Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

“DESARROLLO DE GALLETAS UTILIZANDO HARINA DE FRIJOL ROJO CRIOLLO Y HARINA DE FRIJOL RETINTO A ESCALA DE LABORATORIO”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Edwin Javier Rivas Miranda
Carnet: 2018-1215U

Br. Juan Carlos Sandino Hernández
Carnet: 2017-0649U

Tutor:

MSc. Leonardo Antonio Chavarría Carrión

31 de julio de 2026
Managua Nicaragua

DEDICATORIA

Todos mis logros no tendrían sentido si Dios no estuviera presente en cada segundo de mi vida.

A mi madre, mi hermana y mi novia, quienes han sido luz y fortaleza en este camino, acompañándome de manera incondicional en cada paso. Gracias por su amor genuino y sincero, por su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Este logro también es de ustedes, por ser parte fundamental de mi vida y de cada sueño alcanzado.

Edwin Rivas.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las personas que han sido fundamentales en este camino.

A Dios, por darme la vida, la sabiduría y la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo y permitirme llegar hasta este momento tan importante. Su guía ha sido clave en cada paso que he dado.

A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación. Gracias por todo el sacrificio, por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba, y por brindarme siempre su apoyo incondicional. Este logro también les pertenece, porque sin ustedes no habría sido posible.

A mi pareja, por acompañarme en cada etapa de este proceso. Gracias por tu paciencia, por escucharme, por motivarme a seguir adelante y por nunca soltarme en los momentos difíciles. Tu apoyo ha sido una de las fuerzas más importantes para poder culminar este camino.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro y por dejar una huella tan significativa en mi vida. Este es solo el inicio de muchos sueños más por cumplir.

Juan Sandino

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por haberme permitido culminar esta etapa tan importante de mi vida. Por darme la fortaleza, el coraje y la perseverancia necesarios para superar cada una de las dificultades que se presentaron en el camino. Gracias por su amor infinito, su misericordia, su guía constante y sus bendiciones, que han sido fundamentales en cada logro alcanzado.

A mi madre, le agradezco con todo mi corazón por su apoyo incondicional, por su esfuerzo, sacrificio y dedicación. Por ser mi ejemplo de lucha y perseverancia, y por impulsarme a convertirme en el profesional que ella siempre soñó. Sin su amor y respaldo, este logro no habría sido posible.

A mi abuelita, le doy gracias por estar siempre presente en cada etapa de mi vida, por su amor sincero, sus consejos y su compañía constante, que han sido un pilar fundamental en este camino.

Edwin Rivas.

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida profesional.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante todo el desarrollo de esta investigación. Su confianza en mí fue fundamental para seguir adelante en los momentos de dificultad.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que formaron parte de este proceso y que, de una u otra manera, aportaron a la culminación de esta meta académica.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que formaron parte de este proceso y que, de una u otra manera, aportaron a la culminación de esta meta académica.

Juan Sandino.

RESUMEN

El presente desarrollo tecnológico se realizó con el propósito de formular y evaluar galletas elaboradas a partir de harina de frijol rojo criollo y harina de frijol retinto a escala de laboratorio, como una alternativa para el aprovechamiento de materias primas de origen nacional con elevado valor nutricional. El estudio se orientó a la generación de un producto alimenticio innovador que contribuya a la diversificación de alimentos y al fortalecimiento del sector agroindustrial.

La metodología aplicada comprendió la obtención, acondicionamiento y caracterización de las harinas de frijol, así como la formulación de distintos tratamientos mediante la sustitución parcial de harina de trigo. Las galletas fueron elaboradas bajo condiciones controladas a escala de laboratorio y sometidas a análisis físico-químicos y a una evaluación sensorial, con el fin de determinar su aceptabilidad en función de atributos como color, aroma, sabor, textura y apariencia general.

Los resultados demostraron que la incorporación de harina de frijol rojo criollo y harina de frijol retinto es técnicamente viable, permitiendo la obtención de galletas con características sensoriales aceptables y un perfil nutricional mejorado, destacándose el incremento en el contenido de proteínas y fibra dietaría. Asimismo, se identificaron formulaciones con mayor nivel de aceptación sensorial, sin comprometer la calidad del producto final.

El desarrollo de galletas a base de harinas de frijol representa una alternativa tecnológica y nutricionalmente favorable, con potencial de aplicación en la industria alimentaria, que promueve el uso sostenible de recursos locales y contribuye al desarrollo económico y alimentario del país.

ÍNDICE

DEDICATORIA ..... **ii**
AGRADECIMIENTO ..... **iii**
RESUMEN ..... **iv**
I. INTRODUCCION **1**
II. OBJETIVOS **2**
4.1 Objetivo general **2**
4.2 Objetivos específicos **2**
III. MARCO TEORICO **3**
5.1 Generalidades **3**
5.2 Morfología del frijol 3
5.3 Partes de la semilla de frijol 4
5.4 Taxonomía del frijol 6
5.5. Composición química y nutricional del frijol 6
5.7 Variedad de frijol retinto 8
5.8 HARINA 9
5.9 GALLETA 10
5.10 Descripción del proceso de obtención de harina de frijol **10**
5.10.1 Recepción de la materia prima 10
5.10.2 Pesado 11
5.10.3 Selección y limpieza de granos 11
5.10.4 Lavado 11
5.10.5 Secado 11
5.10.6 Tostado de granos 11
5.10.7 Enfriamiento 12
5.10.8 Molienda 12
5.10.9 Tamizado 12
5.10.10 Mezclado 12
5.10.11 Horneado 13
5.10.12 Empaque 13
5.10.13 Almacenamiento 13
5.10.14 Proceso de Obtención de Harina de Frijol **14**
5.11 Aplicaciones de la Harina de Frijol en la Industria Alimentaria **15**
5.12 Fuente de Proteínas Vegetales 15

