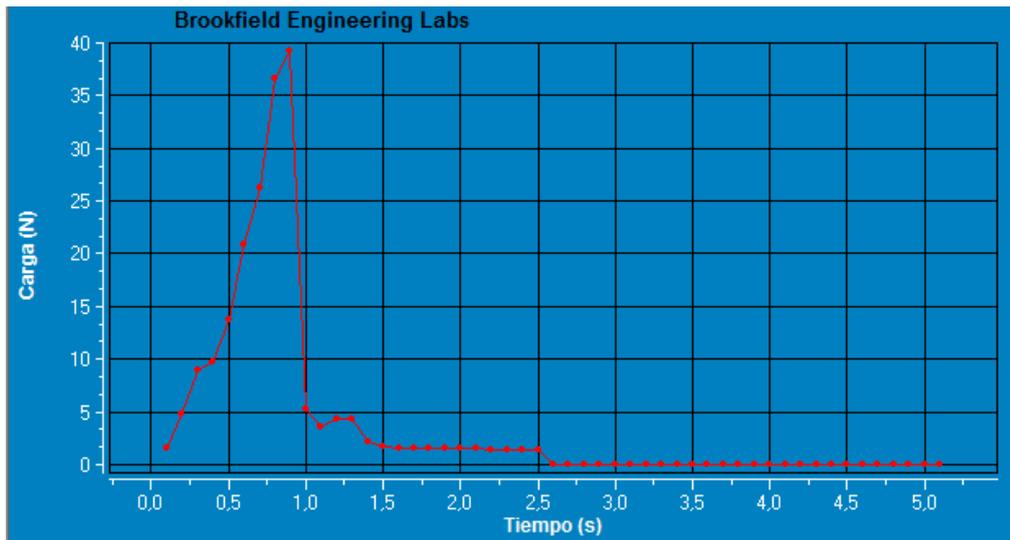


Figura 3.8.- Carga vs Tiempo, perfil de textura de la muestra C (50/50)

### 3.6 Evaluación sensorial

Las tres formulaciones resultantes fueron sometidas a una prueba de selección forzada, los parámetros a evaluar fueron color, aroma, y textura, con los resultados mostrados en la figura 3.9:

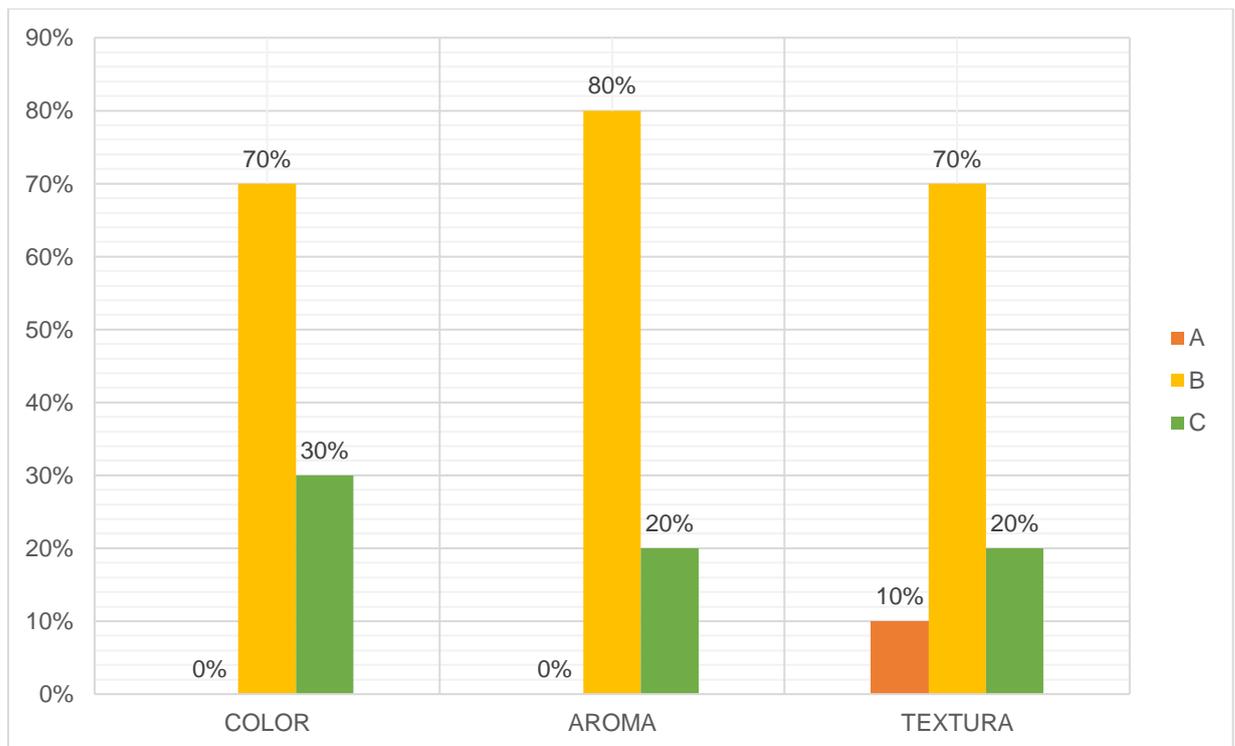
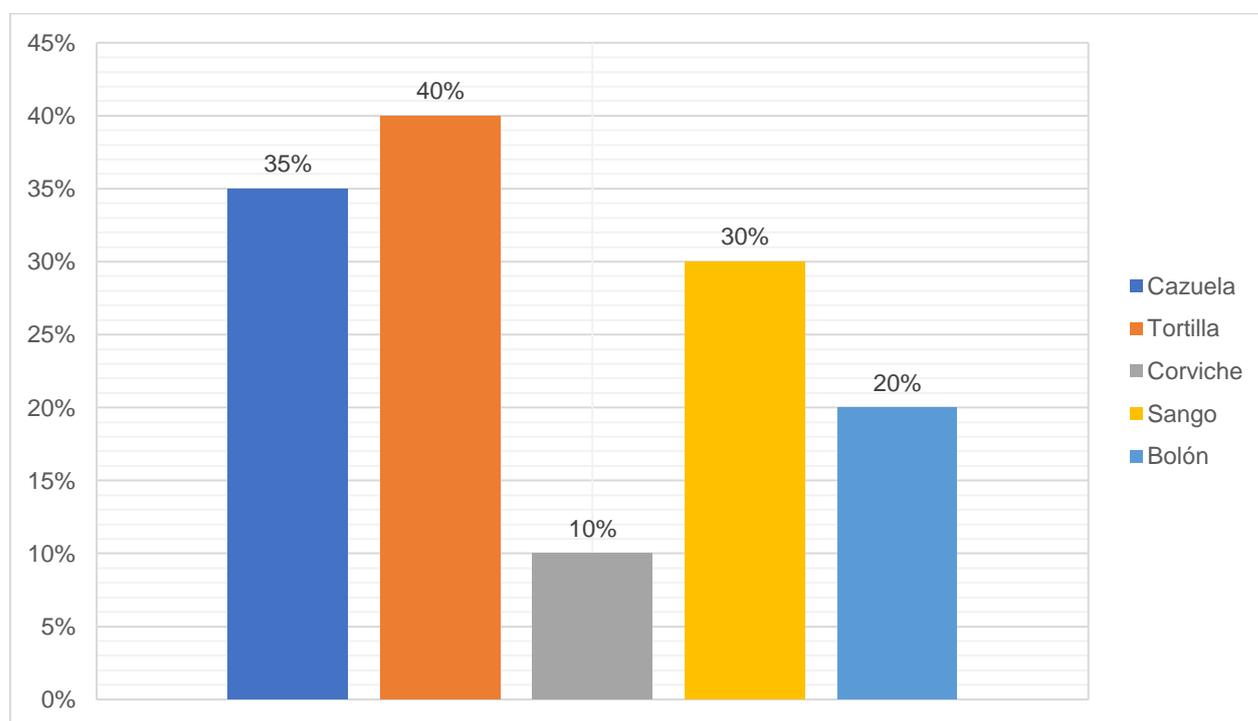


