



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA**  
**INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TITULO**

Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. en la formulación de pasteles, a escala de laboratorio, en UNI RUACS, Estelí - Nicaragua.

**AUTORES**

Br. Agne Massiel González Méndez

Br. Xotchill Jamaly Larios López

Br. Alanyell Ulises Velásquez Ruiz

**TUTOR**

Ph D. Sandra Lorena Blandón Navarro

**Estelí – 03 de septiembre de 2019**



Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

**SECRETARÍA DE FACULTAD**

**F-8: CARTA DE EGRESADO**

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

**GONZÁLEZ MÉNDEZ AGNE MASSIEL**

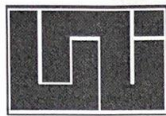
Carne: **2014-0234N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

**SECRETARÍA DE FACULTAD**

**F-8: CARTA DE EGRESADO**

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

**LARIOS LÓPEZ XOTCHILL JAMALY**

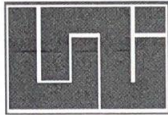
Carne: **2014-0216N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

**SECRETARÍA DE FACULTAD**

**F-8: CARTA DE EGRESADO**

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

**VELÁSQUEZ RUIZ ALANYELL ULISES**

Carne: **2014-0252N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Industria**

**DECANATURA**

Managua, 06 de marzo de 2019

Brs. Agne Massiel González Méndez  
Xotchill Jamaly Larios López  
Alanyell Ulises Velásquez Ruiz

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado “Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) en la formulación de pasteles, a escala de laboratorio, en UNI RUACS, Estelí-Nicaragua”, para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial** y que contará con la **Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,

  
**MSc. Lester Antonio Artola Chavarria**  
Decano



C/c Archivo  
LACH/art

Estelí, 16 de agosto del 2019

**M.Sc. Lester Artola**  
Decano  
FTI UNI

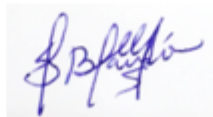
Estimado decano,

En mi carácter de tutora, he revisado el informe final del trabajo monográfico "Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. en la formulación de pasteles, a escala de laboratorio, en UNI RUACS, Estelí - Nicaragua." cuyos autores son los egresados **Br. Agne Massiel González Méndez**, número de carnet 2014-0234 N, **Br. Xotchill Jamaly Larios López**, número de carnet 2014-0216 N y **Br. Alanyell Ulises Velásquez Ruiz**, con número de carnet 2014-0252 N, para optar al título de ingeniero agroindustrial.

Supervisé la recolección y realización de los experimentos que fueron ejecutados en la presente investigación. Los resultados del estudio sugieren que la harina de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. puede ser utilizada como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de tortas para pastel, con niveles de inclusión de 10 %. Las propiedades funcionales de las harinas, como densidad aparente, capacidad de retención de aceite y agua, son aproximadas a las determinadas para la harina de trigo, según bibliografía consultada. Además, el documento presenta la estructura adecuada al Reglamento para Trabajos Monográficos vigentes en la UNI.

De este modo, sugiero apoyar a los bachilleres para que puedan proseguir con la próxima etapa de culminación de estudios, la presentación y defensa del trabajo monográfico. |

Cordialmente,



Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro

Tutora de los autores del Trabajo monográfico  
Coordinadora de Investigación, UNI RUACS



QR ORCID

***Agradecimientos y dedicatoria***

***A: Dios, padres y maestros.***

## Resumen

El presente estudio expone la producción de harina a base de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. como una propuesta de sustitución parcial de la harina de trigo convencional en la producción de tortas para pastel. La idea de esta investigación está basada en la necesidad de incursionar en la búsqueda e innovación de alternativas que consideren el reciente interés de los consumidores hacia productos libres de gluten como también aspectos de disponibilidad de materia prima, los parámetros de calidad y propiedades funcionales y nutricionales del producto final.

Habiendo considerado dichos referentes se inició un proceso de experimentación en el que previamente se definieron especificaciones de calidad requeridas en la materia prima a emplear, luego se procedió a determinar el método más eficiente de acondicionamiento de la materia prima valorando aspectos de producción y consumo energético, en seguida se realizó la producción y caracterización de la harina para finalmente ser evaluada a través de un análisis sensorial.

Uno de los parámetros establecidos fue el tiempo de remojo de 12 horas para los frijoles, a fin de propiciar el ablandamiento y reducir el tiempo de cocción. La harina de frijoles producida presentó características técnicas adecuadas tales como capacidades de absorción de agua y aceite de  $2.57 \pm 0.07$  g/g y  $0.66 \pm 0.14$  g/g respectivamente, influyentes tanto en el buen desarrollo de la masa en la producción de productos de repostería, como en las características de calidad de los mismos, cabe destacar que el rendimiento productivo corresponde a  $68.67 \pm 0.0510$  % convirtiendo este producto en una alternativa factible, desde el punto de vista técnico y sensorialmente aceptable, argumento sustentado por los resultados obtenidos en el análisis sensorial donde los panelistas reflejaron su agrado ante los atributos de las tortas evaluadas, especialmente en la de 10% de inclusión.



## Contenido

I. Introducción .....	13
II. Objetivos.....	15
2.1. Objetivo General .....	15
2.2. Objetivos específicos .....	15
III. Justificación .....	16
IV. Marco teórico .....	18
4.1. Generalidades del frijol.....	18
4.2. Taxonomía del Frijol.....	18
4.3. Partes de la semilla de frijol .....	18
4.4. Composición química y nutricional del frijol.....	19
4.5. El frijol en Nicaragua .....	20
4.6. Consumo de frijol .....	21
4.7. Estudios relacionados con el aprovechamiento del frijol .....	21
4.8. NTON 16 001-13 Norma técnica obligatoria nicaragüense de especificaciones de calidad de frijol .....	23
4.9. La Harina.....	24
4.10. Control de calidad de las harinas.....	25
4.11. Industria panadera .....	26
V. Hipótesis .....	27
VI. Análisis y discusión de resultados .....	28
6.1. Tipos de Harina.....	28
6.2. Ubicación del estudio .....	29
6.3. Tipo de investigación.....	29
6.4. Diseño Experimental .....	30
6.5. Parámetros de operacionales y de control de calidad en el proceso de producción de la harina de frijol .....	32
6.6. Costos de producción de harina de frijoles .....	35
6.7. Metodología de elaboración de pasteles.....	37
6.8. Metodología Análisis Sensorial .....	38

6.9.	Matriz de operacionalización de variables.....	39
6.10.	Análisis Estadístico .....	41
6.11.	Determinación del rendimiento productivo de la harina de frijoles .....	41
6.11.1.	Producción de la harina.....	41
6.11.2.	Diagrama de flujo de producción de harina de frijol .....	43
6.11.3.	Descripción de diagrama de proceso de producción de harina de frijoles	44
6.11.4.	Balance de materia - Rendimiento productivo.....	45
6.11.5.	Costos de producción de la harina de frijoles.....	51
6.12.	Evaluación de las características de la harina de frijol.....	52
6.12.1.	Tiempo de remojo .....	52
6.12.2.	Densidad Aparente.....	52
6.12.3.	Granulometría .....	54
6.12.4.	Porcentaje de humedad .....	54
6.12.5.	Capacidad de retención de agua y aceite .....	55
6.13.	Caracterización de los pasteles con sustitución parcial de harina de trigo	56
6.13.1.	Descripción de diagrama de proceso de elaboración de pasteles con sustitución parcial de harina de trigo .....	57
6.13.2.	Evaluación de las características de calidad de las tortas elaboradas parcialmente con harina de frijoles .....	59
6.14.	Análisis sensorial de las diferentes formulaciones de los pasteles elaborados a partir de la harina de frijol .....	62
VII.	Conclusiones .....	70
VIII.	Recomendaciones .....	72
IX.	Bibliografía.....	73

## Índice de tablas

Tabla 1.	Parámetros de calidad del frijol .....	23
Tabla 2.	Parámetros de granulometría de harina.....	33
Tabla 3.	Formulación para elaboración de los pasteles .....	37
Tabla 4.	Análisis ANAVA Tiempo de remojo – Rendimiento .....	46

Tabla 5. Costos de producción de la harina .....	51
Tabla 6. Densidad de harina integral.....	53
Tabla 7. Densidad de harina limpia .....	53
Tabla 8. Granulometría de la harina.....	54
Tabla 9. Resultado de pruebas de humedad.....	55
Tabla 10. Capacidad de retención de agua de harina de frijoles.....	56
Tabla 11. Capacidad de retención de aceite de harina de frijoles .....	56
Tabla 12. Datos de altura de la torta .....	60
Tabla 13. Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Color .....	64
Tabla 14. Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Olor .....	64
Tabla 15. Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Textura.....	65
Tabla 16. Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Sabor .....	67
Tabla 17. Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Aspecto.....	69
Tabla 18. Resultados de la granulometría.....	77

## Índice de figuras

Figura 1. Partes de la semilla de frijol .....	19
Figura 2. Ubicación geográfica del recinto universitario .....	29
Figura 3. Diagrama de flujo de producción de harina de frijol .....	43
Figura 4. Balance de materia para muestra sin remojo.....	47
Figura 5. Balance de materia para muestra con remojo de 6 horas.....	48
Figura 6. Balance de materia para muestra con remojo de 8 horas.....	49
Figura 7. Balance de materia para muestra con remojo de 12 horas.....	50
Figura 8. Tamizado de la harina de frijol .....	54
Figura 9. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de pasteles.....	57
Figura 10. Estructura de migas en la torta .....	61
Figura 11. Evaluación de color de las muestras con diferentes niveles de inclusión. .....	63
Figura 12. Evaluación de Olor de las muestras con diferentes niveles de inclusión. .....	64

Figura 13. Evaluación de Textura de las muestras con diferentes niveles de inclusión .....	65
Figura 14. Evaluación de Sabor de las muestras con diferentes niveles de inclusión .....	67
Figura 15. Evaluación de Aspecto de las muestras con diferentes niveles de inclusión .....	68
Figura 16. Frijoles sin uniformidad de absorción .....	80
Figura 17. Etapa de remojo de frijoles.....	67
Figura 18. Etapa de remojo de frijoles.....	67
Figura 19. Deshidratación de frijoles.....	68
Figura 20. Harina de frijoles integral.....	68
Figura 21. Harina de frijoles libre de fibra.....	68
Figura 22. Realización de pruebas de capacidad de absorción de agua y aceite.	69
Figura 23. Muestras para realización de pruebas de capacidad de absorción de aceite.....	69
Figura 24. Muestras para realización de pruebas de capacidad de absorción de agua.....	70
Figura 25. Realización de prueba de granulometría de la harina de frijoles.....	70
Figura 26. Realización de prueba de granulometría de la harina de frijoles.....	70
Figura 27. Realización de análisis sensorial.....	70

### **Índice de Ecuaciones**

Ecuación 1. Capacidad de retención de aceite .....	33
Ecuación 2. Capacidad de retención de agua .....	34
Ecuación 3. Costo primo .....	36
Ecuación 4. Costo de conversión .....	36
Ecuación 5. Costo total .....	36
Ecuación 6. Costos indirectos de fabricación .....	37
Ecuación 7. Punto de equilibrio .....	37

## I. Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es uno de los cultivos más importantes para la alimentación humana por su alto contenido de proteínas (22%), fibra, carbohidratos, vitaminas y minerales, además de tener un bajo contenido en grasa.

Es un producto básico en la dieta humana por lo que su consumo es significativo, aunque el frijol es parte de la dieta en más de 170 países, a escala mundial el consumo muestra alta concentración en Brasil, India, México, Nigeria, Estados Unidos, Uganda, Myanmar y Tanzania, los cuales absorben el 60.88% del consumo mundial del grano, (FUNICA, 2014).

Los países Centroamericanos, se diferencian en cuanto al tipo de frijol que consumen. Nicaragua, Honduras y El Salvador producen y consumen frijol rojo, mientras que Guatemala y Costa Rica producen y consumen mayoritariamente frijoles negros, (MIFIC, 2015).

Cabe destacar que el cultivo de frijol se lleva a cabo en todos los departamentos de Nicaragua, entre los que destacan Matagalpa, Jinotega, Regiones de la Costa Caribe, la RAAS y la RAAN, con una participación aproximada del 60% del área total sembrada en el país, lo que propicia la disponibilidad de materia prima para la producción del producto, (FUNICA , 2014)

La elaboración de una harina a base de frijoles comprende la molienda de los granos previamente preparados logrando reducir su tamaño hasta obtener polvo, el cual, se hace pasar por una serie de tamices para obtener uniformidad, el producto resultante es empleado como materia prima en producto panaderos.

La manufactura panadera es una rama de la industria alimentaria y se trata de la transformación de la materia prima e insumos en pan para su consumo directo. El principal componente de formulación, es la harina, que procede del proceso de molturación de los cereales, siendo la harina de trigo la más importante, los principales complementos de la harina empleados en la fabricación de pan son: azúcar, agua, grasa vegetal, sal, levadura, colorantes, aromatizantes.

Desde la antigüedad el pan ha representado un complemento alimentario muy importante en la dieta humana por lo que la industria panadera tiene una representativa importancia tanto de manera artesanal como de manera industrial por lo que representa un factor relevante en la economía.

La capacidad de hidratación de la harina se expresa como la cantidad de agua que es capaz de asimilar, formando una masa con buenas cualidades de panificación. Este factor condiciona el rendimiento de la operación de panificación. Téngase presente que un kg de harina da lugar a más de un kg de pan. Este valor puede variar entre 1,1 y 1,3 kg dependiendo precisamente de la capacidad de hidratación de la harina, que depende a su vez de la cantidad de almidón dañado durante la molienda, la cantidad de proteína y de la humedad inicial de la harina, (Ribotta & Tadini, 2009).

Cabe mencionar que la composición química de los frijoles presenta múltiples vitaminas, entre las más importantes en la harina las del grupo B y E; siendo las del grupo B determinantes para el equilibrio nervioso en nuestro organismo y las del grupo E que ayudan a dar funcionalidad a los músculos y a mantener un buen estado de fertilidad. La vitamina E ( $C_{10}H_{50}O_2$ ) o tocoferol pertenece a las liposolubles y se encuentra en el germen. Su función en el pan es la de evitar su enmohecimiento y, por lo tanto, prolongar la conservación. Tiene un gran poder anti-oxígeno que facilita este proceso. La vitamina B es la que en mayor cantidad nos encontramos en la harina, forma parte de vitaminas hidrosolubles, (Ribotta & Tadini, 2009).

Con el propósito de aprovechar las propiedades presentes en el frijol y considerando la aceptación de consumo que tiene este producto en términos generales, la presente investigación propone la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol en la elaboración de pasteles. La propuesta contiene las bases para el desarrollo del estudio, además de los materiales y métodos necesarios para determinar el porcentaje de inclusión más adecuado.

## **II. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol a través de análisis de laboratorio para determinar su eficiencia en la elaboración de pasteles.

### **2.2. Objetivos específicos**

- ✓ Calcular rendimiento productivo de la harina de frijoles a través de un balance de materia para la determinación de costos de producción.
- ✓ Evaluar las características de la harina de frijol a través de cálculos de densidad aparente, granulometría, determinación de capacidad de absorción de agua y aceite.
- ✓ Caracterizar los pasteles producidos a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frijoles.
- ✓ Realizar análisis sensorial para evaluar las diferentes formulaciones de los pasteles elaborados para determinar el mejor porcentaje de inclusión.

### III. Justificación

Existen muchos aspectos importantes acerca de formulación de harina a base de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. principalmente por ser fuente de diversas propiedades como carbohidratos complejos, proteína, vitaminas, minerales y fibra, tienen un bajo contenido de grasa y por ser un alimento de origen vegetal, no contienen colesterol considerando estas características se pronostica que al final la harina formulada pueda aportar en su mayoría estas bondades al producto final.

Por otra parte, es importante considerar que Nicaragua depende de la importación de trigo para la elaboración de harina utilizada en diferentes productos, mayormente de la industria panadera, ya que, por razones agroclimáticas este cereal no se consigue cultivar en Centroamérica. En los países donde no se cultiva el trigo, la sustitución parcial de su harina por otras elaboradas a partir de cultivos autóctonos puede contribuir a la reducción de importaciones, incentivar la producción agrícola, avanzar en la soberanía y seguridad alimentaria.

Debido a que el frijol es un rubro altamente producido en Nicaragua, puede adquirirse a un relativo bajo precio, presenta condiciones de almacenamiento accesibles se prevé que es un potencial de elaboración de harina para sustituir parcialmente la harina de trigo en panificación.