5.13 Aporte de Fibra Dietética 15
5.14 Uso en Panificación y Productos de Panadería 16
5.15 Productos sin Gluten 16
5.16 Polvos Proteicos y Bebidas Funcionales 17
5.17 Productos Fortificados y Funcionales 17
5.18 Propiedades Funcionales en Productos Procesados 17
VI. METODOLOGÍA 18
6.1 Ubicación y Condiciones Operacionales 18
6.2 Recolección de Materia Prima 18
6.3 Proceso de Obtención de Harina 19
6.3.1 Limpieza 19
6.3.2 Secado 20
6.3.3 Molienda y Tamizado 20
6.4 Caracterización Física y Química de las harinas 20
6.4.1 Contenido de Humedad 20
6.4.2 Cenizas Totales 21
6.4.3 Porcentaje de rendimiento de la harina 21
6.4.4 Tamaño de Partícula 21
6.4.5 Determinación del pH 22
6.4.6 Determinación de grados Brix 22
6.5 Desarrollo de las Galletas 22
6.5.1 Formulación y Diseño del experimento 23
6.5.2 Mezclado y Horneado 24
6.6 Evaluación Física y Organoléptica de las galletas 25
6.6.1 Evaluación Física 25
6.6.2 Evaluación Organoléptica de la galleta a base de harina de frijol rojo criollo y retinto 25
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES 26
7. Rendimiento del proceso de tamizado 26
7.1. Evaluación del proceso de horneado de las galletas 27
7.2. Resultados de pH y °Brix 29
7.3. Contenido de cenizas 30
7.4. Aceptación organoléptica de las muestras 31
7.5. Aceptación de la galleta de harina de frijol 32
7.6. Diagrama de flujo para la elaboración de harina y galletas: 34

7.8. Formulación de galletas a escala de laboratorio 35
7.9. Formulaciones de elaboración de galletas a escala de laboratorio de la variable de frijol rojo criollo: 36
7.10. Formulaciones de elaboración de galletas a escala de laboratorio de la variable de frijol rojo retinto: 38
7.11. Limpieza y lavado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto: 40
7.12. Secado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto: 40
7.13. Tostado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto: 41
7.14. Balance de masa en la etapa de molienda: 41
7.15. Balance de masa para la variedad de frijol rojo retinto: 42
7.15.1. Tamizado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto: 43
7.15.2. Tamizado de frijol rojo criollo: 43
7.16. Balance de masa para la variedad de frijol rojo criollo tamizado: 46
7.16.1. Tamizado de frijol rojo retinto: 47
7.16.2. Balance de masa para la variedad de frijol retinto tamizado 50
VIII. CONCLUSIONES 52
IX. RECOMENDACIONES 53
BIBLIOGRAFIA 54
X. ANEXOS 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la planta de frijol 4
Figura 2 Partes de la semilla de frijol 5
Figura 3 Aceptación de la galletas de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto 32
Figura 4 Test de encuestas 33
Figura 5 Rendimiento de la harina de frijol rojo criollo y frijol retinto: 51
Figura 6 Rendimiento de frijol rojo criollo 62
Figura 7 Rendimiento de frijol rojo retinto 63
Figura 8 Brix de galletas de frijol rojo criollo 63
Figura 9 Brix de galletas de frijol rojo retinto 64
Figura 10 pH de galletas de frijol rojo criollo 64
Figura 11 pH de galletas de frijol rojo retinto 65
Figura 12 Variedad de frijol rojo retinto 67
Figura 13 Variedad de frijol rojo criollo 67
Figura 14 Molienda de frijol rojo criollo 68
Figura 15 Molienda de frijol rojo retinto 68
Figura 16 Molienda de frijol rojo criollo 69
Figura 17 Molienda de frijol rojo retinto 69
Figura 18 Tamizado de Harinas de frijol variedad rojo criollo y retinto 70
Figura 19 Elaboración de galletas de las variedades de frijol rojo criollo y frijol retinto. 70
Figura 20 Horneado de galletas de frijol rojo criollo 100% 71
Figura 21 Horneado de galletas de frijol rojo retinto 100% 71
Figura 22 Horneado de frijol rojo criollo 50% y 50% harina de trigo 72
Figura 23 Horneado de frijol rojo retinto 30% y 70% harina de trigo 72
Figura 24 Horneado de frijol rojo criollo 70% y 30% harina de trigo. 73
Figura 25 Galleta de frijol al 30% 73
Figura 26 Galleta de frijol al 50%. 74
Figura 27 Galleta de frijol al 30%, 50%, 70% 100%. 74
Figura 28 Pesado de galleta para dilución 75
Figura 29 Soluciones buffer pH 4 y pH 7 75
Figura 30 Medición con pHmetro. 76
Figura 31 Medición de °brix con refractómetro. 76
Figura 32 Medición de °brix con refractómetro. 77
Figura 33 Dilución 1:10 de solidos de galletas. 77
Figura 34 Medición con pHmetro de galleta. 78
Figura 35 Medición con pHmetro de harina de frijol. 78
Figura 36 Medición con pHmetro de harina de frijol. 79
Fuente: Elaboración propia.Figura 37 Muestra de cenizas en el desecador. 79
Figura 38 Muestras de harina en mufla. 80
Figura 39 Mufla a 550°C. 80
Figura 40 Desecador con muestras de cenizas. 81
Figura 41 Pesaje de crisol. 81
Figura 42 muestra de harina más crisol. 82
Figura 43 Muestra de cenizas más crisol. 82

Figura 44 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%. 83
Figura 45 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%. 84
Figura 46 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%. 85
Figura 47 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%. 86
Figura 48 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%. 87
Figura 49 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%. 88
Figura 50 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%. 89
Figura 51 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%. 90
Figura 52 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%. 91
Figura 53 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%. 92
Figura 54 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%. 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química del frijol (Phaseolus vulgaris L.) 7
Tabla 2 Características agronómicas frijol rojo criollo 7
Tabla 3 Características Agronómicas..... 8
Tabla 4 Características de la variedad frijol retinto 9
Tabla 5 Parámetros de calidad del frijol 19
Tabla 6 Diseño de experimento con harina de frijol rojo criollo con una relación de harina de trigo 23
Tabla 7 Diseño de experimento con harina de frijol rojo retinto con una relación de harina de trigo 23
Tabla 8 Masa de frijol inicial en (g) de la variedad frijol rojo criollo, frijol rojo retinto: 40
Tabla 9 Masa de frijol inicial en (g) de la variedad rojo criollo, rojo retinto seco:..... 40
Tabla 10 Perdidas de humedad en el tostado:..... 41
Tabla 11 Masa de frijol inicial en (g) de la variedad rojo criollo, rojo retinto en la etapa de tamizado.. 43
Tabla 12 Muestra 0 para definir los tiempos de tamizado y masa de frijol: 43
Tabla 13 Muestra 1. Variedad de frijol rojo criollo: 44
Tabla 14 Muestra 2. Variedad de frijol rojo criollo: 44
Tabla 15 Muestra 3. Variedad de frijol rojo criollo: 44
Tabla 16 Muestra 4. Variedad de frijol rojo criollo: 45
Tabla 17 Muestra 5. Variedad de frijol rojo criollo: 45
Tabla 18 Masa total tamizada de frijol rojo criollo: 45
Tabla 19 Perdidas de masa de frijol de la variedad rojo criollo, en la etapa final de tamizado:..... 45
Tabla 20 Balance de masa para frijol rojo criollo:..... 47
Tabla 21 Muestra 1. Variedad de frijol rojo retinto:..... 47
Tabla 22 Muestra 2. Variedad de frijol rojo retinto:..... 48
Tabla 23 Muestra 3. Variedad de frijol rojo retinto:..... 48
Tabla 24 Muestra 4. Variedad de frijol rojo retinto:..... 48
Tabla 25 Muestra 5. Variedad de frijol rojo retinto:..... 49
Tabla 26 Masa total tamizada de frijol rojo retinto:..... 49
Tabla 27 Perdidas de masa de frijol de la variedad rojo retinto, en la etapa final de tamizado:..... 49
Tabla 28 Balance de masa para frijol rojo retinto: 51
Tabla 29 Parámetros de granulometría:..... 59
Tabla 30 Brix y pH de Harinas de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto:..... 61
Tabla 31 Valor nutricional de la harina de frijol. 62