Figura 3.9.- Resultados de prueba sensorial de selección forzada para tres formulaciones de premezcla A, B y C [Elaboración propia]

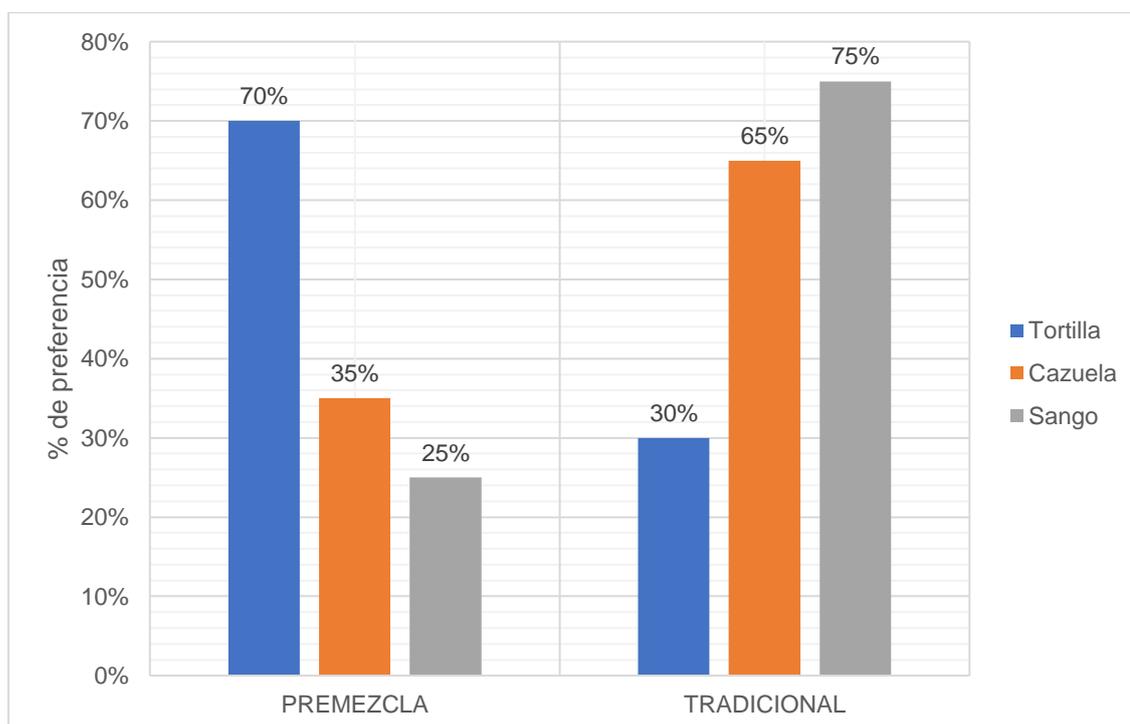
Entre las reflexiones de los panelistas destacan el olor característico del plátano verde, la diferencia notoria entre los colores del producto granulado, relacionando directamente estos dos factores con la frescura de las muestras analizadas, y la suavidad de la muestra seleccionada, ya que las otras formulaciones (A y C) resultaron ásperas e incluso grumosas al tacto, lo que desagradó a muchos panelistas, (estas elaboraciones pueden observarse en el apéndice E). De manera que las personas encuestadas favorecieron la premezcla B (70% harina de plátano-30% harina de chifle), con una preferencia de 70% para color, 80% para aroma y 70% para textura. Dentro de la misma sesión con panelistas que preparan frecuentemente cocciones a base de plátano verde se les consultó sobre aquellas que preparan con mayor periodicidad, sus respuestas fueron plasmadas en la figura 3.10:



**Figura 3.10.- Preparaciones con plátano verde elaboradas con mayor frecuencia por los panelistas [Elaboración propia]**