Cabe destacar que según el plan de producción consumo y comercio para el ciclo 2017 – 2018 presentado por el Banco Central de Nicaragua en cuanto a frijol rojo: se estimó una cosecha de 352.4 miles de manzanas, para una producción de 4.0 millones de quintales, 25% mayor a la del ciclo anterior (3.2 millones de quintales). Estos resultados de cosecha representan el 91% de cumplimiento de la meta establecida en el plan de producción (4.4 millones de quintales). Las exportaciones de frijol rojo fueron de 1.2 millones de quintales con un monto de US\$60.2 millones de dólares, y el consumo aparente de 2016 se calculó en 2.4 millones de quintales (BCN, 2018). Mientras tanto de frijol negro: se cosecharon 3,571 manzanas, para una producción de 72.4 miles de quintales, 10.6% menor a lo obtenido en el ciclo anterior (81 mil quintales). La producción obtenida significa un 40% de cumplimiento de la meta establecida en el plan de producción (180 mil



quintales). Se exportaron 66.8 miles de quintales de frijoles negros, con un valor de US\$3.0 millones de dólares, (BCN, 2018).

Tomando estos datos como referencia, se prevé la disposición de materia prima en la producción de harina, se enfatiza en el aporte a la innovación en la rama de la industria alimentaria, así como el generar valor agregado a un rubro característico de la producción agrícola del país.

La formulación de productos alimentarios saludables y el estudio de nuevas materias primas, se presentan como una tarea prioritaria para los profesionales del sector alimentario, siendo de gran interés el grupo de los cereales, leguminosas y oleaginosas, como fuente alimentaria definitiva en la nutrición humana. De una manera más acertada considerando que a nivel nacional la industrialización del frijol es mínima, siendo la comercialización a granel la principal forma de consumo y de exportación, en menor cantidad también se encuentra el consumo de frijoles molidos los cuales tienen su origen en la importación.

La elaboración de pasteles con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol supone un sustrato para diversas propiedades nutricionales aportadas por esta leguminosa. Las posibilidades de los productos de panificación como alimento funcional son inmensas, sin embargo, han sido muy poco explotadas hasta el momento comparativamente con otros sectores de la alimentación.

## **IV. Marco teórico**

### **4.1. Generalidades del frijol**

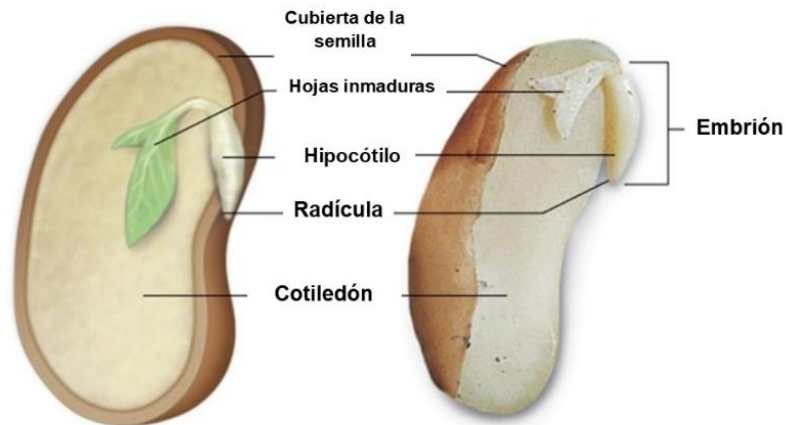
Dentro del grupo de las especies leguminosas, el frijol *Phaseolus vulgaris* L. es una de las más importantes. Es una planta anual, originaria de América, herbácea intensamente cultivada desde la zona tropical hasta las templadas, (Ulloa, 2011).

### **4.2. Taxonomía del Frijol**

- Familia: *leguminoseae*
- Subfamilia: *Papilionoidene*
- Tribu: *Phaseolac*
- Subtribu: *Phascolinae*
- Género: *Phaseolus*
- Especie: *Phaseolus vulgaris* Linneo

### **4.3. Partes de la semilla de frijol**

El frijol es una semilla que está cubierta principalmente por una cubierta superior la cual posee diversos componentes incluyendo fibra y varios compuestos fenólicos que exhiben actividad antioxidante, y que desempeñan la función protectora ante el daño oxidativo causado por agentes externos, además consta de dos cotiledones donde se encuentran almacenadas principalmente proteínas, carbohidratos y el embrión que contiene un alto contenido de lípidos, (Ver figura 1).



**Figura 1.** Partes de la semilla de frijol

**Fuente:** (Morales, 2017)

#### **4.4. Composición química y nutricional del frijol**

Dentro del grupo de leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes, por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia, es importante fuente de: proteína, fibra dietética y algunos minerales como el fósforo y hierro, (Cepeda, 2013).

Los frijoles también aportan antioxidantes. En general, el frijol común presenta niveles adecuados, en relación con la ingesta diaria recomendada de magnesio, potasio y cobre y niveles pobres de sodio, boro, fierro, manganeso y zinc, Contienen carbohidratos de absorción lenta, un alto contenido en ácido fólico, tiamina, riboflavina y niacina.

Las proteínas de almacenamiento representan en el frijol el 50% de la proteína que contiene el grano (Samour et al., 2007) y de estas, las albúminas representan un 14,8 - 20,8%, las globulinas 33 - 45%, las glutelinas 12,8 - 41,2% y las prolaminas en general, menos del 1%. Entre las globulinas, las faseolinas son las más abundantes y presentan variación tanto en su masa molecular como en el número de subunidades que las conforman y su expresión no depende del ambiente (Raya, Gutiérrez, & Aguirre, 2014).

En su composición los frijoles tienen un mayor porcentaje de carbohidratos principalmente almidón. Con respecto a proteínas, su contenido es de alrededor de 20% lo que representa más del doble que el contenido de los cereales. La proteína de los granos es rica en aminoácidos azufrados, (metionina y cisteína).

Las proteínas son el componente básico de todos los órganos y del sistema de defensa. Están formadas por unidades llamadas aminoácidos. El organismo humano es incapaz de formar algunos, por lo que es fundamental conseguirlos a través de los alimentos, (Cepeda, 2013).

#### **4.5. El frijol en Nicaragua**

Según Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA, 2015) el cultivo del frijol ocupa un lugar importante en la economía agrícola del país, tanto por la superficie que se le destina, como por el beneficio económico que genera. En conjunto con el maíz constituyen la dieta básica de los nicaragüenses y en consecuencia son los productos de mayor importancia socioeconómica tanto por la superficie de siembra como por la cantidad consumida per cápita.

En Nicaragua se produce frijol en casi todo el territorio nacional a diferentes escalas, se han identificado 3 zonas agro climáticas diferenciadas por las épocas de siembra: 1) La zona seca o cálida y áreas secas del Norte, para siembra de primera y postrera: que incluye los municipios de Estelí, Condega, Limay, Somoto, Ocotal, Pueblo Nuevo, San Lucas, Teustepe, Esquipulas, Terrabona, Darío, La Concordia, Sébaco y San Isidro.

2) La zona Semihúmeda (Pacífico e Interior Central) para siembra de postrera: contempla las Sierras de Managua, Carazo, Masaya, Matagalpa, San Dionisio, Santa Cruz, San Fernando, Ciudad Antigua, Jícaro, Jalapa, Jinotega y partes altas de Rivas.

3) La zona húmeda para siembra de apante: comprende los municipios de Nueva Guinea, San Carlos, zonas montañosas de Matagalpa y Jinotega, áreas de la zona Atlántica en las riberas de los grandes ríos.

#### **4.6. Consumo de frijol**

El frijol común corresponde a una de las leguminosas más importantes. Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes y es un componente esencial de la dieta, especialmente en Centroamérica y Sudamérica. La demanda o consumo mundial de frijol, está diferenciado por zonas y tipos de frijol a lo cual se le suma el sesgo cultural; por tal razón, una sociedad en la cual predomina el consumo de frijol rojo, como la nicaragüense, difícilmente lo sustituye con frijol de otro color (negro, blanco, etc.) por lo tanto, son productos que, aunque se aglutinan bajo un mismo nombre genérico, la dinámica de sus mercados, su consumo y su mercadeo son diferentes, (Ulloa, 2011).

Por otro lado, la demanda nacional de consumo per cápita histórico nicaragüense ha sido de catorce kilogramos lo que significa que una población de 5.5 millones de habitantes, debe consumir aproximadamente unas 77 mil toneladas distribuidas a lo largo del año con entregas mensuales de 6,5 miles de toneladas la cual podría ser ampliamente satisfecha si los productores conocieran con bastante aproximación el funcionamiento global del mercado, (FUNICA , 2014)

Existe un poco de diversidad de productos que se pueden elaborar a partir de frijol, sin embargo, en Nicaragua prevalece la comercialización a granel para su consumo cocidos, cocidos molido, en elaboración de gallo pinto.

#### **4.7. Estudios relacionados con el aprovechamiento del frijol**

Durante la citación bibliográfica para llevar a cabo esta investigación se encontró que el grupo de estudios de estabilidad de medicamentos, cosméticos y alimentos, Facultad de Química Farmacéutica de la Universidad de Antioquia de Medellín – Colombia llevó a cabo un proyecto de caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten, en dicho proyecto se estudiaron las características de la harina de frijol aportadas a los productos de la industria panadera, (Umaña , 2013).

Por otra parte, se encontró un estudio realizado en junio del año 2016 en el instituto de investigaciones para la industria alimentaria La Habana, Cuba, el que plantea empleo de harina de frijol blanco en panificación en el cual se determinó el

nivel máximo de sustitución de harina de trigo de hasta 30% en la elaboración de panes de corteza suave y dura, (Álvarez, 2016).

Como parte de investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos de la Universidad de Guanajuato – México, departamento de alimentos, se desarrolló un proyecto de formulación de una nueva alternativa del procesamiento de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en un producto de panificación tipo brownie dulce con el objetivo proponer una nueva alternativa de preparación de esta leguminosa mejorando nutricionalmente uno de los productos panificables bastante consumidos (Betancourt & Caballero, 2016).

Por otro lado, fue necesario citar un estudio realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Yucatán que comprendía la extracción de proteínas de la harina de frijol común endurecido por fraccionamiento en húmedo realizado con el objetivo de evaluar las condiciones de obtención del concentrado proteínico de frijol endurecido que permita el máximo aprovechamiento de esta materia prima, (Ruiz, 2009).

Mientras tanto en el año 2015 en Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México D.F se llevó a cabo el proyecto de formulación de galletas con harina de frijol de alta calidad nutricional y nutracéutica el que concluyó en que dichas galletas tienen una mejor calidad nutrimental y nutracéutica que las galletas comerciales similares (CIRNC, 2015).

También se tomó como referencia un proyecto de tesis realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN – León, por estudiantes de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la facultad de ciencias químicas en cual se estudió la aplicación de la técnica de secado para obtención de harina instantánea de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Los resultados de esta investigación sugieren que la caracterización de la materia prima, así como el control de los parámetros de operación constituyen factores fundamentales en la definición del flujo de proceso en la elaboración del producto. (Aráuz Escobar & Ortiz Guevara, 2005)

#### 4.8. NTON 16 001-13 Norma técnica obligatoria nicaragüense de especificaciones de calidad de frijol

El frijol en grano deberá ser sano y limpio, y deberá cumplir con los grados de calidad de acuerdo con la tabla 1 distribuido en calidades 1, 2 y 3.

Tabla 1. **Parámetros de calidad del frijol**

Parámetros	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
<b>Tiempo de cocción (m)</b>	80	95	120
<b>Impurezas (%)</b>	0.20	0.50	0.80
<b>Contraste total (%)</b>	1.50	3.00	4.00
<b>Otros granos (%)</b>	0.00	0.50	0.50
Quebrado	0.10	0.30	0.50
Partido	0.10	0.30	0.50
Manchado	0.10	0.20	1.00
<b>Granos defectuosos (%)</b>	<b>0.30</b>	<b>0.80</b>	<b>2.00</b>
Deshidratado	0.50	1.00	2.00
Granos con hongos	0.50	0.80	1.00
Picado por insectos	0.20	1.00	2.00
Germinado	0.20	0.60	1.00
Daño por calor	0.10	0.30	0.50
<b>Granos dañados (%)</b>	<b>1.50</b>	<b>3.70</b>	<b>6.50</b>
<b>Merma Total</b>	<b>3.50</b>	<b>8.50</b>	<b>13.80</b>
<b>Dudosamente infestado (Unid.)</b>	<b>5.00</b>	<b>3.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: (MIFIC, 2013)

Los datos están representados en % como fracción de masa, siempre que no se indique lo contrario a excepción del tiempo de cocción expresado en minutos.

El número de insectos muertos en una muestra de 1000 g. En el caso de sobre pasar el límite de dudosamente infestado se debe de reprocesar el producto a fin eliminar este tipo de contaminación.

Las muestras que no reúnan ninguno de los grados de calidad indicados, o que por cualquier motivo se considera de calidad inferior a la Calidad 1, se designará Calidad 2 o 3 según los resultados de la muestra.

### **5.7.1. Cantidad de Aflatoxinas permisibles**

El nivel máximo de aflatoxinas (B1, B2, G1 y G2) en el frijol, que se suministren al consumidor final y a las industrias productoras o fabricantes de alimentos no podrá superar los 20µg/kg de aflatoxinas totales. Si en el análisis de la primera submuestra de frijol, el resultado es igual o menor que 20 µg/kg de aflatoxinas totales, se aceptará el lote, de lo contrario será rechazado.

### **4.9. La Harina**

Se entiende por harina el polvo que obtenemos de la molienda de semillas de gramíneas como el maíz, el trigo y el arroz y también el polvo procedente de algunos tubérculos y legumbres.

En particular la harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen (UP, 2011).

Prescindir de las propiedades aportadas por el gluten en la harina de trigo comprende una tarea desafiante al implementar nuevas alternativas que sustituyan por completo este producto. El gluten en la harina de trigo es responsable de muchas de las características de los productos panificados, como la naturaleza viscosa y elástica necesaria para el procesamiento de la masa, provee la matriz proteica tridimensional que impide la difusión del gas y permite la formación y estabilización de las paredes alveolares en el pan horneado.

Por este motivo, obtener un pan sin el aporte de las propiedades del gluten es un reto considerable, sin embargo, plantear y evaluar el reemplazo parcial de la harina de trigo por harina de frijoles ejerce una ventaja, ya que hasta cierto punto se conservan las propiedades viscoelásticas del gluten y se aportan las particularidades de los frijoles.



#### 4.10. Control de calidad de las harinas

Las principales pruebas de calidad realizadas en las harinas destinadas a la panificación son:

- ✓ **Color:** Es un factor muy importante principalmente para la comercialización se evalúa la uniformidad y estandarización del color en las harinas basado en el aditamento de otros complementos como vitaminas, minerales etc.
- ✓ **Acidez:** Considerando que la adición de vitaminas o agentes blanqueadores en la harina pueden modificar el grado de acidez de la harina este debe ser un aspecto evaluado, ya que, tiene repercusiones en el proceso de panificación.
- ✓ **Falling number o sistema de índice de caída** mide la actividad de la enzima alfa-amilasa en granos y harina para detectar daño por germinación, optimizar la actividad de la enzima harina y garantizar la solidez del grano comercializado. La actividad alfa-amilasa es crucial para la calidad final del producto de pan, pasta, fideos y malta. Cualquier empresa que comercialice con trigo, cebada, centeno y sorgo destinados a aplicaciones panadeas se beneficiará del sistema de índice de caída *Falling Number*. (PERTEN, 2016)
- ✓ **Gluten:** Desarrolla un papel fundamental durante la fermentación ya que contribuye directamente a la retención de los gases generados por la levadura durante dicha fase, debe ceder al impulso de ese mismo gas sin presentar roturas ni desgasificaciones. Ello desencadena un aumento de volumen en la masa. La cantidad óptima de proteína que debe contener la harina para posteriormente poder formar gluten debe girar en torno al 10-12%. Igualmente, la calidad de esta proteína será tanto o más importante que su cantidad. Un gluten de calidad y en cantidad suficiente ofrece una buena retención gaseosa a la vez que cede al impulso de ese mismo gas carbónico, dando panes de buen volumen.
- ✓ **Control reológico:** Se basa en estudiar el comportamiento de las masas frente a un trabajo mecánico. Se puede medir mediante:

1. **Método de alveógrafo:** Permite conocer las características mecánicas (plásticas) de las masas. Es importante a la hora de predecir el comportamiento en las diferentes etapas de la producción. El principal objeto de la evaluación alveográfica es medir las propiedades reológicas de la harina es decir su tolerancia al proceso de amasado, moldeo y fermentación. Durante dicho análisis la pieza de masa inflada con aire pasteurizado simulado de la deformación de que esta sufre como consecuencia de los gases que se generan durante el proceso de fermentación. Los parámetros de este test se reducen a 4 parámetros principales: Tenacidad o resistencia al estiramiento y extensibilidad.
  2. **Método del farinógrafo:** El cual mide la consistencia de las masas mediante la fuerza necesaria para amasarla a una velocidad constante, Los resultados de este test son esencialmente la absorción, tiempo de desarrollo y estabilidad (PERTEN, 2016).
- ✓ **Biológico:** control de recepción de materia prima, limpieza del personal, control de plagas.
  - ✓ **Físico:** Inspección de tamices e imanes, en función de granulometría y pureza.
  - ✓ **Químico:** Control de humedad y tiempo de reposo del trigo acondicionado calibraciones.