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Porcentaje de contenido de humedad 21
Ecuación 2 Porcentaje de rendimiento de la harina 21
Ecuación 3 Porcentaje de cenizas: 30
Ecuación 4 Porcentaje de cenizas de muestra 0: 31
Ecuación 5 Porcentajes de cenizas de muestra 1: 31
Ecuación 6 Porcentaje de cenizas de muestra 2: 31
Ecuación 7 Porcentaje de rendimiento: 59
Ecuación 8 Porcentaje de rendimiento de la harina de frijol rojo criollo 59
Ecuación 9 Porcentaje de rendimiento de la harina de frijol rojo retinto 60
Ecuación 10 % de humedad aparente 60
Ecuación 11 Cálculo de % de Humedad aparente para frijol rojo criollo: 60
Ecuación 12 Cálculo de % de Humedad aparente para frijol rojo retinto: 60
Ecuación 13 Porcentaje de cenizas: 61

I. INTRODUCCION

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) es una de las leguminosas más consumidas a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, destacando su contenido de proteínas, carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas y minerales esenciales. En Nicaragua, las variedades de frijol rojo criollo y frijol retinto poseen gran importancia cultural, económica y alimentaria, siendo parte fundamental de la dieta diaria y de la producción agrícola nacional.

En el ámbito de la tecnología de alimentos, el desarrollo de productos innovadores que diversifiquen el uso de cultivos tradicionales representa una oportunidad para fortalecer la seguridad alimentaria y añadir valor a las materias primas locales. La obtención de harina a partir de frijoles y su aplicación en la elaboración de galletas constituye una alternativa prometedora para promover una alimentación más nutritiva, accesible y sostenible.

Este trabajo se centra en evaluar el potencial de las variedades de frijol rojo criollo y frijol retinto como materias primas para la obtención de harina y su posterior incorporación en la formulación de galletas. A través de un diseño experimental que incluye la caracterización física y química de las harinas, así como la evaluación organoléptica de los productos terminados, se busca contribuir al desarrollo de opciones alimenticias innovadoras que combinen calidad sensorial y beneficios nutricionales.

La investigación también pretende explorar el impacto de estas variedades en términos de funcionalidad tecnológica y aceptación por parte de los consumidores, considerando las particularidades de su composición química y su potencial en la industria alimentaria. Los resultados obtenidos permitirán sentar las bases para futuras aplicaciones industriales y estrategias de aprovechamiento integral de este recurso agrícola.

II. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

1. Desarrollar galletas a escala de laboratorio utilizando harinas obtenidas de frijol rojo criollo y frijol retinto (Phaseolus vulgaris L.), evaluando sus características fisicoquímicas y organolépticas.

4.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar física y químicamente las harinas obtenidas de las variedades de frijol rojo criollo y frijol retinto, incluyendo propiedades como contenido de cenizas, humedad, diametro de particulas, pH y grados Brix.

2. Formular galletas a escala de laboratorio utilizando harina de frijol rojo criollo y frijol retinto.

3. Realizar una evaluación organoléptica de las galletas elaboradas con las harinas de las dos variedades, considerando aspectos como sabor, textura, color y aroma.

III. MARCO TEORICO

5.1 Generalidades

El Phaseolus Vulgaris o fríjol rojo criollo común en Nicaragua, es una planta anual, herbáceo, es uno de los cultivos más antiguos. Es una especie termófila, no soporta heladas y su cultivo se extiende desde el trópico hasta las zonas templadas, en dependencia de los sistemas de producción implementados se puede tener perdida en periodo de cosecha y durante el almacenamiento.

El frijol rojo se cultiva en diversas regiones de Nicaragua, adaptándose bien tanto a las tierras bajas del Pacífico como a las montañas del norte y centro del país. Las principales zonas productoras incluyen los departamentos de Estelí, Matagalpa, Jinotega, Nueva Segovia, y la Región Autónoma del Atlántico Norte **(RAAN)**

El frijol rojo, conocido científicamente como Phaseolus vulgaris, es originario de América Central y los Andes. Los frijoles en general han sido cultivados en estas regiones durante miles de años. Se cree que el frijol fue domesticado por primera vez en Mesoamérica y los Andes, donde se encuentran los parientes silvestres de la planta **(Hernández, J.C 2018)**