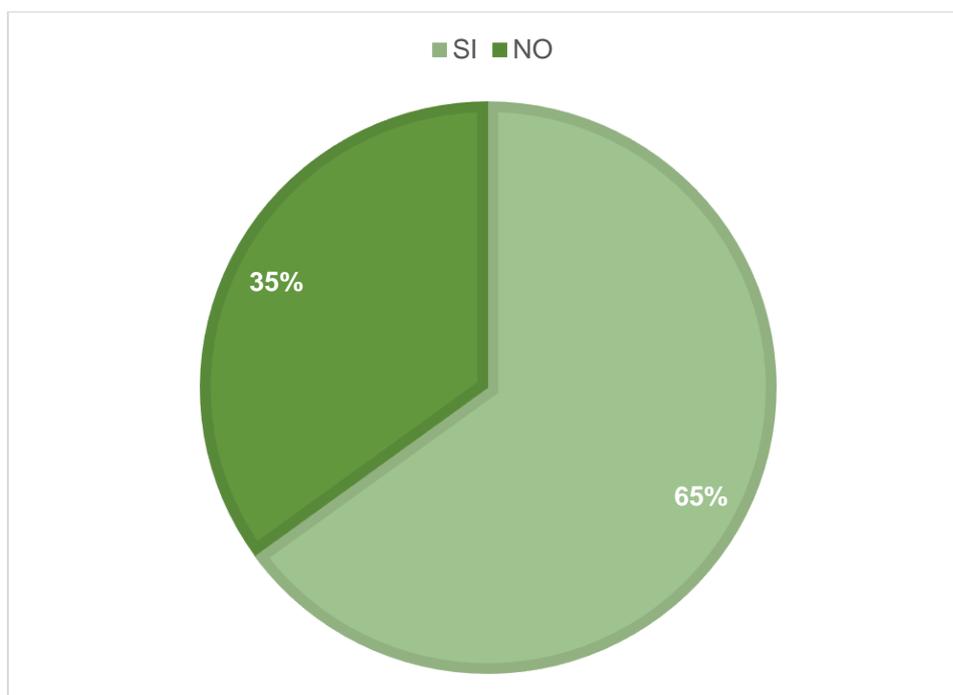
De las cuales fueron preparadas las tres con mayor incidencia: cazuela, tortilla y sango. Se usaron como testigo para la segunda evaluación sensorial propuesta, en la cual se desarrolló una prueba de preferencia pareada, los panelistas fueron consumidores frecuentes de plátano verde, y se dispusieron dos muestras para cada preparación, una en base a la premezcla B, formulada en este estudio, y otra elaborada de forma tradicional, es decir, cuya materia prima fue un plátano verde.

De acuerdo con la figura 3.11, se observó que para los productos resultantes de la premezcla el 70% mostró preferencia por la tortilla de verde, mientras que únicamente el 25% se inclinó por el sango, esta fue la opción menos seleccionada y entre los comentarios más frecuentes referentes a esta preparación destaca una textura desagradable, identificada como chiclosa o pegajosa, esto puede deberse a la presencia de almidón en la premezcla, y la temperatura que alcanzó el agua usada, que fue de 70°C. Por otra parte, la cantidad de personas que prefirió la cazuela bordea el 35%, y entre las principales características mencionadas por los panelistas está la presencia de grumos que marcaban una diferencia notoria frente a la preparación tradicional.



**Figura 3.11.- Resultados de preferencia pareada entre preparaciones de plátano verde elaboradas con la premezcla y de manera tradicional [Elaboración propia]**

Finalmente, a partir de este 70% de panelistas que mostraron preferencia para la preparación de tortilla de verde elaborada a partir de la premezcla formulada, se encuentra una intención de compra de 65% (Figura 3.12), las cualidades destacadas que fueron señaladas por los panelistas refieren a poder almacenar el producto por mucho tiempo, sin temperaturas bajas y la facilidad para desarrollar la cocción.



**Figura 3.12.- Intención de compra para la premezcla de plátano verde [Elaboración propia]**

### **3.7 Análisis de costos**

Para evaluar la factibilidad económica del desarrollo de una premezcla de plátano verde frito y crudo se ha considerado una jornada laboral de ocho horas, dentro de la cual se producirán batches de 500 Kg de premezcla en un tiempo aproximado de cincuenta minutos, en donde la cantidad promedio de producción diaria se estimó en 7000 unidades de 500 g. de acuerdo con el diagrama de procesos y equipos detallados en el apéndice A. Se ha considerado la disponibilidad de recursos existentes actualmente en la planta y se estima que se requerirán tres operarios dentro de esta nueva línea.

Con base en este escenario, se encontró que el costo de materia prima bordea los \$0.03, debido a que los principales componentes de la formulación provienen de residuos de otras líneas de producción y su valor monetario es despreciable. A esto se agrega el valor de materiales indirectos como insumos de trabajo y equipos de protección del personal en \$860 anuales, la inversión de equipos de oficina y maquinaria supondría \$12500, dentro de este rubro se ha considerado la adquisición de perchas para el almacenamiento de los productos terminados, además de la adquisición de hornos deshidratadores industriales con bandas de transporte, molinos, cortadoras de vegetales, mezcladora, equipos de cómputo y de oficina,

sueldos de trabajadores y mantenimiento de equipos como se puede observar en el apéndice C. De forma que, considerando el costo total de fabricación, costos fijos mensuales, el costo fijo por unidad resulta en \$0,27 con un margen de utilidad de 35% el precio de venta al público sería de \$0,37.

Esto supone un incremento de alrededor de \$0,25 sobre el precio de venta de 500 g de plátano verde crudo en el mercado nacional.

Resulta competitivo por la diferencia de humedad existente lo que conduce a un mayor tiempo de almacenamiento y la posibilidad de transportarlo e incluso exportarlo con un tiempo de vida útil ma

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Se determinó la fórmula ideal tentativa para la premezcla extruida de harina de plátano verde frito y crudo a partir de residuos de una línea de producción de chifles, mediante análisis fisicoquímicos de humedad, grasa y estabilidad oxidativa el cual se mantuvo dentro de los límites permitidos por normativas nacionales y que puede ser usada para distintas preparaciones de platos autóctonos del país, con una aprobación del 73% de posibles consumidores.