#### 4.11. Industria panadera

En el grupo de alimentos de consumo masivo el pan es uno de los alimentos básicos de los grandes conglomerados humanos en muchos países del mundo. Su ingrediente fundamental, es la harina de trigo que contiene proteínas de reserva conocidas como prolaminas y gluteninas, con funcionalidad tecnológica principal y cuya composición de aminoácidos es deficiente en lisina y otros aminoácidos esenciales (Interempresas.net, 2015).

## **V. Hipótesis**

Al menos uno de los tratamientos de los porcentajes de inclusión de la harina de frijoles permite el desarrollo de pasteles con un alto nivel de aceptación de parte de los panelistas.

$H_0$ . Todos los tratamientos de porcentajes de inclusión de la harina de frijoles tienen el mismo nivel de aceptación.

$H_A$ . Al menos dos de los tratamientos tienen un alto nivel de aceptación de los panelistas.

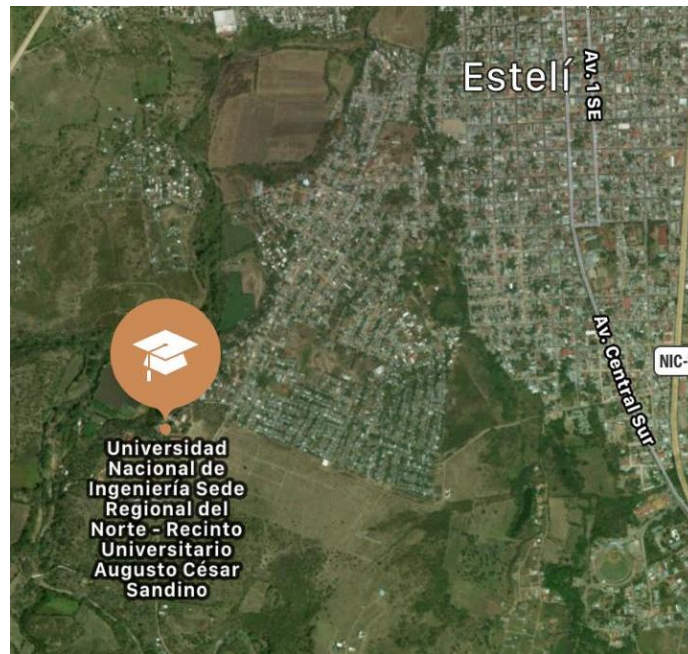
## VI. Análisis y discusión de resultados

### 6.1. Tipos de Harina

- ✓ **Harina integral.** En la elaboración de la misma no se realiza ninguna separación de las partes del grano de trigo y por lo tanto llevarán incorporadas la totalidad del salvado del mismo.
- ✓ **Harinas acondicionadas.** Son aquellas cuyas características organolépticas, plásticas, fermentativas, etc., se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados.
- ✓ **Harinas enriquecidas.** Son aquellas a las cuales se le ha añadido alguna sustancia que eleve su valor nutritivo con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ellas elaborados. Entre estas sustancias nos encontramos con proteínas, aminoácidos, sustancias minerales y ácidos grasos esenciales.
- ✓ **Harinas de fuerza.** Son las harinas exclusivamente extraídas de trigos especiales con un contenido en proteína de 11%.
- ✓ **Harinas especiales.** Son aquellas obtenidas en procesos especiales de extracción, donde se encuentran los siguientes tipos: malteadas, dextrinadas, y preparadas (UP, 2011)

## 6.2. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Sede Regional del Norte, dirección: Entrada a La Tunoza, Antigua Hacienda el Higo, Estelí - Nicaragua, donde se poseen los equipos, además de las instalaciones y condiciones necesarias para el desarrollo de la investigación, (Ver figura 2).



**Figura 2.** Ubicación geográfica del recinto universitario

## 6.3. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental, ya que, se llevaron a cabo experimentos en los cuales se consideró una variable independiente y se observó su efecto en otra variable dependiente, bajo condiciones controladas, con el fin de identificar, qué, modo y por qué causas se produjo el efecto sobre la formulación (Díaz Narváez, 2009).

Es cualitativa porque se presentaron entrevistas, evidencias fotográficas en las cuales se compararon aspectos visuales en relación a los pasteles producidos. A su vez el estudio es descriptivo porque contempla exposición narrativa, numérica

y/o gráfica, bien detallada y exhaustiva de la realidad que se estudia, con lo que se expone con el mayor rigor metodológico, información significativa sobre la producción de harina de frijoles (Abreu, 2014).

Asimismo, se puede aducir que es de tipo cuantitativa porque los datos de las evaluaciones fueron analizados a través de comparaciones de promedios, se determinaron costos de producción (cuantificación de agua, energía, materias primas, mano de obra) (Abreu, 2014).

#### **6.4. Diseño Experimental**

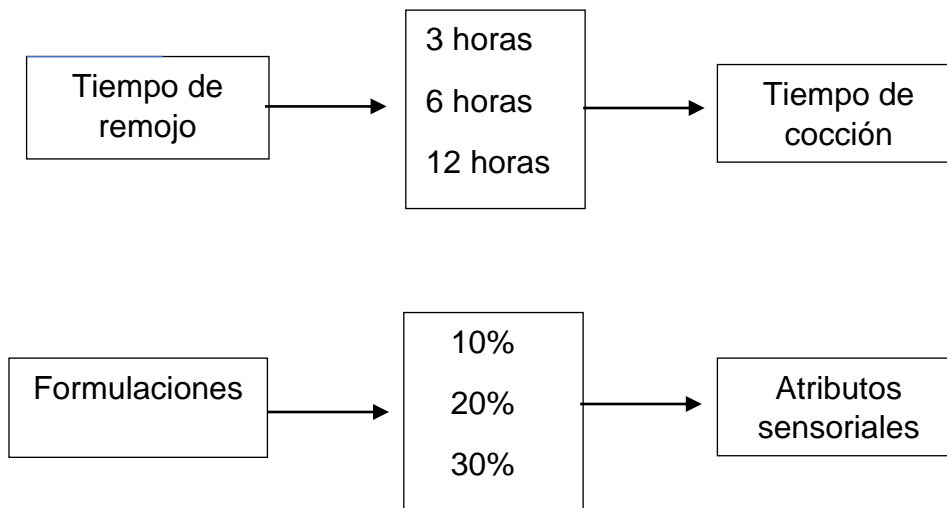
Se presentó un modelo estadístico unifactorial, donde las variables fueron identificadas en el tiempo de remojo y su influencia en el tiempo de cocción además de las formulaciones y su influencia en los atributos del producto final. A fin de identificar diferencias sensoriales en las muestras con las diferentes formulaciones de inclusión de 0, 10, 20, 30 % de harina de frijoles se realizó un análisis sensorial con 25 participantes donde se obtuvieron 100 datos, se aplicó la prueba de Chi cuadrado de Pearson a través del Software IBM SPSS Statistics (IBM Corp., 2016) con los datos obtenidos en las valoraciones de Olor, Color, Sabor y Aspecto de las muestras a fin de identificar las diferencias significativas de dichos atributos en cada uno de los porcentajes de inclusión.

El modelo a aplicar se resume en la siguiente ecuación.

$$y_{ij} = \alpha_i + u_{ij}$$

Siendo  $\alpha_i$  los coeficientes asociados a sus respectivos niveles y  $u_{ij}$  los errores aleatorios independientes, distribuidos normalmente, con media nula y varianza común.

### 5.1.1. Esquematización de variables



### 5.1.2. Descripción de esquema de Variables

El proceso dio inicio con la recepción de la materia prima en la que se dispuso emplear *Phaseolus vulgaris* L. de variedad INTA rojo; posteriormente se experimentó con diferentes tiempos de remojo de 3, 6 y 12 horas a fin de identificar su influencia en la reducción del tiempo de cocción, de manera que se logró establecer un tiempo de 12 horas.

No se presentaron variaciones en las operaciones posteriores a la cocción, sino hasta la formulación de los porcentajes de inclusión, donde los panelistas identificaron diferencias entre cada una de ellas.

## **6.5. Parámetros de operacionales y de control de calidad en el proceso de producción de la harina de frijol**

### **✓ Temperatura**

La temperatura es un parámetro operacional importante en el proceso, específicamente en la etapa de secado, en la cual los frijoles presentan la elevada humedad que han adquirido en la cocción por lo que en dicho procedimiento la temperatura de operación del horno es de 150 °C.

### **✓ Tiempo de remojo**

El tiempo de remojo se definió luego de la realización de diferentes pruebas con condiciones constantes y tiempo variable, con el fin de evaluar la capacidad de absorción de agua de los granos y la hidratación de los mismos.

Se dispusieron a reposar muestras de 200g de frijol en sextuplicado más 600 ml de agua, con tiempos variables de 0, 3, 6 y 12 horas respectivamente, transcurrido el tiempo se retiraron los frijoles y se hizo una medición del peso de los mismos, del volumen de agua consumida e inspección visual de la uniformidad de absorción.

### **✓ Granulometría**

Se realizaron las pruebas de granulometría haciendo uso de un juego de tamices, colocando una muestra 500 gramos de harina de frijoles integral, haciéndola pasar a través de las mallas con diferentes tamaños de aberturas y agitando de manera continua durante 10 minutos, al retirar las partículas retenidas en cada malla del tamiz se pesaron y sus datos se ordenaron de manera esquemática, (ver anexo 1).

Se consideraron los aspectos normativos de la granulometría de harinas de conformidad con el Codex Alimentarius tal como se muestra en la Tabla 2.



**Tabla 2.** Parámetros de granulometría de harina

<b>Factor/Descripción</b>	<b>Límite</b>	<b>Método de análisis</b>
Tamaño de las partículas (Granulosidad)	El 96% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras	ASTM

**Fuente:** (CODEX, 1985)

✓ **Capacidad de retención de aceite.**

La capacidad de retención de aceite de las harinas fue determinada por el método modificado de Sosulski y McCurdy (1987). (Jitngarmkusol, Howgsuwankul, & Tananuwong, 2008) En un tubo de centrifuga previamente pesado se agregaron 4 ml de aceite de soja (marca Ideal) a 1 g de muestra de harina.

Las dispersiones se agitaron durante 5 minutos y se dejaron reposar durante 30 minutos antes de ser centrifugado a 3000 G para 10min. El sobrenadante se decantó, y la muestra se pesó posteriormente. Las capacidades de absorción de aceite fueron expresadas en gramos de aceite unidas por gramo de muestra sobre una base seca. El experimento se realizó en triplicado utilizando la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.** Capacidad de retención de aceite

$$CRO = \frac{miO - mOL}{mH}$$

Dónde:

**CRO** = Capacidad de retención de aceites (g)

**miO** = masa inicial de aceite (g)

**mOL** = masa de aceite liberado (g)

**mH** = masa de harina (g)

Los resultados obtenidos de la se representan en la tabla 6.2.

✓ **Capacidad de retención de agua.**

La capacidad de retención de agua fue determinada por el método modificado de Sosulski y McCurdy (1987). (Jitngarmkusol, Howgsuwankul, & Tananuwong, 2008) Se agregaron 4 ml de agua destilada a 1 g de muestra en un tubo para centrifuga. Las dispersiones se agitaron durante 5 minutos y, posteriormente se dejaron reposar durante 30 minutos antes de ser centrifugado a 3000 G para 10 min. El sobrenadante se decantó, y la muestra se pesó. Las capacidades de absorción de agua fueron expresadas en gramos de agua retenida por gramo de muestra (en base seca) se relaciona con el balance hidrofílico de las proteínas presentes en la mezcla, el cual cambia en función del grado de desnaturalización de las mismas. Este experimento se realizó en triplicando y los datos se muestran en Tabla 6.3.

**Ecuación 2.** Capacidad de retención de agua

$$CRA = miA - mAL / mH$$

Dónde:

**CRA** = Capacidad de retención de agua (g)

**miA** = masa inicial de agua (g)

**mAL** = masa de agua liberada (g)

**mH** = masa de harina (g)

El resultado obtenido de la ecuación fue expresado en gramos de agua retenida sobre gramos de harina.

✓ **Densidad aparente de harina de frijoles**

La densidad es una propiedad básica de cualquier producto, es la relación de la masa y volumen, el cociente entre la masa de producto y el volumen aparente del mismo (incluyendo los espacios entre partículas).

Durante el cálculo de densidad aparente de la harina de frijoles, se empleó un método sencillo utilizando una probeta de 100 ml a la cual se le añadió una cierta cantidad de harina con referencia en su volumen, para conseguir la compactación

se golpeó el contenido rítmicamente por 15 segundos, dicha operación se realizó en triplicado para muestras de harina integral y harina limpia.

Se reunieron los siguientes datos:

- Temperatura del agua: 24.8 °C
- Densidad del agua con respecto a su temperatura: 0.997 g/cm<sup>3</sup>
- Peso de la probeta de 100 ml: 96.003 g

Dichos datos fueron sustituidos en la fórmula de densidad la cual indica que indica que la densidad es igual la masa sobre el volumen para posteriormente despejar volumen en la ecuación.

El resultado de volumen se utilizó como constante para calcular la densidad aparente de cada muestra obteniendo resultados para harina de frijoles integral y limpia respectivamente.

#### ✓ **Porcentaje de humedad en la harina**

El método tradicional de determinación de la humedad de harina en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de la harina de frijoles es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de harina y el peso de las partículas sólidas.

Para este cálculo se requirió utilizar el horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable, así como también una balanza analítica con precisión de 0,01 g, posteriormente se procedió a pesar las placas Petri (5 unidades) y se registró el mismo, a continuación, se agregaron 5 gramos de harina limpia (establecido anteriormente) en las placas Petri previamente taradas y se documentó dicho peso. Luego se ubicaron dentro del horno durante 24 horas a una temperatura de 60° C,

#### **6.6. Costos de producción de harina de frijoles**

Con referencia en los datos de rendimiento obtenidos a través del balance de materia se llevó a cabo la determinación de costos de producción de la harina de frijol como producto terminado donde se mostró el dinamismo de la inversión y la

remuneración para establecer un valor monetario factible aceptable y con buen rendimiento económico, además fue necesario calcular el punto de equilibrio de tal manera que permitió tener previsiones donde los ingresos totales sean iguales a los costos totales, donde no existió utilidad ni pérdida. Para tal fin se efectuaron las siguientes ecuaciones:

- **Costo primo:**

**Ecuación 3. Costo primo**

$$CP = MP + MD + MOD$$

Donde:

**MP:** Materia prima

**MD:** Material directo

**MOD:** Mano de obra directa

- **Costo de conversión:**

**Ecuación 4. Costo de conversión**

$$CC = MOD + CIF$$

Donde:

**MOD:** Mano de obra directa

**CIF:** Costos indirectos de fabricación

- **Costo total:**

**Ecuación 5. Costo total**

$$CT = CD + CI$$

Donde:

**CD:** Costos directos

**CI:** Costos indirectos

Costos indirectos:

**Ecuación 6.** Costos indirectos de fabricación

$$CI = CF + GO$$

Donde:

**CF:** Carga fabril

**GO:** Gastos de operación

- **Punto de equilibrio:**

**Ecuación 7.** Punto de equilibrio

$$PE = \frac{CF}{P - CV}$$

Donde:

**CF:** costos fijos

**P:** Precio unitario

**CV:** costos variables unitarios

**6.7. Metodología de elaboración de pasteles**

La siguiente tabla muestra las formulaciones de los pasteles de 454 gramos, con 10, 20 y 30% de inclusión de harina de frijol respectivamente, con la adición del resto de materiales en cantidades proporcionales constante, además se presenta la formulación de una torta testigo con 0% de inclusión de harina de frijoles.

**Tabla 3.** Formulación para elaboración de los pasteles

<b>Ingrediente</b>	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Tratamiento 3</b>	<b>Testigo</b>
Formulación	10 %	20 %	30 %	0 %
Harina de frijoles (g)	45.4	90.8	136.2	---
Harina de trigo (g)	408.6	363.2	317.8	454
Leche (mL)	400	400	400	400
Huevo (unidades)	3	3	3	3

Azúcar (g)	200	200	200	200
Polvo de hornear (g)	10	10	10	10
Margarina (g)	80	80	80	80

### **6.8. Metodología Análisis Sensorial**

Un análisis sensorial es un examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima (García Ahued, 2017).