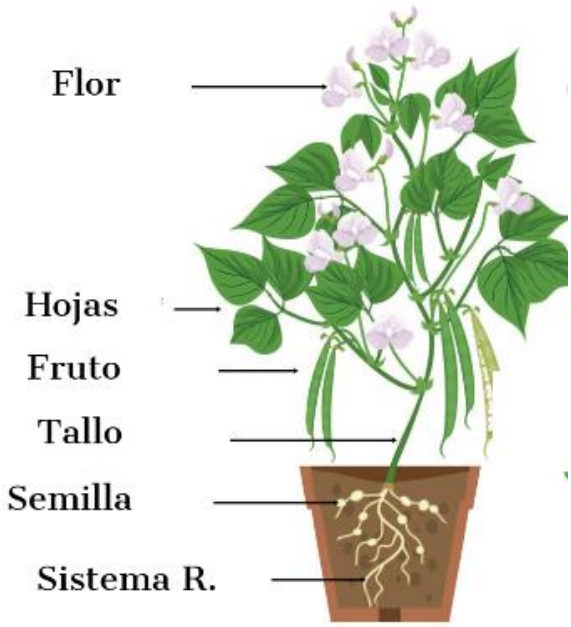
5.2 Morfología del frijol

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) presenta una morfología característica compuesta por diversas estructuras externas e internas, cada una con funciones específicas relacionadas con la protección, almacenamiento de nutrientes y desarrollo del embrión. Entre las partes más importantes se encuentran el tegumento, el hilo, el micrópilo, los cotiledones y el embrión. La comprensión de estas estructuras es fundamental para el estudio de sus propiedades físicas y funcionales. La figura 1 ilustra detalladamente la morfología del frijol, facilitando la identificación de cada una de sus partes **(Araya & Gutiérrez, 2015)**

1. **Sistema radicular:** raíces poco profundas, constituido por raíces secundarias con elevado grado de ramificación.
2. **Tallo:** herbáceo de porte erguido, altura de 2 a 3 m. En variedades enanas alcanzan de 30 a 40 cm.
3. **Hoja:** sencilla, lanceolada y acuminada, de tamaño variable según la variedad.

4. **Flor:** amariposada de diversos colores, presentan racimos de 4 a 8, pedúnculos que nacen en las axilas de las hojas y terminan en algunos tallos.
5. **Fruto:** vaina de color, forma y dimensiones variables, disponen de 4 a 6 semillas.
6. **Semilla:** oblonga, arriñonada de muy diversos colores y tamaños, usualmente de 1 a 2 cm.

Figura 1 Estructura de la planta de frijol



Fuente: Elaboración propia

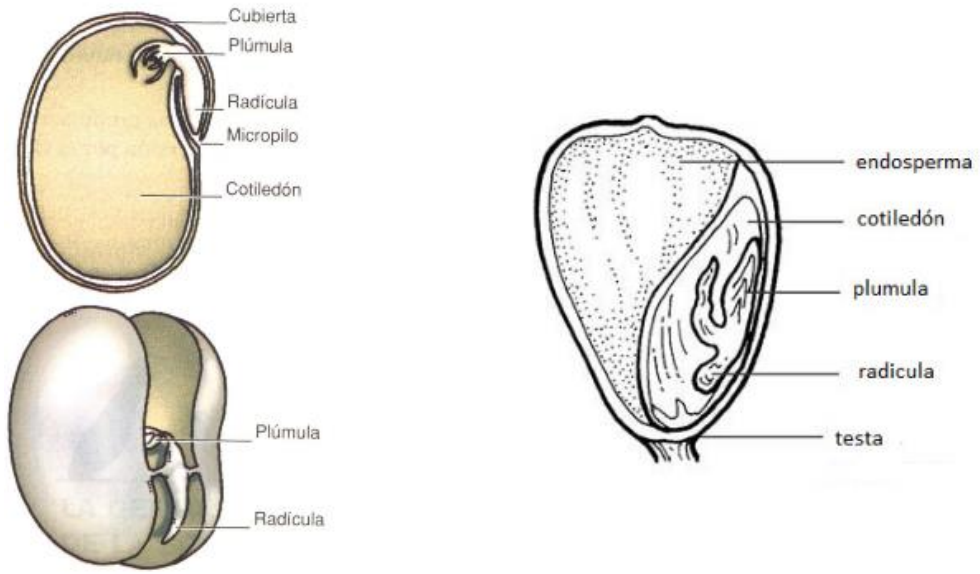
5.3 Partes de la semilla de frijol

La semilla consta de diferentes partes, cada una especializada en una función específica. Estas partes desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y protección del embrión vegetal. Las principales estructuras de la semilla y sus respectivas funciones se describen a continuación y se ilustran en la figura 2.

1. **Embrión:** El embrión es la nueva planta contenida en la semilla. Es muy pequeña y se encuentra en estado de letargo. A su vez se compone de:
2. **Radícula:** constituye la primera raíz rudimentaria en el embrión. A partir de la radícula se forman raíces secundarias y pelillos que mejoran la absorción de los nutrientes.

3. **Plúmula:** es la yema localizada en el lado opuesto a la radícula.
4. **Hipocotilo:** esta estructura representa el espacio entre la radícula y la plúmula. Posteriormente con la germinación de las semillas esta parte se convertirá en el tallo de la planta.
5. **Cotiledón:** esta estructura formará la primera o las dos primeras hojas de la planta. El número de cotiledones de una semilla es un método de clasificación de una planta. Así, se dividen en monocotiledóneas y dicotiledóneas.
6. **Endospermo:** el endospermo constituye la reserva de alimento de una semilla, habitualmente es almidón. También se denomina albumen.
7. **Epispermo:** el epispermo es una capa externa y protege a la semilla del medio ambiente. En gimnospermas consta de una capa llamada testa, mientras que en angiospermas son dos, con una capa llamada tegumen por debajo de la testa.
8. **Cubierta:** también llamada tegumento, envoltura o cáscara y se trata de una capa que envuelve y protege la parte central de la semilla y le permite intercambiar agua con el medio externo.
9. **Micropilo:** Es una parte de gran importancia en la fecundación de la semilla y permite que el agua ingrese a la semilla durante la germinación.

Figura 2 Partes de la semilla de frijol



Fuente: Eco Agricultor (2021)

5.4 Taxonomía del frijol

1. Género: Phaseolus
2. Especie: Phaseolus vulgaris L.
3. Subfamilia: Papilionoidene
4. Tribu: Phaseolac
5. Familia: leguminoseae
6. Subtribu: Phascolinae
7. Reino: Plantae

5.5. Composición química y nutricional del frijol

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales *ver tabla 1* **(Dr. José Armando U., 2011)**

El frijol común es actualmente considerado un alimento funcional gracias a su importante contenido de compuestos bioactivos como los polifenoles, lectinas, inhibidores de tripsina, oligosacáridos, fibra dietaría (soluble/insoluble) y almidón resistente **(Luna Vital 2015)**

5.6 Variedad de frijol rojo criollo

El frijol rojo criollo es ampliamente cultivado en Nicaragua debido a su adaptación a diferentes zonas agroecológicas. Es el tipo de frijol más consumido en el país, principalmente por su textura y sabor que se adapta bien a los platillos tradicionales la tabla 3 nos muestra las características agronómicas del frijol rojo criollo.