Se evaluó sensorialmente la premezcla extruida de plátano verde frito y crudo mediante diferentes preparaciones como tortilla, cazuela, sango a partir de la formulación de la premezcla mediante pruebas de aceptación, las tres premezclas resultantes tras la etapa de extrusión y molienda fueron primero evaluadas visualmente por un panel sensorial de personas que preparan frecuentemente preparaciones tradicionales de plátano verde, quienes mostraron inclinación en hasta un 80% en aroma, 70% en color y 70% para textura por la premezcla cuya proporción fue 70/30 (% harina de plátano deshidratado y frito). Finalmente, la premezcla seleccionada tuvo un porcentaje de 5,04 g/100g de humedad. Su fracción grasa representó el 5,28% del total formulado y el índice de peróxidos fue 1,1 meq. También, los aspectos reológicos de la premezcla elegida por el panel sensorial fueron de 0,1% de deformación y 0,14 mm de dureza.

Fue posible estimar costos de producción y precio de venta al público del producto que se desarrolló para la implementación de la línea de producción. Además de eliminar los residuos provenientes de la línea de chifles, considerando el costo total de fabricación, costos fijos mensuales, el costo fijo por unidad resulta en \$0,27, con un margen de utilidad de 35% el precio de venta al público de la nueva premezcla sería de \$0,37 los ingresos podrían incrementar hasta en \$156 000 mensuales, con una vida útil entre 9-12 meses.

La premezcla extruida de plátano verde se inclina a las tendencias actuales y elección del consumidor que busca alimentos que aporten valor nutricional, sean elaborados con materias primas autóctonas del país, contribuyan en la economía del agricultor y el medio ambiente, con ahorro de tiempo, modo de empleo y homogeneidad del producto final.

## **4.2 Recomendaciones**

- Replicar la elaboración de premezclas de plátano verde dentro de un equipo de extrusión en el cual se puedan controlar condiciones como presión y temperatura dentro del equipo para evaluar la factibilidad de este desarrollo.
- Se podrían enfocar futuras investigaciones a preparaciones tradicionales de verde que requieren menos adición de agua, como tigrillo, bolón, empanada entre otros, con el fin de aprovechar la naturaleza granulada de la premezcla y las fracciones de verde que resultan más percibidas por los posibles consumidores.
- Dada la alta cantidad de almidón resistente dentro de la materia prima se podría analizar a fondo las incidencias, proporción de amilosa, amilopectina y su posible afectación en torno a las cualidades sensoriales de productos alimenticios elaborados en base al plátano verde.

# BIBLIOGRAFÍA

- Bagheri, H., Abbaszadeh, S., & Sepandi, M. (2021). Simultaneous effect of cold plasma and MAP on the quality properties of mixed nuts snack during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15381>
- Bas-Bellver, C., Barrera, C., Betoret, N., & Seguí, L. (2020). Turning agri-food cooperative vegetable residues into functional powdered ingredients for the food industry. *Sustainability (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/su12041284>
- Bekele, E. K., Nosworthy, M. G., Henry, C. J., Shand, P. J., & Tyler, R. T. (2020). Oxidative stability of direct-expanded chickpea–sorghum snacks. *Food Science and Nutrition*, 8(8). <https://doi.org/10.1002/fsn3.1731>
- Castro, D. (2008). El almidón modificado de plátano (musa paradisiaca) como una alternativa en la industria cárnica. Tesis de grado. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Cayres, C. A., Ascheri, J. L. R., Couto, M. A. P. G., & Almeida, E. L. (2021). A Technological Optimization to Design a Better Gluten-Free Cereal-Based Cake Premix. En *Food Engineering Series*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61817-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61817-9_6)
- David, T., Oluwole, O., Tayo, S. I., Fagbemi, N., Timilehin, C., & Oluwajuyitan, D. (2022). Plantain-based dough meal: Nutritional property, antioxidant activity and dyslipidemia ameliorating potential in high-fat-induced rats. *Food Frontiers*, 3(3), 489–504. <https://doi.org/10.1002/FFT2.133>
- Diaz, A. B., & Blandino, A. (2022). Value-Added Products from Agro-Food Residues. En *Foods* (Vol. 11, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/foods11050766>
- Díaz, A., Martínez, M., Contreras, J., & Gallardo, C. (2019). Índice Glucémico in vitro, Contenido fenólico y Actividad Antioxidante de Snacks Elaborados con Harinas de Plátano (*Musa paradisiaca*) y Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Información tecnológica*, 30(5), 111-120. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500111>
- Encarnación, S. & Salinas, J. (2017). Elaboración de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca. Escuela Agrícola, Zamorano, Honduras. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bd9f3e6d-7003-4a00-8f5e-bf1f49f9eb7d/content>