Fue imprescindible realizar un análisis sensorial para evaluar las características que hacen atractivo el producto ante los consumidores, aplicado a la propuesta de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijoles, el análisis sensorial consistió en la elección de un panel de degustación al que se le proporcionó una variedad de muestras de pastel elaborado con formulaciones balanceadas del 0% 10%, 20% y 30% de inclusión de harina de frijoles, con la finalidad de evaluar la aceptación de los atributos: olor, color, sabor, textura y aspecto del producto.

El análisis sensorial se llevó a cabo con un panel de degustación conformado por estudiantes del segundo y tercer año de ingeniería agroindustrial del recinto universitario, con edades de entre 17 y 30 años.

El experimento se realizó a partir de las 8 de la mañana puesto que se requirió que los panelistas hubiesen consumido alimentos al menos una hora antes de la degustación para evitar distorsiones en la percepción de sabores y olores. (UNAD - Bogotá, 2005).

### 6.9. Matriz de operacionalización de variables

Objetivo general	Objetivos Específicos	Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
<p>➤ Evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol a través de análisis de laboratorio para determina su eficiencia en la elaboración de pasteles.</p>	<p>✓ Calcular rendimiento productivo de la harina de frijoles a través de un balance de materia para la determinación de costos de producción</p>	<p>✓ Masa</p>	<p>Es la contabilidad de entradas y salidas de masa en un proceso.</p>	<p>Entrada = Salida</p>
	<p>✓ Evaluar las características de la harina de frijol a través de cálculos de densidad aparente, granulometría, determinación de capacidad de absorción de agua y aceite.</p>	<p>✓ Rendimiento (%)                      ✓ Tamaño promedio de partículas                      ✓ Masa inicial de aceite                      ✓ Masa de aceite liberado                      ✓ Masa de agua inicial                      ✓ Masa de agua liberada</p>	<p>Cantidad de harina obtenida a partir de una masa determinada de frijoles                      Son las propiedades físicas del producto terminado, que tienen influencia en la calidad e inocuidad.</p>	<p><math display="block">\% Rend = \frac{g \text{ final de harina}}{g \text{ Inicial de frijoles}} \times 100</math></p> <p>✓ ASTM                      ✓ Basado en método propuesto por (Jitngarmkusol, Howgsuwankul, &amp; Tananuwong, 2008)</p>

Objetivo general	Objetivos Específicos	Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caracterizar los pasteles producidos a partir de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de frijoles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Distribución de las migas en la torta.</li> <li>✓ Altura de la torta.</li> <li>✓ Esponjosidad</li> </ul>	<p>Son características físicas importantes en la calidad de los pasteles.</p>	<p>Observación al microscopio para la distribución de tamaño. Análisis óptico de tamaño de las partículas.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar análisis sensorial para evaluar las diferentes formulaciones de los pasteles elaborados para determinar el mejor porcentaje de inclusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Olor</li> <li>✓ Color</li> <li>✓ Sabor</li> <li>✓ Textura</li> <li>✓ Apariencia</li> </ul>	<p>Propiedades organolépticas del producto, son los factores más importantes de agrado a los consumidores.</p>	<p>Para el procesamiento de los datos obtenidos a través de un análisis sensorial se empleará el software InfoStat®</p>



## **6.10. Análisis Estadístico**

El análisis estadístico es el estudio que emplea técnicas estadísticas para interpretar datos, ya sea para ayudar en la toma de decisiones o para explicar los condicionantes que determinan la ocurrencia de algún fenómeno.

A fin de realizar caracterizar la harina obtenida y definir parámetros, los datos compilados durante el proceso de investigación fueron procesados y analizados mediante la separación de medias, Duncan y análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de 5% haciendo uso del programa InfoStat ® (Di Rienzo J.A., 2018).

Además de la aplicación de un análisis estadístico fundamentado en los datos obtenidos por el panel de degustación, que estableció las bases para comparar criterios, referenciar o diferenciar opiniones significativas, lo que permitió saber si el porcentaje de inclusión de la harina de frijoles para la elaboración de las tortas para pasteles hace que aspectos como: el sabor, olor, color sean percibidos diferentes por los panelistas, basado en los resultados puede conocerse el agrado o desagrado del producto es por eso que en dicho cotejo se realizaron gráficas y la aplicación de Chi cuadrado de Pearson por medio del software estadístico programa IBM SPSS Statistics (IBM Corp., 2016) a fin de determinar la interrelación entre el nivel de inclusión de la harina de frijoles y los atributos sensoriales.

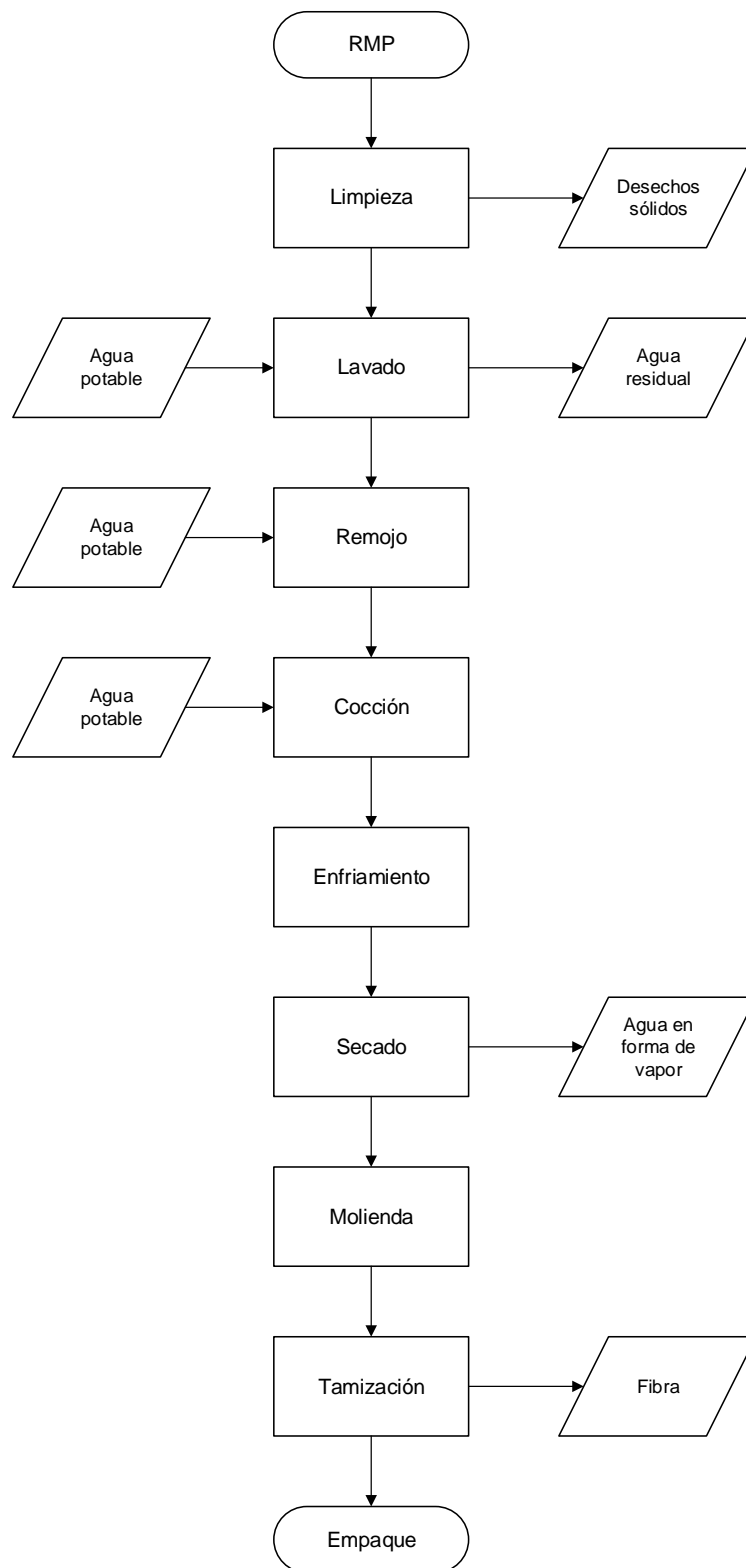
## **6.11. Determinación del rendimiento productivo de la harina de frijoles**

### **6.11.1. Producción de la harina**

Para fines de producción de la harina se empleó la variedad de frijoles INTA Rojo, desarrollada por la Escuela Panamericana de El Zamorano en Honduras con el código EAP 9510-77. Esta materia prima fue obtenida de la finca Las Lomas ubicada en la comunidad Sábana Larga, de la comarca El Naranjo 2 kilómetros al oeste Estelí Nicaragua, cosecha del ciclo de postrera comprendido del mes de septiembre al mes de noviembre del año 2018.

Se diseñó un proceso productivo esquematizado en un diagrama de flujo, el cual contempla las operaciones de recepción, limpieza, lavado, remojo, cocción, enfriamiento, secado, molienda y empaçado del producto, más los parámetros de control definidos en la experimentación (ver figura 3).

### 6.11.2. Diagrama de flujo de producción de harina de frijol



**Figura 3.** Diagrama de flujo de producción de harina de frijol

### **6.11.3. Descripción de diagrama de proceso de producción de harina de frijoles**

- **Recepción**

Esta etapa comprendió las actividades de inspección visual y pesaje de la materia prima, la cual debía cumplir con los parámetros de frijol de primera calidad establecidos en la norma técnica obligatoria nicaragüense NTON 16 001-13 (ver tabla 1).

- **Limpieza**

Es una de las operaciones más importantes, ya que, aquí se debía garantizar la inocuidad de la materia prima, esta debe estar libre de contaminantes físicos como: piedras palos y otros, además se deben retirar y desechar los granos defectuosos, que presenten daños por gorgojos, hongos, manchas, quebraduras y contraste, es decir granos que sean de distinta coloración.

- **Lavado**

Consistió en enjuagar los granos repetidamente con agua hasta lograr alcanzar su limpieza.

- **Remojo**

Es la hidratación del grano mediante la adición de agua por el tiempo necesario para lograr que los tejidos se ablanden, en esta etapa se determinó emplear 3 litros de agua por cada libra de frijoles, permitiendo la cantidad de agua suficiente para la absorción.

Durante la experimentación se dispuso un tiempo de remojo de 12 horas, ya que, transcurrido este tiempo se garantiza la uniformidad de absorción de agua de todos los granos, además se demostró que a mayor tiempo de remojo se reduce consecuentemente el tiempo de cocción influyendo de manera directa en el consumo energético.

- **Cocción**

A fin de que ocurran cambios físicos y químicos en la materia prima, esta es sometida al calor mediante agua en estado de ebullición, hasta lograr la

suavidad de los tejidos, el tiempo conveniente es de 45 – 50 minutos cuando se ha permitido un tiempo de remojo aproximado a 12 horas.

- **Enfriamiento**

Posterior a la cocción los granos se escurrieron y se dejaron reposar en bandejas donde el calor se retira de manera natural.

- **Secado**

La finalidad de esta operación es retirar el máximo de humedad presente en los frijoles, se coloca el producto sobre bandejas, las cuales se introducen en un horno a 150 grados durante un tiempo de 8 horas continuas.

- **Molienda**

Se redujo el tamaño de los granos de frijol, empleando un molino de discos hasta lograr las características deseadas en el producto final.

- **Tamizado**

Esta operación tuvo como finalidad generar la uniformidad en las partículas, y lograr la granulometría requerida en la harina, a su vez propiciar la purificación de la harina con respecto a la fibra.

- **Empaque**

A fin de conservar la harina y sus propiedades debe ser empacada herméticamente en bolsas de polipropileno.

#### **6.11.4. Balance de materia - Rendimiento productivo**

El balance de materia es el control de las entradas, salidas, acumulaciones y agotamientos de todos los materiales involucrados en la producción de la harina de frijoles. A través del balance de masa o de materiales se obtiene una secuencia de cálculos que permite determinar el rendimiento y tomar la cuenta todos los cambios que intervinieron en el proceso productivo partiendo de la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye (García, 2013).

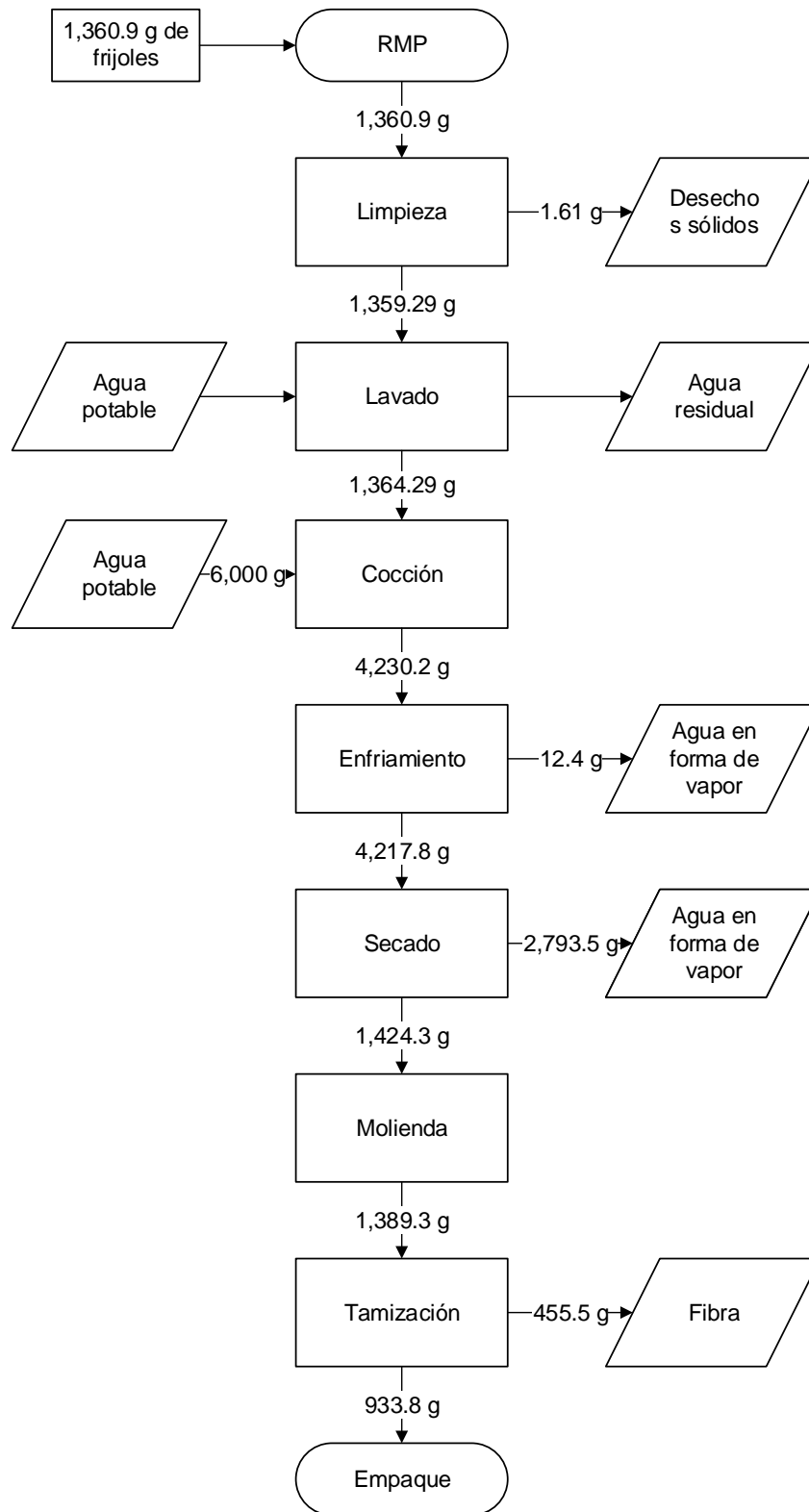
El principal objetivo del balance de materia es determinar la factibilidad del producto en base a su aprovechamiento, en el proceso productivo de harina

ocurre un sin número de cambios los cuales implican pérdidas y acumulaciones, sin embargo, no ostenta reacciones químicas. Durante la etapa de experimentación se llevaron a cabo cuatro pruebas de balance de materia específicas para el proceso de obtención de harina de frijoles en las que la única variación pertenecía al tiempo de remojo de 0, 6, 8, y 12 horas respectivamente, para la materia prima empleada con la finalidad de identificar si ejercía una influencia en el rendimiento. Las figuras 4, 5, 6 y 7 corresponden a los cálculos esquematizados del balance con los que se determinó que la materia prima presenta un porcentaje de rendimiento de:  $68.67 \pm 0.05$  % mostrado en la tabla 4, lo que infiere que no se encontraron diferencias significativas entre datos, es decir, el tiempo de remojo no influye en el rendimiento productivo.