Características principales:

1. **Grano:** Pequeño a mediano, de color rojo intenso.
2. **Sabor:** Muy apreciado en la gastronomía nicaragüense, ideal para sopas y guisos.
3. **Ciclo de cultivo:** Generalmente de 70 a 90 días.
4. **Resistencia:** Algunas variedades criollas son más resistentes a enfermedades locales, aunque suelen ser menos productivas que las variedades mejoradas.
5. **Rendimiento:** Varía según las condiciones, pero generalmente menor que las variedades comerciales mejoradas.

6. **Adaptabilidad:** Crece bien en zonas de clima cálido y húmedo, con suelos bien drenados y ricos en materia orgánica.

Tabla 1 Composición química del frijol (Phaseolus vulgaris L.)

Componente químico	Componente
Proteína (%)	16-33
Carbohidratos (%)	60-50
Fibra dietaría (%)	14-19
Almidón (%)	35-60
Fibra soluble (%)	3.3-7.6
Fibra insoluble (%)	0.1-13.1
Lisina	8.7 g /100 g
tirosina	5.3 – 8.2 g /100 g
Cisteína y Metionina	2.24-2.53 g/100 g
Calcio (mg)	100.1
Magnesio (mg)	113.7
Manganeso (mg)	1.18
Zinc (mg)	4.7
Potasio (mg)	846.4
Hierro (mg)	4.87

Nota. Fuente: Todos los valores se dan por cada 100 g en base seca de la semilla. Valores de los minerales superiores a 0.1 mg (Espinoza-García et al., 2016)

Tabla 2 Características agronómicas frijol rojo criollo

Nombre de la variedad	Frijol rojo criollo
Color del grano	Rojo brillante
Días a floración (días)	34 – 36
Días a cosecha (días)	76 – 78
Hábitos de crecimiento	Arbustivo indeterminado, guía corta
Rango de adaptación (msnm)	0 – 1200

Fuente: Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria INTA

5.7 Variedad de frijol retinto

El frijol retinto es una variedad de Phaseolus vulgaris que destaca por su color característico y resistencia. Aunque no es tan popular como el frijol rojo criollo en Nicaragua, es cultivado en menor escala y tiene ciertas ventajas *ver tabla 4*.

Características principales:

1. **Grano:** De tamaño mediano a grande, con un color oscuro, casi negro o marrón rojizo (de ahí su nombre "retinto").
2. **Ciclo de cultivo:** Entre 75 y 90 días, dependiendo de la variedad específica.
3. **Adaptabilidad:** Resiste climas cálidos y suelos con menor fertilidad, lo que lo hace adecuado para zonas marginales.
4. **Uso:** Aunque menos consumido en la gastronomía tradicional nicaragüense, se utiliza en guisos y como complemento alimenticio.
5. **Resistencia:** Generalmente más tolerante a plagas y enfermedades como el mosaico común del frijol.

Tabla 3 Características Agronómicas

Resistencia	
Mosaico común	Resistente
Mosaico dorado	Resistente
Mustia hilachosa	Tolerante
Baja humedad	Resistencia
Alta temperatura	Tolerante

Fuente: Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria INTA

Tabla 4 Características de la variedad frijol retinto

Nombre de la variedad	Frijol retinto
Hábito de crecimiento	Arbustivo con guía corta
Días de floración	38 – 42
Color de la flor	Morado
Días de madurez fisiológica	74 – 76
Días a cosecha	80 – 84
Color del grano	Negro opaco semi brillante
Forma del grano	Alargado arriñonado
Peso de 100 Semillas (gramos)	20 – 22
Número de semilla por vaina	6 – 8
Número de vainas por plata	18 – 25
Color de la vaina seca	Crema
Adaptación (msnm)	150 – 500
Rendimiento comercial (gg/mz)	22 – 24
Rendimiento potencial (gg/mz)	35

Fuente: Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria INTA

5.8 HARINA

La harina es un polvo fino de origen vegetal que se obtiene de la molienda de distintos cereales y de otros alimentos ricos en almidón. Tiene uso doméstico e industrial para elaboración de alimentos**. (OISS 2019)**

Producto de la molienda de los granos de trigo o de otro cereal (avena, espelta, maíz, arroz o centeno) o de ciertos vegetales harinosos o leguminosas (castañas, habas, lentejas, garbanzos, alforfón o soya). La denominación de harina, sin más precisión, designa el producto obtenido de la molienda del grano de trigo. En el caso de otro grano, en la etiqueta se debe mencionar el cereal del que se ha extraído.

La harina se utiliza en panadería, pastelería y cocina. En Europa se pueden encontrar diferentes calidades de harina, que corresponden a usos específicos según sus proteínas, humedad, etc. Entre éstas tenemos a la harina ordinaria, la harina de pastelería, la harina superior y la harina completa. **(Larousse 2018)**

5.9 GALLETA

La galleta (del francés galette) es una preparación culinaria de pequeño tamaño, dulce, salada o agridulce, horneada y hecha normalmente a base de harina de trigo, huevos, azúcar, mantequilla o aceites vegetales o grasas animales. Puede incluir más ingredientes como otros cereales, pasas, frutos secos, chocolate, saborizantes como la vainilla, el amaranto y el coco entre muchos otros. Pertenece a la repostería.

Según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03 039-10, que regula las especificaciones sanitarias y de calidad en la panificación, las galletas se definen como un producto alimenticio preparado principalmente a partir de una mezcla de harina, grasas, aceites comestibles o sus combinaciones, y agua. Este producto puede incluir aditivos como azúcares, rellenos u otros ingredientes opcionales que enriquecen su sabor y propiedades. Los ingredientes adicionales pueden variar dependiendo del tipo de galleta, ya que en algunos casos se agregan aditivos para mejorar la textura, conservación o sabor **(NTON, 2010)**

El proceso de fabricación incluye la mezcla de estos ingredientes, seguida de un horneado que transforma la masa en un producto crujiente. Una de las características distintivas de las galletas es su bajo contenido de agua, lo que contribuye a su larga vida útil y su textura particular. Estas especificaciones aseguran que el producto final cumpla con los estándares sanitarios y de calidad establecidos para su consumo.