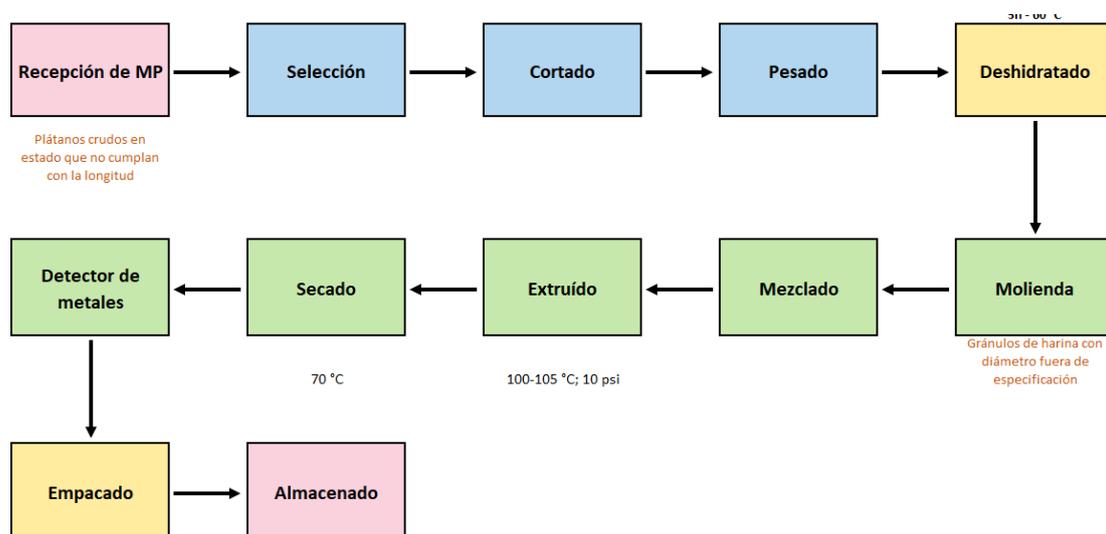
- FDC. (2019). PLANTAINS, GREEN, FRIED (SR LEGACY, 168199). Departamento de Agricultura de EE.UU. Servicio de Investigación Agropecuaria. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168199/nutrients>.
- Hernández, L. M., & Vit, P. (2009). El plátano se originó en Asia Meridional y se conoce en el mediterráneo desde.
- Huanatico-Suárez, E., Florez, M. C., Jhony Arisaca-Parillo, A., Zavaleta Huampa, P., Quispe, A., Alcides, E., & Callo, Q. (2021). Physico-chemical properties and in vitro digestibility of a food mixture of Andean crops and cereals extruded. *Alfa Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 199–210. <https://doi.org/10.33996/REVISTAALFA.V5I15.140>
- Karunathilaka, S. R., Kia, A. R. F., Srigley, C., Chung, J. K., & Mossoba, M. M. (2016). Nontargeted, Rapid Screening of Extra Virgin Olive Oil Products for Authenticity Using Near-Infrared Spectroscopy in Combination with Conformity Index and Multivariate Statistical Analyses. *Journal of Food Science*, 81(10), C2390–C2397. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13432>
- López, A. F. (2013). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. ISSN1020-4334 Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Rome, Italy.
- NTE INEN 616. (2015).
- Oluwajuyitan, T. D., Ijarotimi, O. S., & Fagbemi, T. N. (2021). Plantain based dough meal: nutritional property, antioxidant activity and dyslipidemia ameliorating potential in high-fat induced rats. *Clinical Phytoscience* 2021 7:1, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S40816-021-00327-8>
- Ponce Chica, C. A. (2022). Evaluación de diferentes dosis de ácido cítrico y ascórbico en la actividad antioxidante del plátano (*Musa paradisiaca*) para la producción de snacks (chifles) (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Rios, M. B., Iriundo-DeHond, A., Iriundo-DeHond, M., Herrera, T., Velasco, D., Gómez-Alonso, S., Callejo, M. J., & del Castillo, M. D. (2020). Effect of coffee cascara dietary fiber on the physicochemical, nutritional and sensory properties of a gluten-free bread formulation. *Molecules*, 25(6). <https://doi.org/10.3390/molecules25061358>
- Rubén Paz, Z. P. (2013). Potencialidad del plátano verde en la nueva matriz productiva del ecuador. *Revista Científica YACHANA*, 204.
- Valencia M., Jorge A., & Domínguez V., Argemiro, & Morales O., Huberto, & Cayón S., Gerardo (2004). Desarrollo y producción del plátano Dominicano-Hartón (*Musa AAB*

Simmonds) en diferentes densidades y arreglos de siembra. *Agronomía Colombiana*, 22 (1),18-22. [fecha de Consulta 20 de Mayo de 2022]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180317823003>

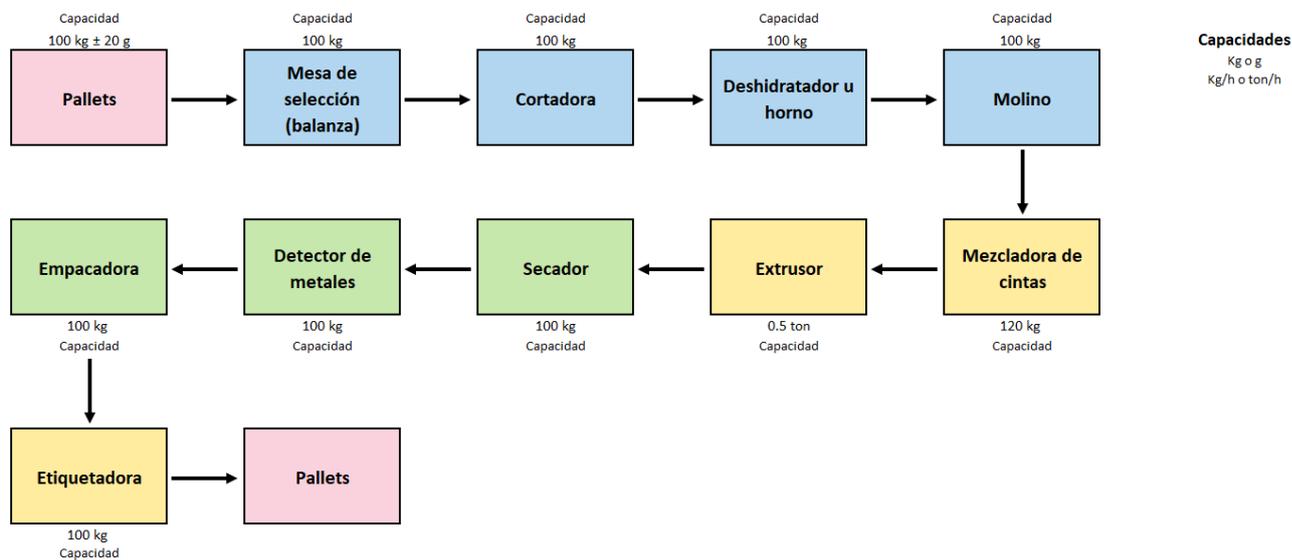
Tadesse, S. A., Beri, G. B., & Abera, S. (2019). Chemical and sensory quality of sorghum-based extruded product supplemented with defatted soy meal flour. *Cogent Food and Agriculture*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1653617>

# APÉNDICES

## APÉNDICE A: DIAGRAMA DE PROCESO Y EQUIPOS PARA ELABORACIÓN DE LA PREMEZCLA DE VERDE



**Figura 4.1.- Diagrama de procesos para una premezcla de plátano verde [Elaboración propia]**



**Figura 4.2.- Diagrama de equipos para la implementación de una línea de procesamiento para premezcla de plátano verde [Elaboración propia]**