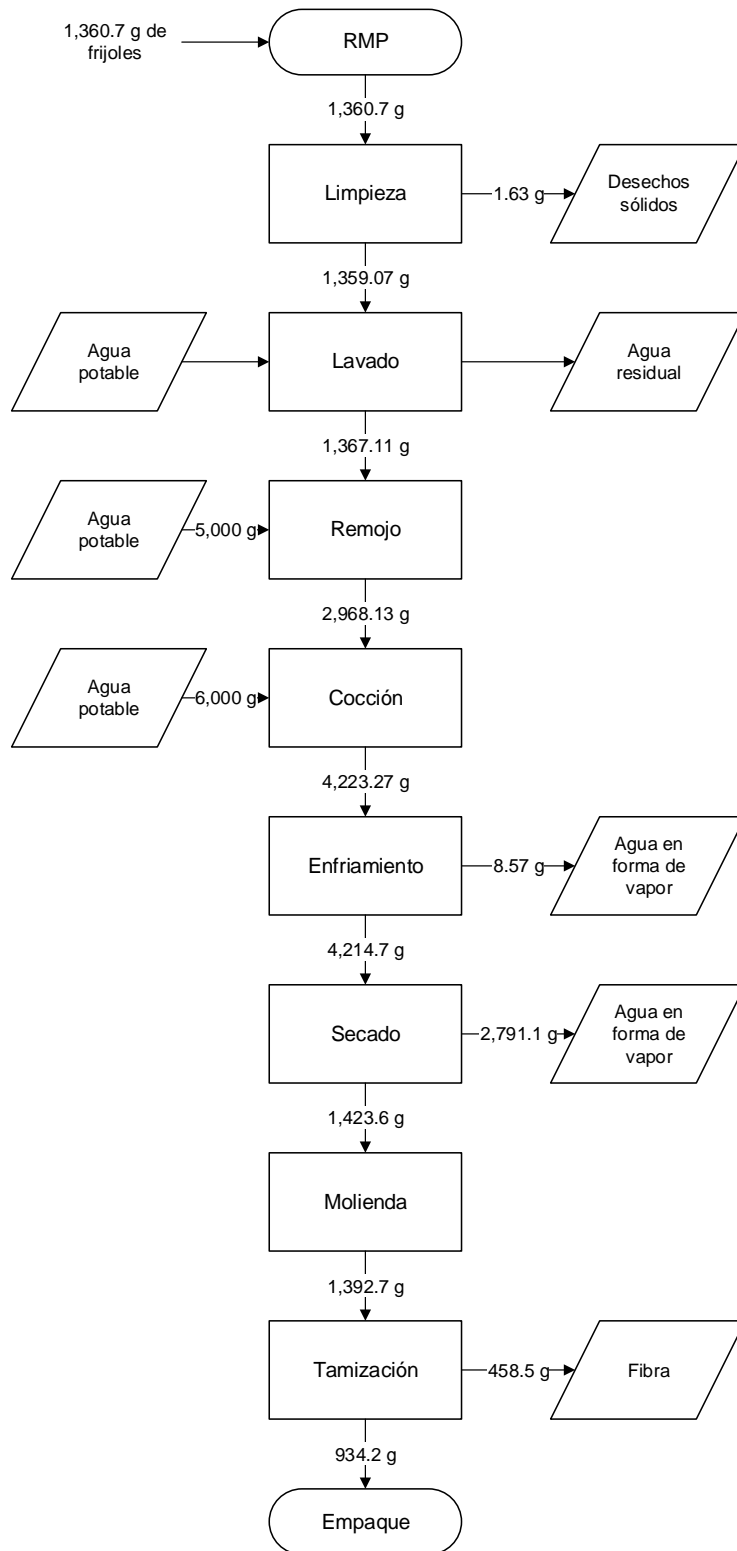
**Tabla 4.** Análisis ANAVA Tiempo de remojo – Rendimiento

Balance No.	Tiempo de remojo (horas)	Rendimiento (%)	Promedio
1	0	$68.61 \pm 0.05$ A	68.67
2	6	$68.65 \pm 0.05$ A	
3	8	$68.72 \pm 0.05$ A	
4	12	$68.71 \pm 0.05$ A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

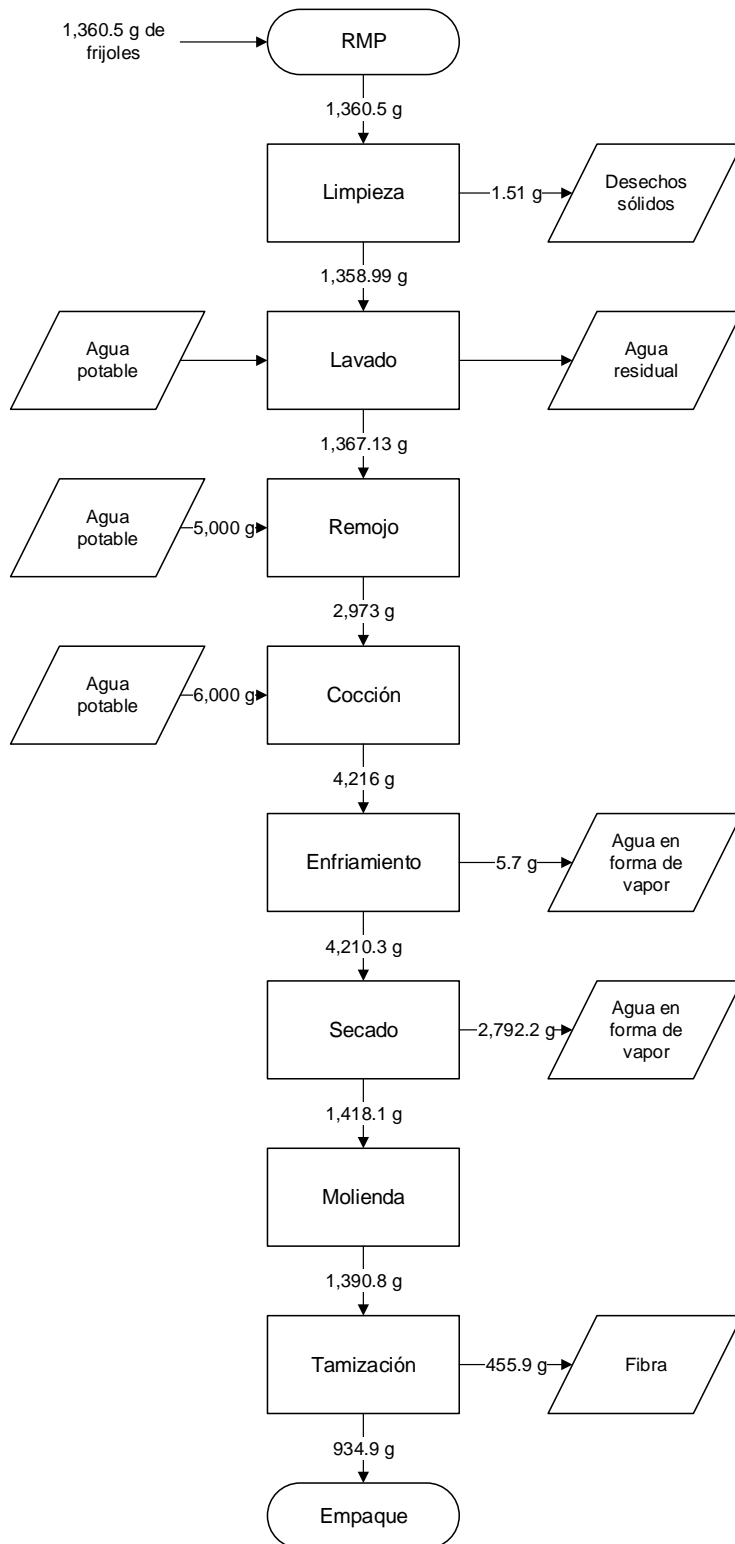


**Figura 4.** Balance de materia para muestra sin remojo

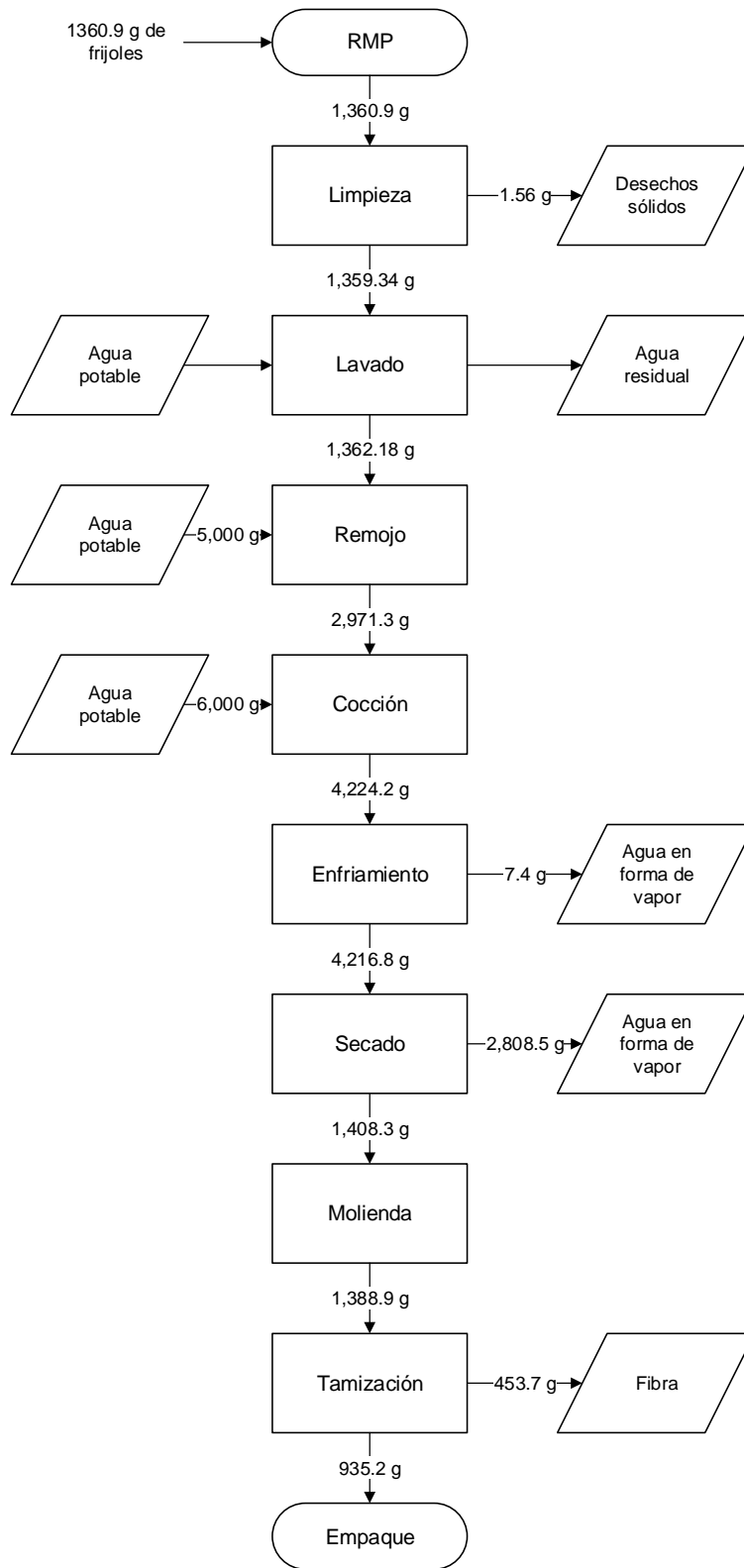


**Figura 5.** Balance de materia para muestra con remojo de 6 horas





**Figura 6.** Balance de materia para muestra con remojo de 8 horas



**Figura 7.** Balance de materia para muestra con remojo de 12 horas

### 6.11.5. Costos de producción de la harina de frijoles

Las estimaciones monetarias de todos los gastos involucrados en la producción de harina de frijoles abarcaron no solo costos de materias primas e insumos sino también, mano de obra, utensilios, maquinarias, y su respectivo consumo energéticos, posterior a la aplicación de la metodología de determinación de dichas cifras y tomando como referencia los datos de rendimiento productivo de tres quintales de materia prima es decir 206.022 libras además se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla número 5, donde se puede observar que el costo de producción de harina a partir de los tres quintales de frijoles es de 5,081.00 córdobas, por consiguiente 24.06 córdobas por libra.

**Tabla 5.** Costos de producción de la harina

<b>Materia prima</b>	<b>C\$</b>	<b>Mano de obra directa</b>	<b>C\$</b>	<b>Costos Indirectos de fabricación</b>	<b>C\$</b>
Frijoles	4500	Salario	200	Agua	15
Material de empaque	206			Gas	150
				Luz	10
<b>Total</b>	<b>4706</b>		<b>200</b>		<b>175</b>

<b>Costo primo:</b>	4906
<b>Costo de conversión</b>	375
<b>Costo de Producción:</b>	<b>C\$ 5,081.00</b>

Tomando en cuenta que los costos fijos son cifras que se mantienen constantes a los diferentes niveles de producción, es importante mencionar que la interacción de este valor puede resultar en una acción con la que se puede realizar una reducción de los costos de producción, ya que, los costos fijos se mantendrán invariables mientras se determine mantener la capacidad productiva. Es decir, debe producirse según la capacidad de eficiencia de los equipos de lo contrario podrían estar sub utilizándose lo que implicaría un mayor costo unitario.

## **6.12. Evaluación de las características de la harina de frijol**

### **6.12.1. Tiempo de remojo**

El remojo es en otros términos técnicos la rehidratación de los granos de frijol. Según el estudio realizado por Marín B. & Lemus M., 2006 se puede referir que el agua es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con solución hidratante. De esta manera la absorción de agua por parte de los tejidos del alimento aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos, es decir, en el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de peso y volumen del producto es proporcional a la cantidad de agua absorbida, aumentado o recuperando su tamaño y volumen inicial.

Durante la experimentación se dispusieron muestras de frijoles en las mismas condiciones con diferentes tiempos de remojo para consecuentemente evaluar la reducción del tiempo de cocción. Se estableció que el tiempo óptimo de remojo correspondía a 12 horas, ya que, trascurrido este tiempo, las muestras de frijoles presentaban aumento en su tamaño debido a la rehidratación y ablandamiento de los tejidos además se lograba uniformidad de absorción, es decir, el total de los granos sometidos al experimento alcanzaron el máximo nivel de rehidratación. (Ver figura 16 en anexos).

### **6.12.2. Densidad Aparente**

La densidad aparente es la relación entre el volumen y el peso de una materia incluyendo los huecos y poros que contenga. Esta propiedad es uno de los parámetros que debe considerarse para los requerimientos de transporte de los productos alimenticios, ya que, pueden definirse porciones o unidades de producto y el espacio que necesitan al ser empacados, por consiguiente, pueden realizarse las disposiciones de tipos de empaques a emplear.

Se realizaron pruebas de densidad aparente para harina de frijoles integral (sin la eliminación de la cubierta de la semilla) y harina limpia, se emplearon tres muestras para cada harina respectivamente, los datos contemplados en las tablas No. 6 y 7 Muestran que el promedio de densidad para la harina integral corresponde a: 0.6968 g/cm<sup>3</sup> mientras tanto la harina limpia presenta un promedio de densidad de 0.7141 g/cm<sup>3</sup>. Estos datos están en un intervalo de los datos reportados por (Joshi , Changqi, & Shridhar, 2015), cuyos valores de densidad aparente oscilan entre 0.5598 g/cm<sup>3</sup> para harina de soya y 0.179 g/cm<sup>3</sup> para harina de nuez desgrasada.

**Tabla 6.** Densidad de harina integral

<b>No</b>	<b>Peso de la Muestra(g)</b>	<b>Densidad g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Media y D. E</b>
1	67.085	0.6967	0.6968±0.0043
2	67.52	0.7012	
3	66.69	0.6926	

**Tabla 7.** Densidad de harina limpia

<b>No</b>	<b>Peso de la Muestra(g)</b>	<b>Densidad g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Media y D. E</b>
4	68.05	0.7067	0.7141±0.0109
5	68.29	0.7091	
6	69.97	0.7266	

Cabe destacar que los parámetros de empaque establecidos tomando en cuenta la densidad aparente, son netamente físicos como: dimensiones y resistencia, sin embargo, se debe tomar como referencia las disposiciones de envasado de harina de trigo establecidas en la Norma General del Codex para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985) a fin de complementar los requerimientos de empaque.

Dicha normativa establece que las harinas deberán envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto. Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o

sabores desagradables. Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

### 6.12.3. Granulometría

El cálculo de granulometría de la harina de frijoles se realizó mediante un juego de tamices con mallas número 35, 50, 80, 140 y 230. Se comprobó un promedio de tamaño de partícula de 0.2231 milímetros.