5.10 Descripción del proceso de obtención de harina de frijol

5.10.1 Recepción de la materia prima

Se recibe la materia prima fundamental para el proceso de obtención de harina de frijol rojo criollo y frijol retinto. La materia prima deberá cumplir con los estándares de calidad para su debido procesamiento de los cuales son de suma importancia sus características organolépticas, se hará una inspección visual de control de calidad para tener una información veraz de que la materia prima está en óptimas condiciones.

5.10.2 Pesado

La materia prima tiene que ser pesada en una báscula industrial para definir las proporciones en medidas de 1 kg, el pesado de la materia prima y las muestras serán para llevar las proporciones exactas.

5.10.3 Selección y limpieza de granos

La selección y limpieza de los granos de frijol tienen como objetivo garantizar la calidad del producto final y la seguridad del proceso de producción. Esta selección tiene como objetivo eliminar las impurezas o contaminantes físicos tales como piedras, hojas, tallos, vidrios, plásticos y granos defectuosos

5.10.4 Lavado

El lavado es para eliminar impurezas externas, como tierra, polvo, residuos químicos y microorganismos presentes en la superficie de los granos. Este procedimiento asegura la inocuidad del producto, mejora su calidad y facilita los pasos posteriores en la cadena de procesamiento. Además, contribuye a cumplir con los estándares sanitarios y normativos de la industria alimenticia, garantizando un producto final seguro y apto para el consumo **(FAO, 2018)**

5.10.5 Secado

El secado es primordial para reducir el contenido de humedad de los granos a niveles óptimos para garantizar su calidad, seguridad y vida útil. Se realiza un secado al aire libre con ventilación natural, con una reducción de humedad que inhibe el crecimiento de mohos, bacterias y levaduras, previniendo la descomposición del producto, los granos secos son más adecuados para molienda, cocción o transformación en productos derivados, como harinas. **(Gutiérrez, J., 2018)**

5.10.6 Tostado de granos

El tostado de los granos de frijol a 180°C es un proceso que mejora la calidad y funcionalidad de la harina. Sus objetivos son eliminar compuestos anti nutricionales, mejorar el sabor y aroma, facilitar la molienda, incrementar la estabilidad del producto y optimizar propiedades funcionales como la capacidad de absorción de agua. Este

procedimiento se realiza a temperatura controlada durante 120 minutos con agitación constante para garantizar uniformidad **(García & Mendoza, 2017)**

5.10.7 Enfriamiento

El enfriamiento se realiza inmediatamente después del tostado para detener el efecto del calor residual, evitar el sobrecalentamiento y prevenir la condensación de humedad. Este proceso garantiza que los granos mantengan su calidad sensorial y funcional, al tiempo que reduce el riesgo de deterioro microbiológico.

El enfriamiento adecuado también es fundamental para preservar la calidad del grano durante su almacenamiento, ya que una temperatura elevada podría acelerar el deterioro del producto final **(FAO, 2018)** Además, ayuda a mantener la textura y la estabilidad de la harina que se obtendrá posteriormente **(Pérez, 2019)**

5.10.8 Molienda

La molienda es una etapa fundamental en la producción de harina, cuyo propósito principal es reducir el tamaño de los granos para transformarlos en partículas más pequeñas y uniformes.

La reducción de tamaño se realiza utilizando un molino de disco, que opera mediante la compresión y cizalladura generadas por discos abrasivos en movimiento. Este mecanismo tritura los granos tostados, reduciendo su tamaño a partículas finas desde 60 – 100 (µm) **(Ramírez, 2016)**

5.10.9 Tamizado

Es una etapa crítica en su procesamiento que tiene como objetivo garantizar una granulometría uniforme y adecuada para su uso en aplicaciones alimenticias. Este proceso consiste en pasar la harina a través de tamices o mallas con aberturas específicas, separando las partículas según su tamaño. Las partículas más finas atraviesan el tamiz **(Luz Garcés, 2017)**

5.10.10 Mezclado

El mezclado de harina de frijol con ingredientes como levadura, huevo, vainilla, azúcar y leche es una etapa clave en la elaboración de galletas, ya que permite la integración

homogénea de los componentes para obtener una masa con las propiedades deseadas. En esta etapa, la harina de frijol se combina con los ingredientes secos y líquidos en proporciones específicas para asegurar una textura adecuada y una estructura adecuada para la cocción en un horno.

5.10.11 Horneado

El horneado de las galletas elaboradas con harina de frijol es el proceso final que transforma la masa cruda en un producto cocido, con la textura y el sabor deseados. Durante el horneado, la temperatura y el tiempo deben ser controlados para garantizar una cocción uniforme y evitar que las galletas se quemen o queden crudas por dentro. Generalmente, el proceso se lleva a cabo a temperaturas entre 150 °C, durante un tiempo de aproximadamente 10 a 15 minutos, dependiendo del tamaño y grosor de las galletas **(Martínez et al., 2019)**