## APÉNDICE B

### Formularios de análisis sensorial [Elaboración propia]

<b>Nombre:</b> _____	<b>Panelista #</b>																
<b>Edad:</b> _____																	
<b>1. ¿Cuántas veces en su hogar o lugar de trabajo prepara platillos con plátano verde?</b>																	
<input type="checkbox"/>	Nunca																
<input type="checkbox"/>	1 vez por semana																
<input type="checkbox"/>	3 veces por semana																
<input type="checkbox"/>	5 veces por semana																
<input type="checkbox"/>	Todos los días																
<b>2. ¿En promedio, cuánto tiempo invierte adecuando el plátano verde para su preparación? (Seleccionado, lavado, pelado, cortado, triturado, etc.)</b>																	
<input type="checkbox"/>	10 minutos o menos																
<input type="checkbox"/>	15 minutos																
<input type="checkbox"/>	20 minutos																
<input type="checkbox"/>	30 minutos o más																
<b>3. ¿Qué preparación con plátano verde usted elabora con mayor frecuencia?</b>																	
_____																	
_____																	
<b>PRUEBA SELECCIÓN FORZADA</b>																	
Observar las tres muestras dispuestas frente a usted.																	
Califique los criterios a continuación con valores entre 1-5 en donde <b>1 es me desagrada y 5 me agrada mucho.</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th>MUESTRA</th><th>COLOR</th><th>AROMA</th><th>TEXTURA</th></tr></thead><tbody><tr><td>750</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>298</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>409</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>		MUESTRA	COLOR	AROMA	TEXTURA	750				298				409			
MUESTRA	COLOR	AROMA	TEXTURA														
750																	
298																	
409																	
<b>Observaciones:</b> _____																	
_____																	

Figura 4.3.- Formulario para análisis sensorial de premezcla en polvo

**Nombre:**

**Panelista #**

**Edad:**

**PRUEBA PREFERENCIA PAREADA  
TORTILLA DE VERDE**

**Instrucciones:**

Enjuague su boca antes de comenzar y entre cada muestra.

Deguste las dos muestras dispuestas frente a usted, en el orden indicado (de izquierda a derecha) seleccione SOLO UNA que haya sido de su preferencia.

<b>MUESTRA</b>	
<b>356</b>	
<b>972</b>	

¿Estaría dispuesto a adquirir una premezcla de plátano verde?

**SÍ**

**NO**

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Figura 4.4.- Formulario para análisis sensorial de premezcla cocida en forma de tortilla de verde**

Nombre: \_\_\_\_\_

Panelista #

Edad: \_\_\_\_\_

**PRUEBA PREFERENCIA PAREADA  
CAZUELA DE VERDE**

**Instrucciones:**

Enjuague su boca antes de comenzar y entre cada muestra.

Deguste las dos muestras dispuestas frente a usted, en el orden indicado (de izquierda a derecha) seleccione SOLO UNA que haya sido de su preferencia.

MUESTRA	
529	
134	

¿Estaría dispuesto a adquirir una premezcla de plátano verde?

**SÍ**

**NO**

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Figura 4.5.- Formulario para análisis sensorial de premezcla cocida en forma de cazuela**

## APÉNDICE C

### Análisis de costos de implementación [Elaboración propia]

Tabla 4.1 .- Demanda esperada para el primero año de funcionamiento

MES	DIAS LABORABLES	DEMANDA DIARIA	DEMANDA MENSUAL
Mayo	21	6000	126000
Junio	22	8000	176000
Julio	20	6000	120000
Agosto	22	8000	176000
Septiembre	22	6000	132000
Octubre	20	8000	160000
Noviembre	20	6000	120000
Diciembre	21	8000	168000
Enero	22	6000	132000
Febrero	20	8000	160000
Marzo	23	6000	138000
Abril	19	8000	152000

Tabla 4.2.- Consideraciones tomadas en cuenta para determinar la demanda esperada

Días laborables al año	<b>252</b>
Unidades diaria promedio	<b>7000</b>
Unidades mensuales promedio	<b>146666,6667</b>

Tabla 4.3.- Costos estimados para la materia prima usada en la elaboración de la premezcla de plátano verde

COSTO DE MATERIA PRIMA			
Materia Prima	Cantidad en Kg.	Costo por Kg.	Costo total (x unidad)
Harina de plátano verde crudo	0,2975	\$ 0,00	\$ 0,00
Harina de plátano verde frito	0,1975	\$ 0,00	\$ 0,00
Sal	0,003	\$ 1,60	\$ 0,00
Ac. Ascórbico	0,00015	\$ 10,00	\$ 0,00
ajo en polvo	0,002	\$ 7,75	\$ 0,02
colorante vegetal en polvo	0,00025	\$ 1,00	\$ 0,00
Agua	0,0333333	\$ 0,35	\$ 0,01
<b>Total</b>	<b>0,5004</b>		<b>\$ 0,03</b>
Demanda anual (unidades)		1760000	
Demanda anual (Kilogramos)		880000	
Cantidad de producto por unidad (gr)		500	
Costo anual de materia prima		\$59.341,31	

**Tabla 4.4.- Insumos considerados para estimar el costo de materiales indirectos en esta línea de producción**

<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad (anual)</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>Total</b>
Mandiles	20	\$ 2,00	\$ 40,00
Mallas	100	\$ 0,10	\$ 10,00
Guantes	50	\$ 0,10	\$ 5,00
Botas	5	\$ 3,20	\$ 16,00
Fundas de Basura	2.000	\$ 0,02	\$ 40,00
Cajas de cartón	5.000	\$ 0,12	\$ 600,00
Agentes de Limpieza	24	\$ 6,20	\$ 148,80
<b>Total anual</b>			<b>\$ 859,80</b>

**Tabla 4.5.- Inversión en equipos de oficina y de computo**

<b>INVERSION</b>			
<b>Equipos de oficina y de computo</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo Total</b>
6	Perchas para almacenamiento	\$ 250,00	\$ 1.500,00
			<b>\$ 1.500,00</b>

**Tabla 4.6.- Inversión en maquinaria**

<b>Maquinaria</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo Total</b>
1	Molino	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
1	Horno deshidratador	\$ 5.200,00	\$ 5.200,00
1	Cortadora	\$ 800,00	\$ 800,00
1	Mezcladora	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
			<b>\$ 11.000,00</b>