Las características granulométricas de las harinas, constituyen un aspecto importante en la formulación de productos de panificación, ya que, una distribución adecuada de partículas, permite una mayor uniformidad del producto final.

Debido a la ausencia de normativas específicas para harina de frijoles se tomó como referencia la norma del CODEX para la harina de trigo CODEX STAN 152-1985 en la que establece que el 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 micras. En promedio un porcentaje de  $79.63 \pm 1.3853$  % correspondiente a la harina de frijol logró pasar la malla número setenta.



**Figura 8.** Tamizado de la harina de frijol

**Tabla 8.** Granulometría de la harina

<b>Promedio (mm)</b>	<b>0.2231</b>
<b>Desvío Estándar</b>	<b>0.0008</b>
<b>C.V</b>	<b>0.3648</b>

### 6.12.4. Porcentaje de humedad

La humedad presente en los alimentos permite que los microorganismos obtengan la cantidad de agua para vivir, crecer y multiplicarse, es por ello se considera el porcentaje de humedad como una pauta para la conservación, se debe reducir la cantidad de agua y por tanto la actividad de agua mediante la deshidratación.

La harina de frijoles presentó un porcentaje promedio de humedad del 8.90 % y según la NTON 03096- 11 el contenido de humedad permisible en harinas es de 14 % como máximo y hace énfasis en que, para determinados destinos comerciales, por razones climáticas, y tiempo de transporte y almacenamiento, se debe requerir porcentajes de humedad más bajos, por lo que se considera que la harina sometida a evaluación se encuentra en el rango establecido por la normativa.

Las muestras para la prueba de absorción de agua se realizaron en quintuplicado, considerando el peso inicial de la muestra y su peso final, al ser retirado del deshidratador, se considera que la variación de estos pesos pertenece a la pérdida de agua en forma de vapor, como se muestra en la tabla numero 9 el porcentaje de humedad de la harina de frijoles corresponde a  $8.91\% \pm 1.6948$ .

**Tabla 9.** Resultado de pruebas de humedad

No de muestras	Peso del plato	Peso del plato con muestra	Peso del plato 24 horas después	Masa húmeda	Muestra inicial	Masa de humedad	%De humedad
1	36.31	41.3	40.75	4.44	4.99	0.55	11.0220
2	41.28	46.09	45.72	4.44	4.81	0.37	7.6923
3	44.13	49.13	48.61	4.48	5.00	0.52	10.4104
4	41.77	46.72	46.32	4.55	4.95	0.40	8.0808
5	35.48	40.25	39.9	4.42	4.77	0.35	7.3375

Media	Desviación Estándar
8.91	1.68

#### 6.12.5. Capacidad de retención de agua y aceite

Se evaluó la capacidad de la harina de frijoles para retener moléculas de agua y aceite. La capacidad de la harina de frijoles de retener lípidos está influenciada por las interacciones proteína-lípido, y tiene su efecto en la percepción de un buen sabor en el producto final, mientras tanto, la capacidad de retención de agua es un indicador importante en la evaluación del comportamiento de las proteínas con el agua que es uno de los ingredientes en la elaboración de productos de la industria

panadera. Esta influye no sólo las condiciones del procesamiento, sino también la calidad final de los productos.

Como se puede observar en la tabla 10, se obtuvieron datos de capacidad de retención de agua con un promedio de  $2.57 \pm 0.07$  g de agua/g de harina. Resultados similares han sido reportados para harinas de soya, concentrados de soya y aislados de soya, con capacidades de retención de agua de 1.3, 2.2 y 4.4 g/g, respectivamente (Polanco Murrieta, 2017). Por otro lado, en los resultados de absorción de aceite mostrados en la tabla 11, corresponden a:  $0.66 \pm 0.14$  g de aceite/g de harina.

**Tabla 10.** Capacidad de retención de agua de harina de frijoles

No de muestra	Peso del tubo (g)	masa harina (g)	masa agua (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de agua retenida (g)	CRA g de agua/g de materia-prima	Media	DE
1	9.4968	1.1955	4.1643	13.7118	3.0195	2.53	<b>2.57</b>	<b>0.07</b>
2	9.6000	1.5988	4.2060	15.3839	4.1851	2.62		

CRA: Capacidad de retención de agua

**Tabla 11.** Capacidad de retención de aceite de harina de frijoles

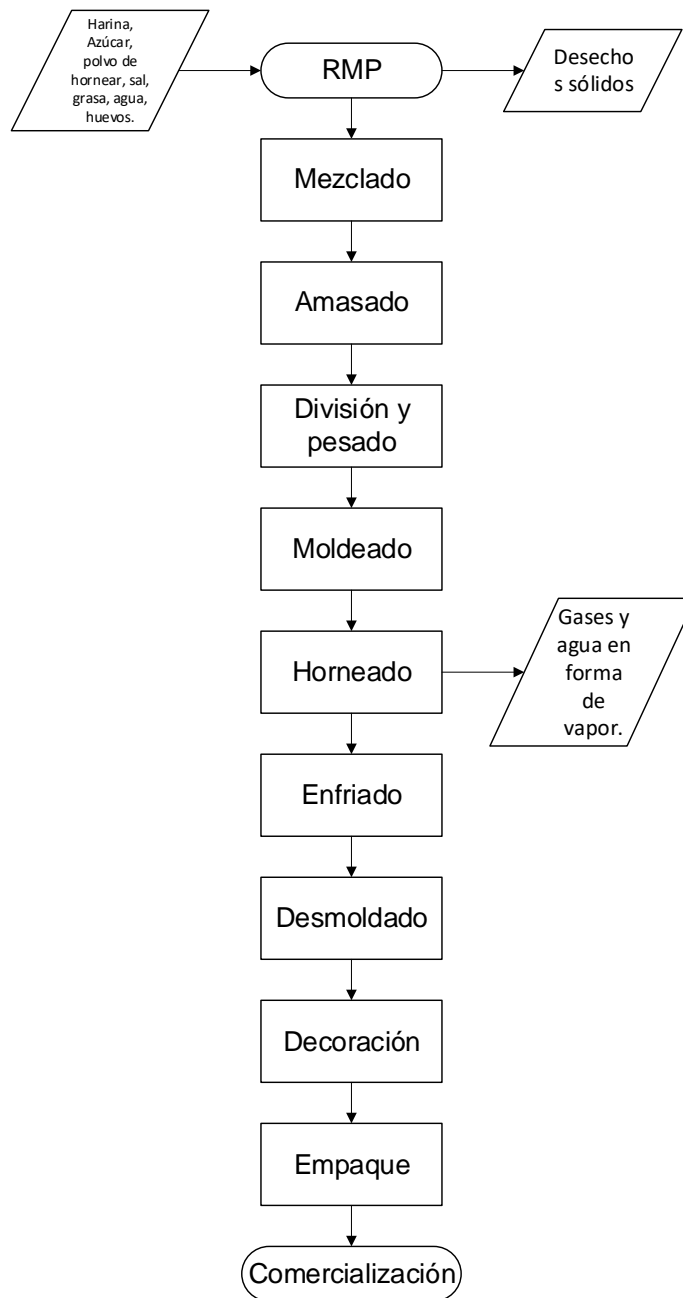
No de muestra	Peso del tubo (g)	masa harina (g)	masa aceite (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de aceite retenida (g)	CRO g de aceite/g de materia-prima	Media	DE
1	9.4677	1.3541	4.0516	11.849	1.0272	0.76	<b>0.66</b>	<b>0.14</b>
3	9.4377	1.3354	4.1422	11.5297	0.7566	0.57		

CRO: Capacidad de retención de aceite

### 6.13. Caracterización de los pasteles con sustitución parcial de harina de trigo

Se diseñó el proceso de elaboración de pasteles con diferentes porcentajes de inclusión para determinar la eficiencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol, (Ver figura 9)





**Figura 9.** Diagrama de flujo de proceso de elaboración de pasteles

### 6.13.1. Descripción de diagrama de proceso de elaboración de pasteles con sustitución parcial de harina de trigo

- **Recepción de materia prima:** Se recibieron todas las materias primas e insumos a utilizar y se pesaron de acuerdo a la proporción que se desea de acuerdo a la variedad de pan que se pretendía producir.

- **Mezclado:** Consistió la incorporación de los diferentes ingredientes involucrados en el proceso, primeramente, se realizó la formulación de harinas de trigo y frijoles posteriormente, se agregaron los demás ingredientes.
- **Amasado:** El Objetivo era lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.
- **División y pesado:** Esta operación se realiza con la finalidad de distribuir el peso justo correspondiente del producto, dando parte a los rendimientos, la estandarización, uniformidad y factibilidad, se realiza colocando el molde sobre una balanza, posteriormente se tara y se vierte la mezcla hasta conseguir el índice de peso deseado.
- **Moldeado:** Su objetivo además de contener la mezcla es dar la forma que corresponde al producto, proporcionando sus características particulares se realiza deslizando la mezcla por la superficie del molde, posteriormente se deja reposar por 3 minutos.
- **Horneado:** Es el proceso de cocción en el que el pan se somete a la acción del calor, esta operación se realizó a una temperatura de 165 °C durante 40 minutos, los fermentos de la masa producen gas, el cual queda atrapado en el interior de la masa causando que esta aumente de tamaño. La grasa permite que las plastas, sean más fáciles de amasar y que el producto final sea más blando.
- **Enfriado:** Cuando el pan está recién fuera del horno, todavía está lleno con el exceso de humedad y dióxido de carbono, se necesita tiempo para enfriarse de manera que la humedad y el gas se disipen eso se consigue dejando el producto en reposo en un área seca, ventilada y sin peligro de contaminación. Después de enfriarse, la textura, el sabor y el aroma del pan se realzan.
- **Desmoldado:** En esta etapa se retiró la torta del molde y se ubica en una bandeja comercial que es su empaque particular.

- **Decoración:** Consistió en cubrir el producto con capas de merengue comercial, el cual también puede ser sustituido por jaleas lo cual aportan un sabor más dulce al producto.
- **Empaque:** El empaque consistió en la base o bandeja donde se ubicaron la torta tras el desmoldado y posteriormente colocar el producto en cajas para la protección de contaminantes presentes en el medio ambiente.

### **6.13.2. Evaluación de las características de calidad de las tortas elaboradas parcialmente con harina de frijoles**

#### **6.13.2.1. Altura de la torta**

Se consideró que una vez fuera del horno la torta empieza a enfriarse a perder gases y humedad que se libera al medio ambiente, esto tiene repercusión en su altura es por eso que esta debe ser medida antes y después de la etapa de horneado.

La medición de altura de la torta fue realizada empleando un calibre o calibrador vernier, es un instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades, utilizado en el ámbito industrial. Empleando la graduación del vernier con graduación previa y deslizando a lo largo de la escala principal se realizan en ella las lecturas fraccionales exactas de la altura del producto (INFOAGRO, 2016).

Es importante mencionar que el gluten cumple una función importante en la elevación de la masa de harina de trigo, puesto que cuando ocurre una liberación de gases por efecto de reacciones ocurridas en la masa, gracias a sus capacidades viscoelástica y cohesiva, el gluten tiene la capacidad de mantener retenido dichos gases cambia de forma al presionarlo, pero recupera su forma original si se deja de hacer presión.

El gluten ofrece una buena retención gaseosa a la vez que cede al impulso los gases carbónicos, dando productos horneados aireados, livianos, de buen volumen, ligeros y con una miga bien cocida y alveolada.

La harina de frijoles carece de esta propiedad, es por eso que se considera incapaz de retener los gases producidos y de ceder al impulso de esos mismos gases, según el estudio realizado por Arroyave Sierra & Esguerra Romero, 2006 se puede clasificar la harina de frijoles como una harina floja, ya que carece de gluten, forma masas flojas y con tendencia a fluir, dando panes bajos y de textura deficiente. No apta para producir pan, pero si para la elaboración de galletas, tortas y otros productos de repostería.

Sin embargo, se considera que al sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de frijoles se hace una fusión que une las propiedades de ambas harinas, su aporte nutricional y las características físicas particulares, mientras que al elaborar productos de panificación con el cien por ciento de harina de frijoles provocaría una pérdida de volumen en el producto y dar tortas planas y pesadas.

En la experimentación para la determinación de la altura de la torta se elaboraron muestras con los diferentes niveles de inclusión, una vez desmoldadas las tortas se tomaron medidas de los laterales y el centro, empleando un calibre de vernier, datos que se muestran reflejados en la tabla 12 como alturas 1, 2 y 3, habiendo obtenido estos datos se calculó un promedio correspondiendo el dato más alto para la muestra con 0% de inclusión con 4.33 cm, seguido de la muestra con 10% de inclusión con 3.23 cm.

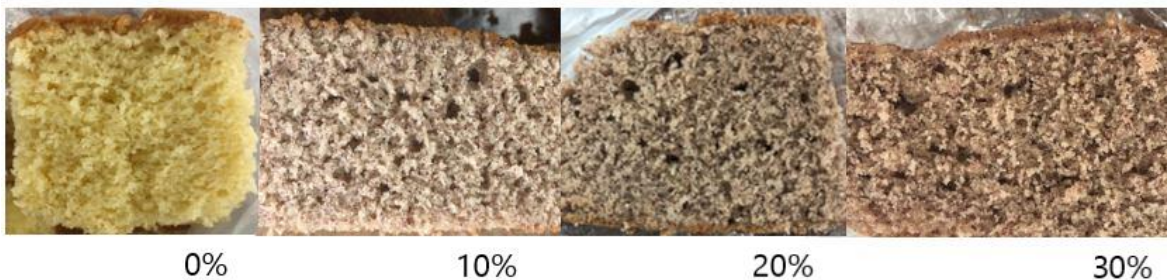
**Tabla 12.** Datos de altura de la torta

<b>Formulación</b>	<b>Altura1 (cm)</b>	<b>Altura2 (cm)</b>	<b>Altura3 (cm)</b>	<b>Promedio</b>
0%	4.1	5	3.9	4.33
10%	2.9	4.3	2.5	3.23
20%	2.40	4.3	2.2	2.97
30%	2.1	3	2.3	2.47

### 6.13.2.2. Distribución de las migas en la torta

El aspecto interior de la torta es muy importante es por eso que la evaluación del mismo debe iniciarse dos horas después de haberse retirado del horno, se corta y se evalúa la textura, estructura y color de miga. La textura de la miga del pan se clasifica en una escala que comprende los siguientes límites superior e inferior: suave y elástica, áspera y rígida, además se verifica que la miga presente alvéolos o círculos homogéneos, pequeños y paredes finas.

El gluten también tiene influencia en la distribución de las migas de la torta, ya que, cuando la masa se desarrolla bajo condiciones óptimas, estas proteínas que forman una red viscoelástica retienen el aire, lo que contiene a los gránulos de almidón y otros materiales. El óptimo desarrollo del gluten durante el amasado es vital para la formación de la estructura de la miga. En la figura 10 se observa que el tratamiento con 0% de harina de frijoles fue el que presentó una distribución más homogénea de las migas, en relación al tamaño. En los demás tratamientos hay presencia de tamaños de migas mayores, lo que acarrea menor homogeneidad.