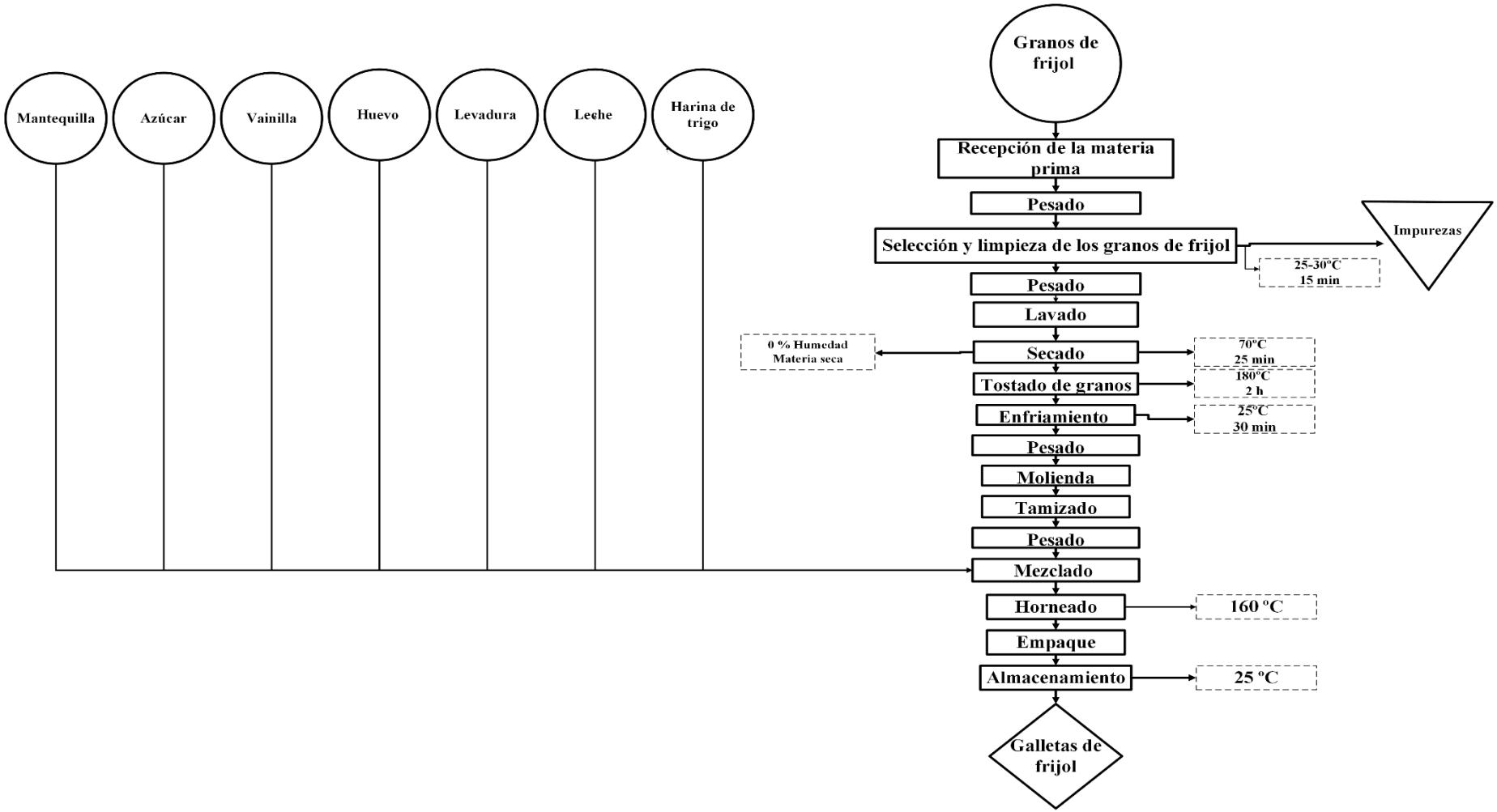
5.10.12 Empaque

El empaque de las galletas elaboradas con harina de frijol es una etapa para garantizar la conservación del producto, preservar sus características organolépticas (como sabor, textura y aroma) y extender su vida útil. El empaque adecuado protege las galletas de factores externos como humedad, aire, luz y contaminación microbiológica, que pueden afectar su calidad.

5.10.13 Almacenamiento

El almacenamiento de las galletas elaboradas con harina de frijol es un proceso crucial para garantizar su calidad, frescura y seguridad alimentaria a lo largo del tiempo. Para mantener las propiedades sensoriales y nutricionales de las galletas, es fundamental almacenarlas en condiciones adecuadas de temperatura, humedad y protección contra contaminantes. Las galletas deben ser guardadas en un ambiente fresco y seco, a temperaturas que oscilen entre 25 °C, para evitar la formación de moho y la degradación de los ingredientes **(Pérez & López, 2017)**

5.10.14 Proceso de Obtención de Harina de Frijol



Fuente: Elaboración propia.

5.11 Aplicaciones de la Harina de Frijol en la Industria Alimentaria

Las tecnologías de alimentos a base de harina de frijol son una alternativa para el combate de alimentos chatarra o de pobre calidad nutricional que se encuentran en el mercado (Dr. Juan José Figueroa) quien informó que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a través de su Campo Experimental Zacatecas, ha desarrollado diferentes tecnologías de alimentos con harinas compuesta de frijol y cereales.

La harina de frijol rojo **(Phaseolus vulgaris L.)** ha encontrado aplicaciones prometedoras en la industria alimenticia debido a su valor nutricional, funcionalidad y potencial en la mejora de productos alimenticios.

5.12 Fuente de Proteínas Vegetales

La harina de frijol rojo es rica en proteínas (20-25%) y contiene todos los aminoácidos esenciales, aunque es baja en metionina. Sin embargo, al combinarse con otros ingredientes, como cereales (ricos en metionina), puede formar una proteína completa, lo que la hace valiosa en productos vegetarianos y veganos, como sustitutos de carne, hamburguesas vegetales, embutidos y productos lácteos no animales.

En particular, la proteína del frijol rojo tiene una alta digestibilidad cuando es procesada correctamente (remojada y cocida), y su uso en combinación con otras harinas o proteínas vegetales puede enriquecer productos como leches vegetales, yogures y otros productos dirigidos a consumidores con dietas restringidas.

5.13 Aporte de Fibra Dietética

La fibra dietética en la harina de frijol rojo (5-7%) está compuesta principalmente de fibra insoluble, que promueve la salud digestiva al mejorar la motilidad intestinal y prevenir el estreñimiento. Este alto contenido de fibra hace que la harina de frijol rojo sea ideal para la formulación de productos ricos en fibra, como panes integrales, galletas, snacks saludables y barras energéticas.

La fibra también tiene propiedades prebióticas, es decir, promueve el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino, lo cual es esencial para mantener un microbiota intestinal saludable. Además, se ha demostrado que el consumo de fibra proveniente del frijol ayuda a regular los niveles de glucosa en sangre, por lo que se utiliza en productos destinados a personas con diabetes.

5.14 Uso en Panificación y Productos de Panadería

La harina de frijol rojo es ampliamente utilizada en la industria de la panificación para mejorar el valor nutricional de productos a base de cereales, especialmente pan. Al ser mezclada con harina de trigo en proporciones variables (generalmente entre 10-30%), se incrementa el contenido proteico, así como la calidad sensorial del producto final, como el volumen, color y sabor.

En estudios sobre panificación, la adición de harina de frijol ha mostrado mejorar la retención de agua y el desarrollo de la miga, lo que resulta en un pan más suave y con mejor textura. Además, puede prolongar la vida útil de los productos al reducir la velocidad de endurecimiento.

5.15 Productos sin Gluten

La harina de frijol rojo, al ser naturalmente libre de gluten, se ha convertido en un ingrediente clave para la industria de productos sin gluten. Se utiliza en la elaboración de panes, galletas, muffins y otros productos horneados sin gluten para personas con intolerancia al gluten o celiaquía.