**Tabla 4.7.- Depreciación de maquinarias y equipos**

<b>DEPRECIACION</b>			
<b>Depreciaciones Anuales</b>	<b>Vida Util</b>	<b>Total</b>	<b>Depreciación</b>
Maquinarias y equipos auxiliares	10	\$ 11.000,00	\$10.999,00
Equipos de oficina	5	\$ 1.500,00	\$1.499,50
Equipo de computo	3	\$ 859,80	\$859,50
<b>Total</b>		<b>\$ 13.359,80</b>	<b>\$ 13.358,00</b>

**Tabla 4.8.- Estimación de costos fijos anuales por contratación**

<b>COSTO FIJO ANUAL</b>			
<b>Cargo</b>	<b>Numero de trabajadores</b>	<b>Sueldo Mes</b>	<b>Sueldo Anual</b>
Administrador	1	\$1.000,00	\$1.000,00
Jefe de producción	1	\$800,00	\$800,00
Operarios	3	\$425,00	\$1.275,00
		<b>\$2.225,00</b>	<b>\$3.075,00</b>

**Tabla 4.9.- Estimación de costos fijos anuales debidos a gastos energéticos**

<b>DETALLE DE COSTOS FIJOS ANUALES</b>			
	<b>\$/Mes</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>
<b>GASTOS DE OFICINA</b>	100	1.200,00	1.800,00
<b>PROPAGANDA</b>	250	3.000,00	3.150,00
<b>COSTO DE TRANSPORTE</b>	750	9.000,00	9.450,00
<b>REMUNERACIONES</b>			
<b>SERVICIOS VARIOS</b>			
<b>AGUA</b>		1.500,00	1.575,00
<b>LUZ</b>		4.800,00	5.040,00
<b>TELEFONO</b>		500,00	525,00
<b>INTERNET</b>		600,00	600,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$7.400,00</b>	<b>\$7.740,00</b>
<b>COSTOS FIJOS TOTALES</b>		<b>\$28.000,00</b>	<b>\$7.740,00</b>

**Tabla 4.10.- Costo diario del total de unidades producidas**

Producción total (unidades x día)	7.000,00
No. de Operarios	3
Costo por hora	8
Horas diarias	8
Costos de mano de Obra (unidad/día)	0,03
<b>Costo diario del total de unidades producidas</b>	<b>192,000000</b>

**Tabla 4.11.- Estimación de P.V.P final**

Materia prima x unidad		0,033717
Mano de Obra x unidad		0,027429
Indirectos (Mant. de Equipos) <u>Inversion/Demanda</u>		2,931136
Costo de empaque		0,02
<b>Costo total de fabricación</b>		<b>3,012282</b>
Costo Fijo Mensual		\$3.325,00
Costos de Materiales Indirectos		\$ 859,80
Unidades mensuales fabricadas		154.000
<b>Costo Fijo por unidad</b>		<b>0,27174026</b>
Costos de producir 1 und.		0,271740
Utilidad	35%	0,095109
<b>Precio de Venta x Unidad</b>		<b>0,366849</b>

## APÉNDICE D

### Propuesta lay out de la línea de producción- premezcla de plátano [Elaboración propia]

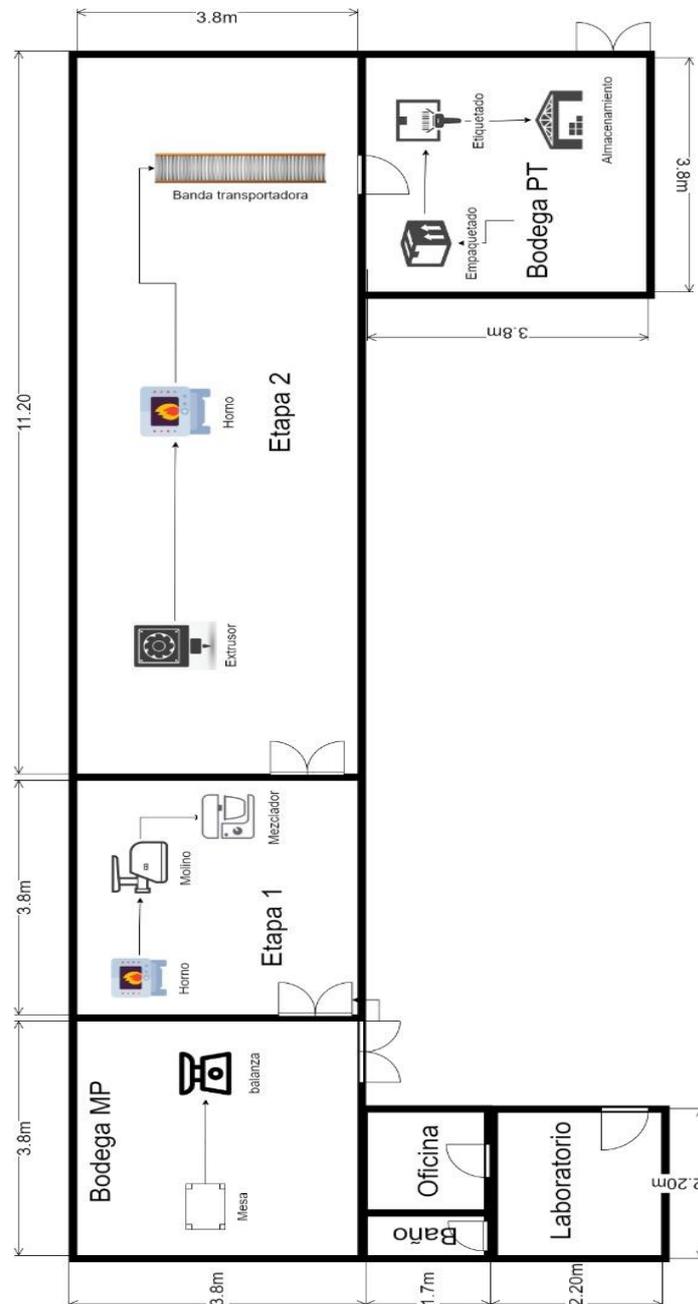


Figura 4.6.- Layout propuesto para la implementación de la línea de producción del producto propuesto

## APÉNDICE E

Registro visual desarrollo premezcla de plátano verde [Elaboración propia]