**Figura 10.** Estructura de migas en la torta

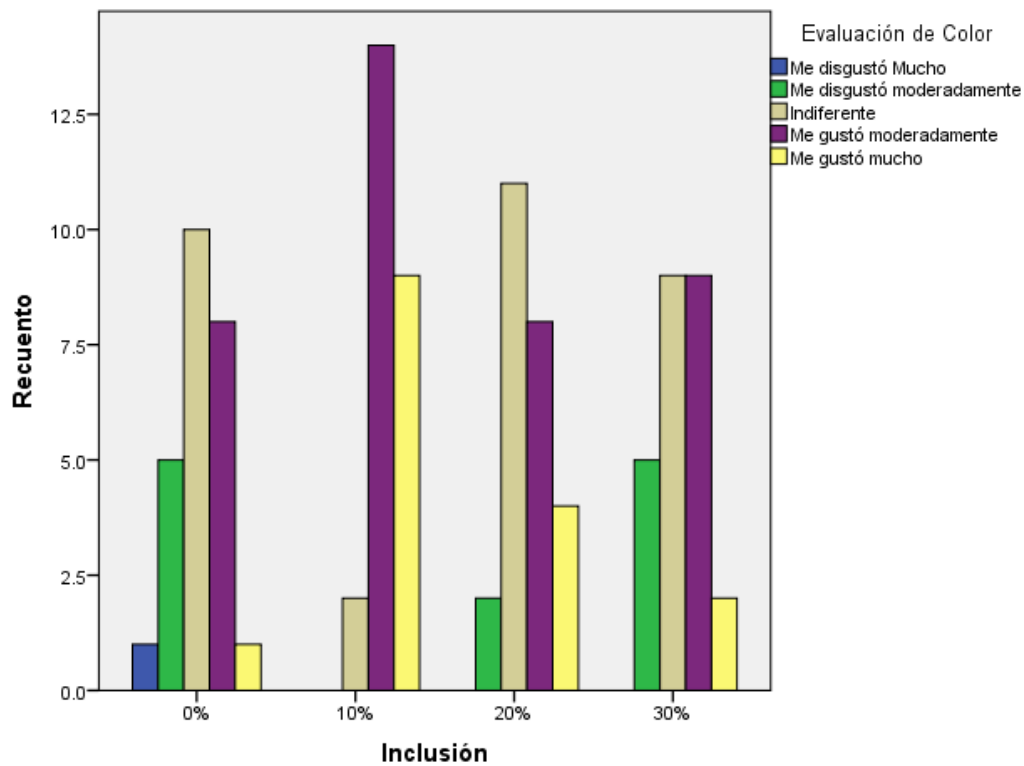
#### **6.14. Análisis sensorial de las diferentes formulaciones de los pasteles elaborados a partir de la harina de frijol**

Para fines de obtención de datos durante el análisis sensorial se proporcionaron 4 muestras de tortas de las cuales 3 presentaban las formulaciones de 10, 20 y 30% de inclusión de harina de frijoles, más 1 muestra de torta testigo, con cantidades aproximadas de 15 g cada una, además se suministró agua suficiente para limpiar el paladar de los panelistas. Para la recopilación de la información se facilitó una ficha de evaluación por cada muestra la cual contempló datos generales como: nombre, edad, sexo y aspectos particulares como: código de la muestra y atributos a evaluar. Se asignó un valor numérico al nivel de agrado del panelista a través de una escala de puntuación de 1 – 5 para cada atributo evaluado, (Ver anexo 2).

Se generaron gráficos estadísticos empleando el programa IBM SPSS Statistics (IBM Corp., 2016) que representan los resultados de la evaluación de los panelistas para los atributos de las tortas correspondientes a: color, sabor, olor, textura y aspecto, para cada una de las muestras con los diferentes porcentajes de inclusión, además del test de Chi cuadrado de Pearson fundamentado en que es una prueba que indica la relación entre una variable y otra, en este caso muestra si existe relación entre los atributos y el porcentaje de inclusión. Los resultados obtenidos se muestran graficados en la siguiente sección.

### 6.14.1. Resultados obtenidos del análisis sensorial

En la figura No. 11 se presenta que el nivel de agrado de los panelistas con respecto al color de las diferentes muestras en evaluación, como se puede observar, la muestra con el 0% de inclusión tuvo el valor más bajo de aceptación correspondiendo a categoría “Me disgustó mucho” y, por otro lado, la muestra con el 10% de inclusión tuvo el valor más alto de aceptación en la categoría “Me gustó moderadamente”.



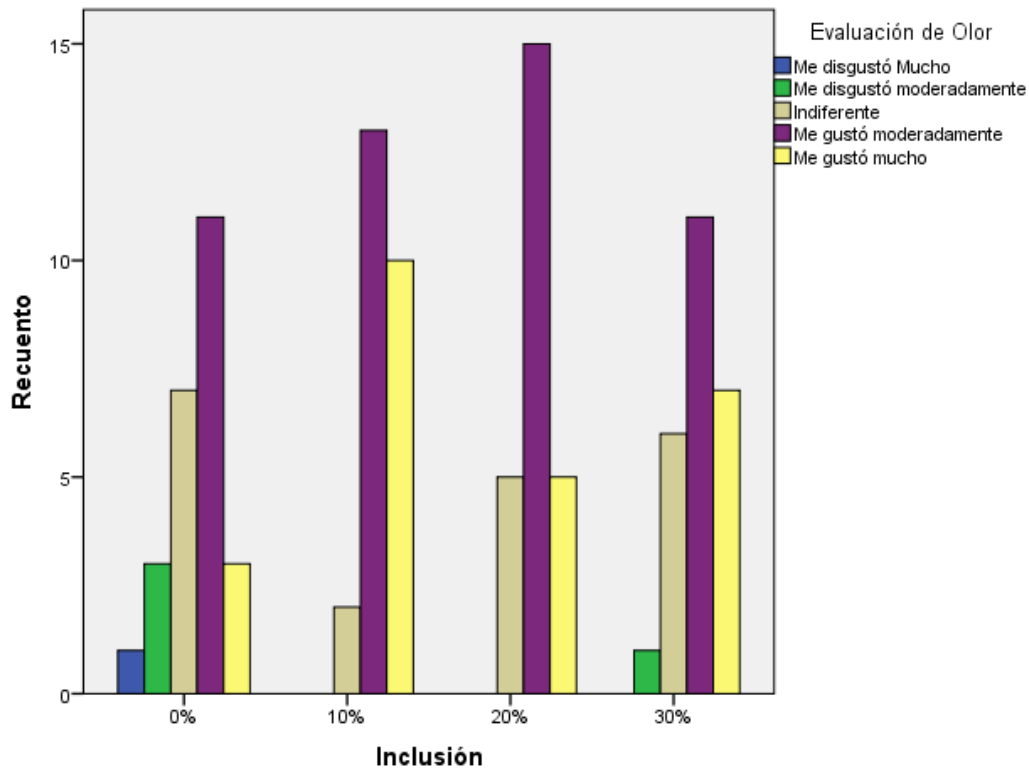
**Figura 11.** Evaluación de color de las muestras con diferentes niveles de inclusión.

La tabla 13 representa el resultado del valor estadístico Chi cuadrado de Pearson, el cual es menor de 0.05 que indica que existe una diferencia relativa entre la valoración de color de las diferentes muestras proporcionadas.

**Tabla 13.** Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Color

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	Gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	27.288 <sup>a</sup>	12	.007
Razón de verosimilitud	30.822	12	.002
Asociación lineal por lineal	.021	1	.886
N de casos válidos	100		

La figura No. 12 corresponde a la representación gráfica de la aceptación de los panelistas ante el atributo de olor de las muestras en valoración, se presenta que la mayoría de opiniones para las diferentes muestras correspondía a la categoría “Me gustó moderadamente”



**Figura 12.** Evaluación de Olor de las muestras con diferentes niveles de inclusión.

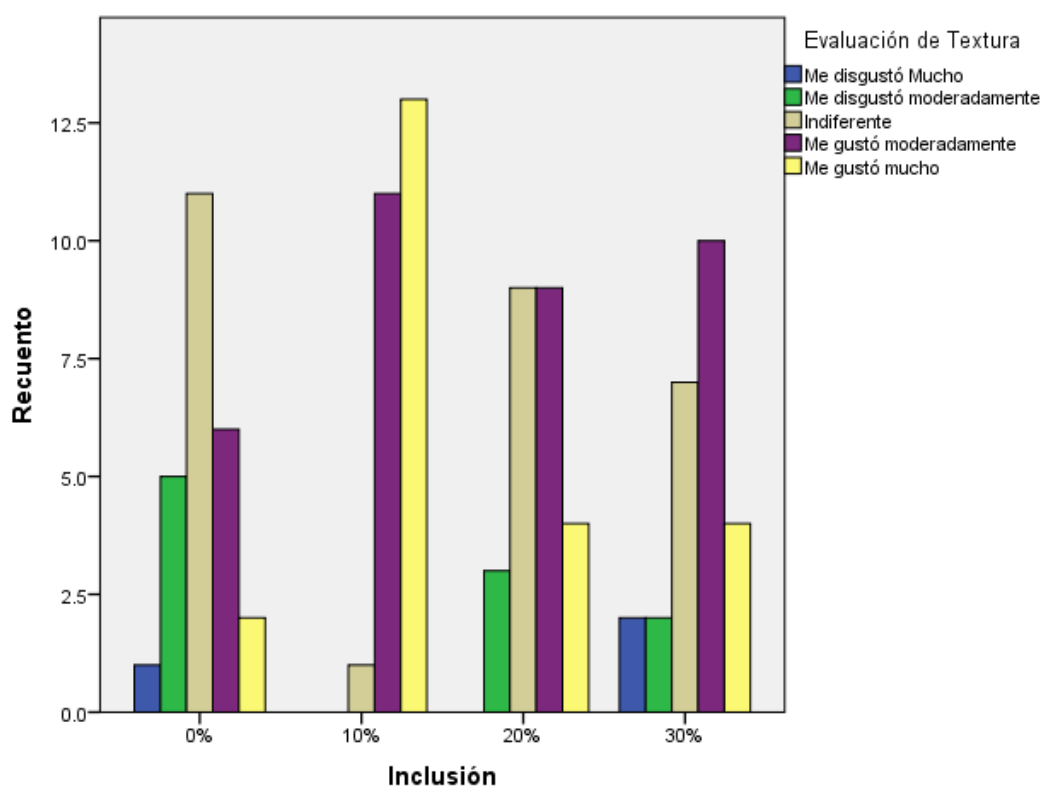
A través de la prueba de Chi cuadrado de Pearson reflejada en la tabla 14 se puede inferir que las opiniones de los panelistas sobre el olor no son diferentes, su resultado corresponde a: 0.151.



**Tabla 14.** Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Olor

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	Gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	16.960 <sup>a</sup>	12	.151
Razón de verosimilitud	17.814	12	.121
Asociación lineal por lineal	2.229	1	.135
N de casos válidos	100		

Como se muestra en la figura No. 13 la textura fue atributo positivamente valorado para todas muestras proporcionadas, pero con mayor proporción para la muestra de 10% de inclusión de harina de frijoles, la cual tuvo mayor aceptabilidad sobresaliendo con la categoría “Me gustó mucho” en comparación a la muestra que no presentaba inclusión de harina de frijoles.



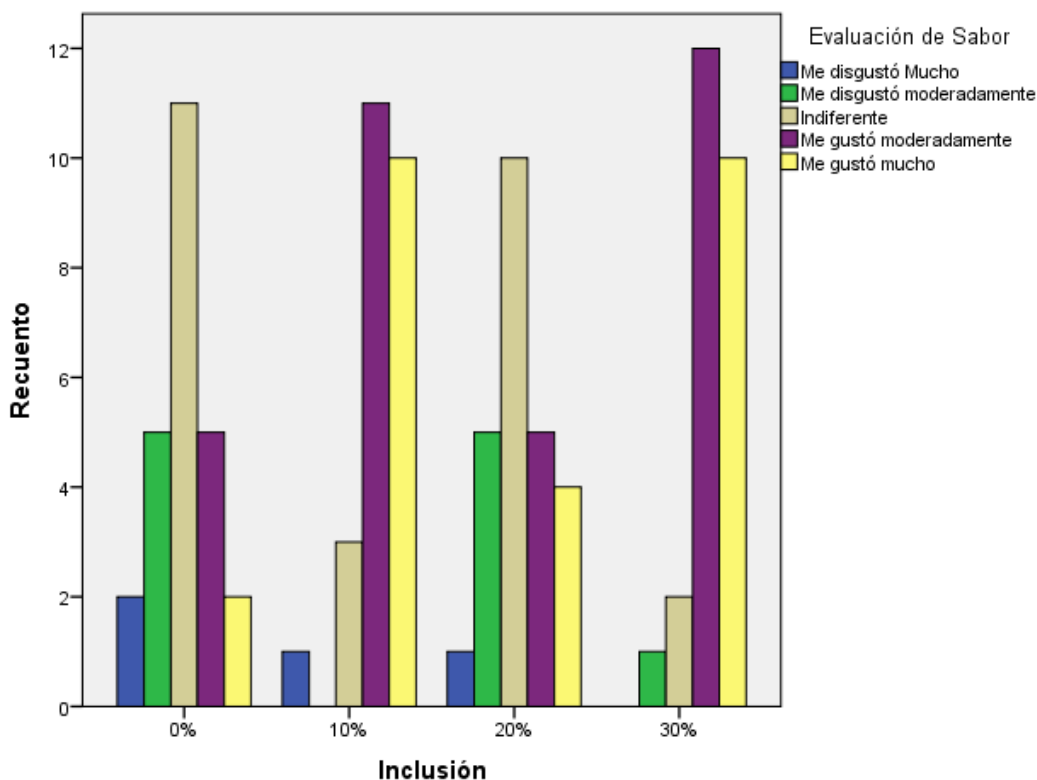
**Figura 13.** Evaluación de Textura de las muestras con diferentes niveles de inclusión

La diferencia de opiniones sobre el atributo textura se muestra respaldada en la tabla 15 donde se muestra el valor de la prueba de Chi cuadrado de Pearson el cual indica que hay diferencias entre los tratamientos.

**Tabla 15.** Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Textura

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>			
	Valor	Gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	31.074 <sup>a</sup>	12	.002
Razón de verosimilitud	35.042	12	.000
Asociación lineal por lineal	.030	1	.863
N de casos válidos	100		

La figura No. 14 contempla los resultados gráficos de las valoraciones de las muestras en cuanto al sabor, como se puede observar las categorías más frecuentes fueron positivas, pero no se puede ignorar el hecho de que la muestra con el 10% tuvo mayor aceptación con respecto a las otras, incluso con respecto a la muestra con el 0% de inclusión de harina de frijoles.



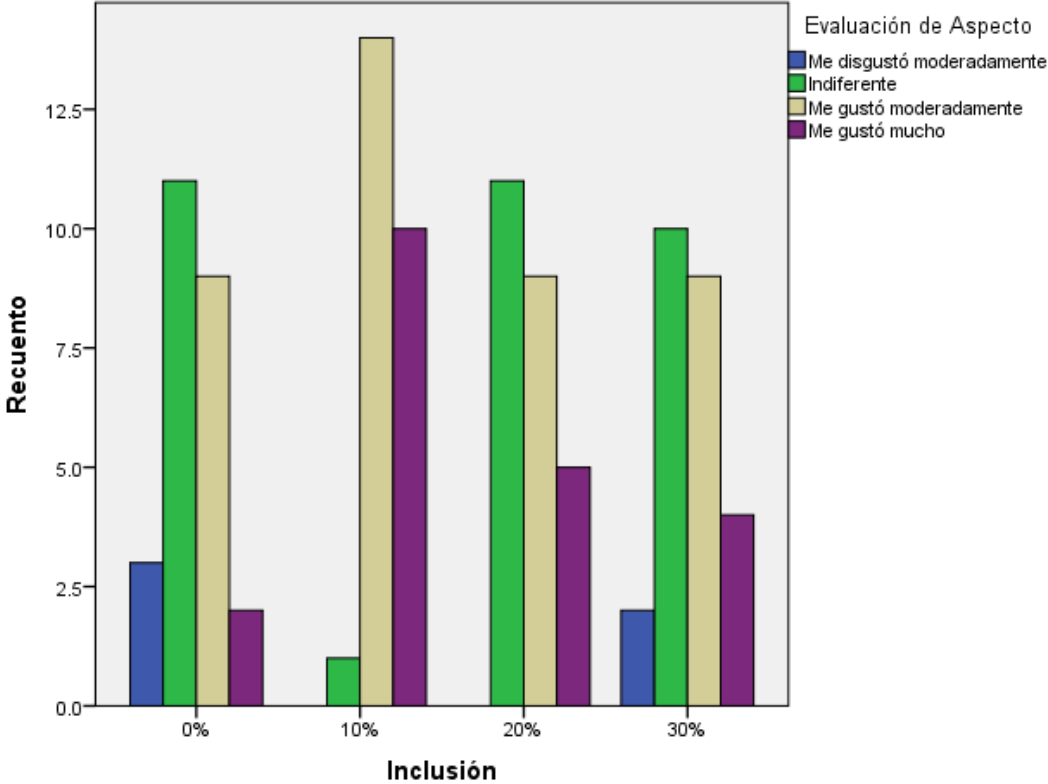
**Figura 14.** Evaluación de Sabor de las muestras con diferentes niveles de inclusión

El resultado de la muestra de Chi cuadrado de Pearson representado en la tabla 16 muestra que se percibieron opiniones diferentes a cerca del sabor de las muestras evaluadas.

**Tabla 16.** Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Sabor

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	Gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	32.573 <sup>a</sup>	12	.001
Razón de verosimilitud	37.481	12	.000
Asociación lineal por lineal	8.055	1	.005
N de casos válidos	100		

La figura 15 muestra que el aspecto de las muestras fue un atributo valorado con cierto grado de indiferencia para todas las muestras, sin embargo, se puede observar que la muestra con 10% de inclusión de harina tuvo un mayor número de opiniones en la categoría “Me gustó mucho” siendo un aspecto positivo que contrasta con las opiniones de los otros atributos para este porcentaje de inclusión.



**Figura 15.** Evaluación de Aspecto de las muestras con diferentes niveles de inclusión.

Los datos obtenidos para el atributo de aspecto presentaban variación, lo cual está reflejado en la prueba de Chi cuadrado, representado en la tabla 17 cuyo valor es de 0.008.

**Tabla 17.** Chi cuadrado de Pearson para evaluación de Aspecto

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>			
	Valor	Gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	22.424 <sup>a</sup>	9	.008
Razón de verosimilitud	27.488	9	.001
Asociación lineal por lineal	.000	1	1.000
N de casos válidos	100		

De los resultados del análisis sensorial se puede inferir que, en general, los diferentes tratamientos de inclusión de harina de frijoles en los pasteles preparados tienen buena aceptación para los atributos evaluados siendo la muestra de 10% de inclusión la que presentó mejores resultados, lo que muestra la hipótesis de que al menos uno de los porcentajes de inclusión permite el desarrollo de pasteles con un alto nivel de aceptación de parte de los panelistas.

## VII. Conclusiones

El rendimiento productivo de la harina de frijoles corresponde a  $68.67 \pm 0.0510\%$ , basado en este dato y en los de costos de producción, se determinó que procesar tres quintales de frijoles tiene un rendimiento de 206.022 libras de harina y un costo unitario de C\$ 24.06, el cual es relativamente mayor al de la harina de trigo multiuso que actualmente es de C\$ 13.00 por libra, no obstante se considera que un aumento de producción a los niveles de capacidad de las maquinarias empleadas, inclusive de nivel industrial, propiciarían una disminución en dicho valor, basado en que los costos fijos son invariables independientemente de la capacidad productiva.

Durante el proceso de experimentación fue necesario estudiar las propiedades específicas de la harina, tanto físicas como de calidad. En la primera etapa se consiguieron datos sobre granulometría correspondiente a: 0.2231 milímetros para el tamaño promedio de partículas, un porcentaje de humedad de  $8.91 \pm 1.69\%$  y densidad aparente de  $0.6968 \text{ g/cm}^3$  para harina integral y  $0.7141 \text{ g/cm}^3$  para harina libre de cascarilla, dichos parámetros son aplicables en aspectos de empaque y transporte, ya que son parámetros que permiten validar la calidad, capacidad, y tipo de material a emplear a fin de garantizar, protección, identificación y conservación del producto.

Asimismo, se determinaron capacidades de absorción de agua y aceite de  $2.57 \pm 0.07 \text{ g}$  de agua/g de harina y  $0.66 \pm 0.14 \text{ g}$  de aceite/g de harina respectivamente, valores similares se han encontrado en otras literaturas, lo cual indica que la harina de frijoles posee propiedades funcionales para la elaboración de tortas para pasteles y es aplicable en otros productos de panificación.

Los pasteles evaluados a partir de las diferentes formulaciones preestablecidas de: 0, 10, 20 y 30 % de sustitución de harina de trigo por harina de frijoles presentaron características físicas tales como altura en la que se obtuvo un promedio de: 4.33, 3.23, 2.97 y 2.47 cm respectivamente, con lo que se puede inferir que el porcentaje de inclusión de 10% fue el que obtuvo datos aproximados

a los de la torta elaborada con 0% de inclusión, además de presentar uniformidad en la distribución de las migas característica propiciada por una buena interacción de las diferentes harinas.

Fue crucial evaluar la eficiencia de la harina obtenida al implementarla en un proceso de panificación y el análisis sensorial fue un referente de la aceptación de los consumidores ante este producto. Basado en las evaluaciones de los panelistas sobre los atributos sensoriales de las tortas con diferentes niveles de inclusión, se puede afirmar que el porcentaje de inclusión mejor evaluado por los panelistas corresponde a 10%, de manera que este porcentaje puede recomendarse como la formulación óptima, debido a que se propicia una interacción entre la harina de frijol y harina de trigo que permite cierto nivel de esponjosidad, a la vez no afecta significativamente aspectos de olor, color y textura.

Cabe destacar que todas las muestras evaluadas por los panelistas tuvieron resultados positivos para los diferentes aspectos, siendo la muestras con 10% de inclusión la que presentara mejores resultados, superando incluso a los obtenidos de la muestra testigo de 0% de inclusión. Como se plantea en la hipótesis la sustitución de la harina de trigo por la harina de frijoles en un porcentaje de inclusión de 10% es factible desde el punto de vista técnico, muestra un mayor aporte de proteínas con respecto a la harina de trigo, las cuales presentan los aminoácidos esenciales que son requeridos según la FDA (Food and Drug Administration) para la nutrición humana, en comparación al trigo que presenta deficiencia en lisina metionina y triptófano.

## **VIII. Recomendaciones**

Debe perseguirse el objeto de convertir una mezcla de ingredientes en una estructura funcional en la industria panadera, seguir una serie de etapas que lleven, en su conjunto, a la obtención de una masa con las propiedades mecánicas características de los diferentes panes y que también aporten a la nutrición, dicha propuesta aportaría no solo a resolver un problema de la industria sino también a contribuir en la diversificación de un sector de consumo que tiene inclinación hacia productos novedosos y libres de gluten.

Se recomienda que los resultados de la presente investigación sean utilizados como punto de partida para establecer los estudios de factibilidad económica, financiera, social y ambiental, además de la elaboración de un plan de negocios que cimente las disposiciones necesarias para la complementación del proyecto.

Es por esto que se sugiere profundizar el estudio de la harina de frijoles a fin de mejorar las características de la misma, evaluar otros niveles de inclusión, no solo con la implementación de frijoles *Phaseolus vulgaris* L. sino también otras variedades, inclusive otras leguminosas, que superen o igualen las características nutricionales, además de determinar la vida útil de la harina, valorando aspectos intrínsecos y extrínsecos, a fin de establecer condiciones de empaque y almacenamiento.



## IX. Bibliografía

- Abreu, J. L. (2014). *El Metodo De La investigación* . Obtenido de El Metodo De La investigación : [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Álvarez, M. (Junio de 2016). *Discover scientific*. Obtenido de Discover scientific: <https://bit.ly/2KwvU4s>
- Aráuz Escobar, A. N., & Ortiz Guevara, R. C. (2005). *Repositorio UNAN León* . Obtenido de Repositorio UNAN León : <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/1060>
- Arroyave Sierra, L. M., & Esguerra Romero, C. (2006). *Unisalle*. Obtenido de Universidad La Salle: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1136&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1136&context=ing_alimentos)
- BCN. (2018). *Banco Central de Nicaragua*. Obtenido de Banco Central de Nicaragua: <https://bit.ly/2Kxxza7>
- Betancourt, B. E., & Caballero, B. M. (2016). Una nueva alternativa del procesamiento del frijol negeo (*Phaseolus vulgaris* L.) en un producto de panificación tipo bronwie dulce. *Universidad de Guanajuato Repositorio*, 59 – 63. Obtenido de Universidad de Guanajuato Repositorio: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/11.pdf>
- Cepeda, M. T. (2013). *Estudio químico y anatómico de dos variedades de frijol Phaseolus*. Universidad Autónoma De Nuevo León, Facultad de ciencias biológicas. Nuevo León Mexico: Universidad Autónoma De Nuevo León. Recuperado el 2019, de Universidad Autónoma De Nuevo León: <http://eprints.uanl.mx/5144/1/1080124459.PDF>
- CIRNC. (2015). *Centro de Investigación Regional Norte Centro*. Obtenido de Centro de Investigación Regional Norte Centro:

[www.inifap.gob.mx/Documents/transparencia/Estudios.../PUBLICACION%2026.pdf](http://www.inifap.gob.mx/Documents/transparencia/Estudios.../PUBLICACION%2026.pdf)

CODEX. (1985). *Norma del CODEX para la harina de trigo*. Obtenido de CODEX Standard : <https://bit.ly/2Mlznis>

Di Rienzo J.A., C. F. (2018). *Grupo InfoStat, FCA*. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. : URL <http://www.infostat.com.ar>

Díaz Narváez, V. P. (2009). Método de Investigación de Enfoque Experimental. En V. P. Narváez, *Metodología de la investigación científica y bioestadística* (págs. 80 – 83). Santiago de Chile : Masters Rils Editores. Obtenido de Método de Investigación de Enfoque Experimental: <https://bit.ly/2HYKqDv>

FUNICA . (2014). *Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua*. Obtenido de funica.org: <http://www.funica.org.ni/docs/Analisis-frijol.pdf>

García Ahued, M. (2017). Sensory analysis of food. *UAEH Repositorio*, 57-68. Obtenido de UAEH Repositorio: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/m1.html>

García, R. (2013). *Balance de Materia y Energía*. Obtenido de Balance de Materia y Energía: <http://blog.utp.edu.co/balances/files/2015/02/LIBRO-BME2015-1.pdf>

IBM Corp. (Septiembre de 2016). *SPSS Statistics*. Obtenido de NY: <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>

INFOAGRO. (2016). *INFOAGRO*. Obtenido de INFOAGRO: <https://bit.ly/2YR8qjJ>

Jitngarmkusol, S., Howgsuwankul, J., & Tananuwong, K. (2008). Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. *Food Chemistry*, 23 – 30.

Joshi , A. U., Changqi, L., & Shridhar, K. S. (2015). Functional properties of select seed flours. *LWT – Food Science and Technology*, 325 – 331.

- Marín B., E., & Lemus M., R. (Diciembre de 2006). The Rehydration of dehydrated foods. *SciELO*, 33(3), 10 – 16. Obtenido de Universidad de La Serena: <https://bit.ly/2yl4UcV>
- MEFCCA. (24 de junio de 2015). *Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa*. Obtenido de <http://cdoc.economiafamiliar.gob.ni/2015/06/24/cultivo-del-frijol/>
- MIFIC. (Febrero de 2013). *Ministerio de Fomento Industria y Comercio*. Obtenido de Ministerio de Fomento Industria y Comercio: <http://funica.org.ni/index/boletin/BOLETIN%208/PDF/NTON.pdf>
- MIFIC. (2015). *Ministerio de Fomento Industria y Comercio*. Obtenido de Ministerio de Fomento Industria y Comercio: <https://bit.ly/2MsusMq>
- Morales, M. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plátulas de frijol. *REDALCY*, 48 – 53.
- PERTEN. (2016). *PerkinElmer Company*. Recuperado el 4 de octubre de 2018, de PerkinElmer Company: <https://www.perten.com/es/Productos/Falling-Number/>
- Polanco Murrieta, A. I. (Septiembre de 2017). *UNIVERSIDAD VERACRUZANA*. Obtenido de Instituto de Ciencias Básicas: <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/Tesis-Ana-Isabel-Polanco-Murrieta.pdf>
- Raya, J. C., Gutiérrez, G. M., & Aguirre, C. L. (Junio de 2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 25(1), 4 – 9. Recuperado el 2019, de AGRONOMÍA MESOAMERICANA: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v25n01\\_001.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v25n01_001.pdf)
- Ribotta, P. D., & Tadini, C. C. (Septiembre de 2009). Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados. En P. D. Ribotta, & C. C. Tadini, *Ingredientes utilizados en la elaboración de productos panificados libres de gluten* (págs. 145 – 149). Córdoba,

- Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado el 8 de Mayo de 2019, de ISEKI-FOOD: [https://www.iseki-food.net/webfm\\_send/1730](https://www.iseki-food.net/webfm_send/1730)
- Ruiz, J. C. (2009). *ResearchGate*. Obtenido de Extracción de proteínas de la harina de frijol común endurecido por fraccionamiento húmedo: <https://bit.ly/2H7Uo3l>
- Ulloa, J. A. (8 de Julio de 2011). *Universidad Autónoma de Nayarit – Repositorio*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nayarit – Repositorio: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
- Umaña , J. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación. *Alimentos Hoy*, 22(29), <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/230>. Recuperado el 6 de Junio de 2019, de UdeA: <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/230>
- UNAD – Bogotá. (2005). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>
- UP. (27 de Diciembre de 2011). *Universidad de Palermo*. Obtenido de Universidad de Palermo: <https://www.palermo.edu/deportes/noticias/todo-sobre-la-harina.html>

## Anexos

### Anexo 1. Organización de datos de análisis granulométrico

**Tabla 18.** Resultados de la granulometría

Abertura(mm)	No De Malla	PI.Tamiz	PF.Tamiz	Masa Retenida (g)	Dxi	Dpi	Dxi/Dpi
0.5000	35	360	360.5	0.5	0.00168	0.4	0.0042
0.3000	50	345.5	355.5	10	0.03361	0.24	0.1401
0.1800	80	336	389.5	53.5	0.17983	0.143	1.2576
0.106	140	316	393	77	0.25882	0.0845	3.0630
0.0630	230	331.5	440	108.5	0.36471		4.4648
	Plato Fondo	357	405	48	0.16134		
				297.5			

Residuo final	48
$\Sigma$	297.5
Porcentaje	16.13

Abertura(mm)	No De Malla	PI.Tamiz	PF.Tamiz	Masa Retenida (g)	Dxi	Dpi	Dxi/Dpi
0.5000	35	360	360.5	0.5	0.0017	0.4	0.0042
0.3000	50	345.5	362.5	17	0.0571	0.24	0.2381
0.1800	80	336	390.5	54.5	0.1832	0.143	1.2811
0.106	140	316	390.5	74.5	0.2504	0.0845	2.9636
0.0630	230	331.5	437.2	105.7	0.3553		4.4869
	Plato Fondo	357	404	47	0.1580		
				299.2			

Residuo final	47
$\Sigma$	299.2
Porcentaje	15.71

Abertura(mm)	No De Malla	PI.Tamiz	PF.Tamiz	Masa Retenida (g)	Dxi	Dpi	Dxi/Dpi
0.5	35	360	360.5	0.5	0.00168067	0.4	0.0042017
0.3	50.00	345.5	355.00	9.5	0.03	0.24	0.13
0.18	80	336	392	56	0.18823529	0.143	1.3163307
0.106	140	316	392.5	76.5	0.25714286	0.0845	3.0431107
0.063	230.00	331.5	442.00	110.5	0.37		4.50
	Plato Fondo	357	404	47	0.15798319		
				300			

Residuo final	47
$\Sigma$	300
Porcentaje	15.67

## Anexo 2. Formato de evaluación de panelistas en análisis sensorial

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

Fecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: F\_\_\_ M\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_

Por favor evalúe la muestra utilizando la escala de 1 - 5 según su nivel de agrado, señale cuánto usted gustó o no gustó del producto. Marque la posición que mejor refleje su criterio.

Criterio	Puntuación
Me disgustó mucho	1
Me disgustó moderadamente	2
Indiferente	3
Me gustó mucho	4
Me gustó moderadamente	5

Aspectos a evaluar	Puntuación
Olor	
Color	
Sabor	
Aspecto	
Textura	

¿Estaría dispuesto a comprar este producto?

Si: \_\_\_\_\_

No: \_\_\_\_\_

Talvez: \_\_\_\_\_

Comentarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Anexo 3. Evidencias fotográficas.**



**Figura 16.** Frijoles sin uniformidad de absorción



**Figura 17.** Etapa de remojo de frijoles



**Figura 18.** Etapa de remojo de frijoles





**Figura 19.** Deshidratación de frijoles



**Figura 20.** Harina de frijoles integral



**Figura 21.** Harina de frijoles libre de fibra



**Figura 22.** Realización de pruebas de capacidad de absorción de agua y aceite.



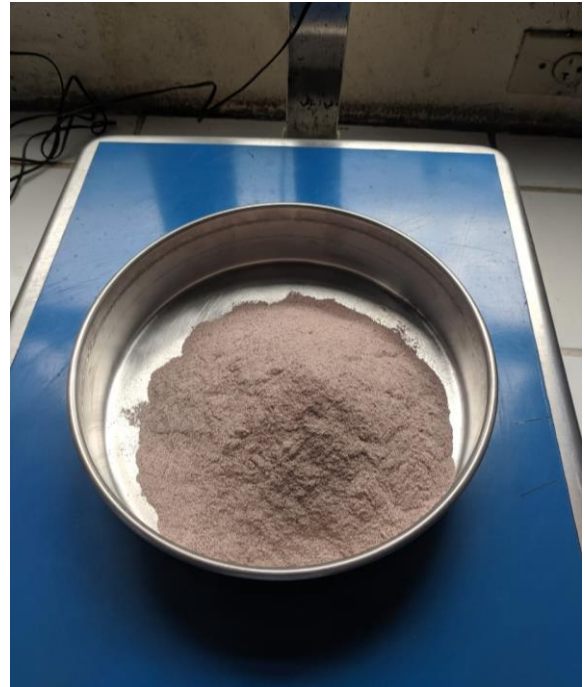
**Figura 23.** Muestras para realización de pruebas de capacidad de absorción de aceite.



**Figura 24.** Muestras para realización de pruebas de capacidad de absorción de agua.



**Figura 25.** Realización de prueba de granulometría de la harina de frijoles.



**Figura 26.** Realización de prueba de granulometría de la harina de frijoles.



**Figura 27.** Realización de análisis sensorial.