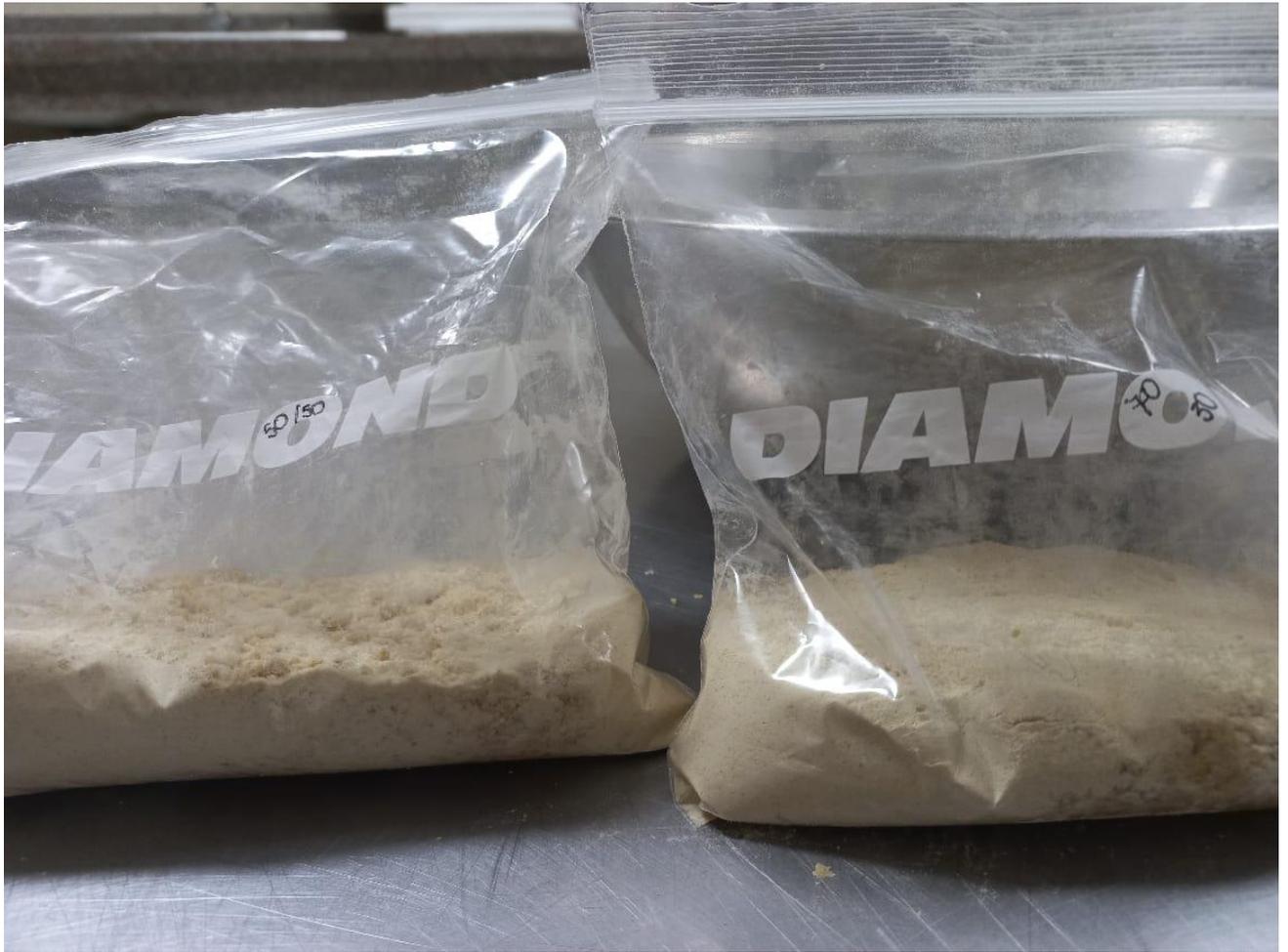
Figura 4.7.- Proceso de extrusión de premezclas



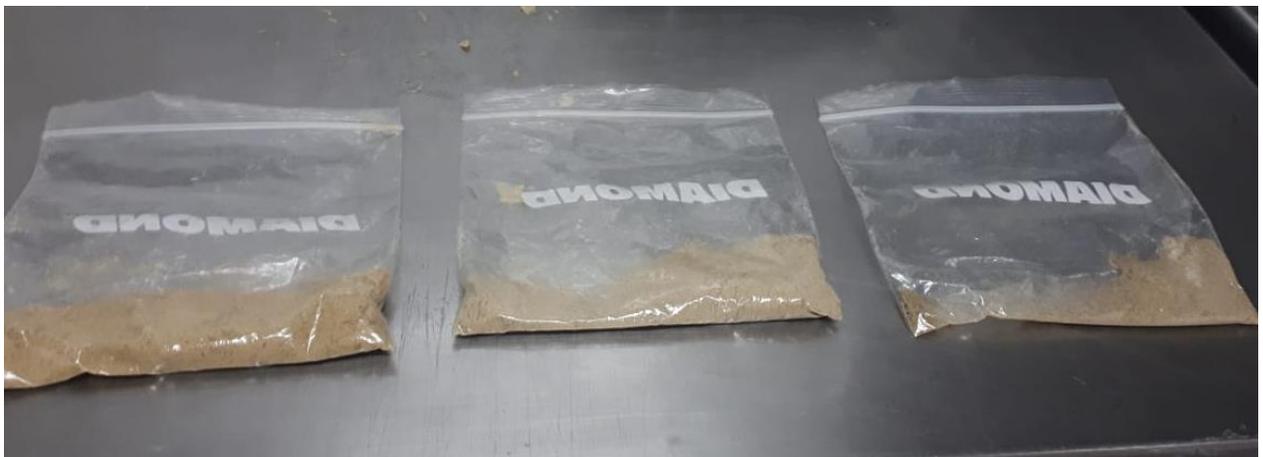
Figura 4.8.- Premezclas a la salida del extrusor, previo al secado



Figura 4.9.- Muestras extruidas posterior al proceso de secado



**Figura 4.10.- Premezclas tras la molienda**



**Figura 4.11.- Muestras de las tres formulaciones desarrolladas**



**Figura 4.12.- Premezcla A previo a su cocción en forma de tortilla de verde**