Uno de los desafíos en la producción de productos sin gluten es mantener la estructura y textura características del pan. La harina de frijol rojo, gracias a su contenido de proteínas y fibra, puede ayudar a formar una red estructural que imita las propiedades del gluten, mejorando la textura y el volumen de productos horneados.

5.16 Polvos Proteicos y Bebidas Funcionales

La harina de frijol rojo es un ingrediente clave en la elaboración de polvos proteicos y bebidas funcionales para deportistas y personas con dietas restringidas. Las proteínas vegetales de la harina tienen un perfil de aminoácidos favorable, incluyendo una alta concentración de lisina, lo cual es beneficioso para aquellas personas que necesitan aumentar su ingesta de proteínas de origen vegetal.

Además, los productos elaborados con harina de frijol rojo tienen un bajo índice glucémico, lo cual los hace adecuados para deportistas que buscan productos que proporcionen energía de liberación lenta. Se pueden utilizar en batidos proteicos, mezclas de suplementos y bebidas energéticas.

5.17 Productos Fortificados y Funcionales

La harina de frijol rojo se emplea también en productos fortificados y alimentos funcionales debido a su alto contenido en vitaminas del complejo B, minerales (hierro, zinc, magnesio) y antioxidantes, particularmente compuestos fenólicos. Esto la convierte en un ingrediente adecuado para productos destinados a mejorar la salud cardiovascular y la respuesta inmunitaria.

Además, la adición de harina de frijol rojo a productos procesados puede aumentar el valor nutricional de alimentos comúnmente consumidos, como pastas, fideos instantáneos, barras de cereal y sopas instantáneas.

5.18 Propiedades Funcionales en Productos Procesados

La harina de frijol rojo también tiene aplicaciones en la mejora de la textura, viscosidad y estabilidad de productos procesados, como salsas, sopas y alimentos congelados. Las propiedades espesantes de la harina, debido a su capacidad de absorción de agua y formación de gel, son útiles para formular productos que requieren una textura más densa y uniforme. Además, mejora la retención de humedad, lo que contribuye a la estabilidad del producto durante su almacenamiento y prolonga su vida útil.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación y Condiciones Operacionales

La investigación se llevará a cabo en el laboratorio de operaciones unitarias de la residencia de la UNI central, conocido como RUSB. Este laboratorio no está climatizado, lo que implica que las condiciones operacionales estarán determinadas por la temperatura ambiente. El rango de temperatura esperado estará en función de las condiciones climáticas locales durante el período de investigación.

Las pruebas y procesos se realizarán utilizando los equipos disponibles en el laboratorio, los cuales han sido adaptados a las condiciones operativas actuales del espacio.

El flujo de trabajo se ajustará en base a estos parámetros ambientales, garantizando que los procedimientos sigan siendo representativos de las condiciones operativas típicas del entorno.

6.2 Recolección de Materia Prima

Se adquirieron las variedades de frijoles de criollo rojo y retinto, garantizando que cumplan con las especificaciones de la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 16 002-00. Los frijoles se seleccionaron eliminando impurezas visibles, como piedras, hojas y granos defectuosos, asegurando su calidad inicial *ver tabla 5.*

El muestreo fue aleatorio y se realizaron en dos etapas:

Primera etapa: Inspección visual para descartar granos dañados o contaminados.

Segunda etapa: Análisis de humedad inicial, determinado mediante un medidor de humedad calibrado a 25 °C.

NTON 16-001-13 Norma técnica obligatoria nicaragüense de especificaciones de calidad de frijol:

Tabla 5 Parámetros de calidad del frijol

Parámetros	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Tiempo de cocción (m)	80	95	120
Impurezas (%)	0.20	0.50	0.80
Contraste total (%)	1.50	3.00	4.00
Otros granos (%)	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
Granos defectuosos (%)	0.23	0.80	2.00
Deshidratado	0.50	1.00	2.00
Granos con Hongos	0.50	0.80	1.00
Granos por insectos	0.20	1.00	2.00
Germinado	0.20	0.60	1.00
Daño por calor	0.10	0.30	0.50
Granos dañados (%)	1.50	3.70	6.50
Merma total	3.50	8.50	13.80
Dudosamente infestado (Unid.)	5.00	3.00	0.00

Fuente: (MIFIC 2013)

6.3 Proceso de Obtención de Harina

6.3.1 Limpieza

Los frijoles fueron lavados con agua potable para eliminar residuos de polvo, suciedad y microorganismos adheridos. El proceso se realizará utilizando:

1. Agua a una temperatura de 25-30 °C.
2. Tres ciclos de lavado con agitación manual.

3. Posteriormente, se dejo escurrir a temperatura ambiente (25 °C) en un colador estéril durante 15 minutos.

6.3.2 Secado

Los frijoles se deshidrataron en un horno con ventilación forzada a 70 °C durante 20 – 25 minutos, siguiendo las recomendaciones de la Norma NTON 03 039-10 para prevenir contaminación microbiológica y asegurar la estabilidad del producto.

Humedad final esperada: <12%.

Equipos necesarios: Horno de secado, bandejas de acero inoxidable.

6.3.3 Molienda y Tamizado

Los frijoles secos se molieron utilizando un molino de discos ajustado para obtener un tamaño de partícula uniforme.

El proceso incluyo:

1. Primera molienda: Ajuste grueso.
2. Segunda molienda: Ajuste fino.

6.4 Caracterización Física y Química de las harinas

6.4.1 Contenido de Humedad

1. Norma Aplicada: AOAC 925.10 (2016) y NTON 03 015-01

Procedimiento**:**

1. Pesar el peso inicial de la muestra.
2. Secar en horno a 105 °C ± 2 °C hasta peso constante (aproximadamente 3-4 horas).
3. Calcular el contenido de humedad como porcentaje del peso inicial.

Ecuación 1 Porcentaje de contenido de humedad

$$\%H = \left(\frac{Peso\ inicial - Peso\ seco}{Peso\ inicial}\right) x\ 100$$

6.4.2 Cenizas Totales

1. Norma Aplicada: AOAC 923.03 (2016).

Procedimiento:

1. Pesar 3 g de harina en crisoles de porcelana.
2. Calcinación en mufla a 550 °C durante 4 horas o hasta que los residuos sean blancos o grises claros.
3. Calcular el porcentaje de cenizas respecto al peso inicial.

6.4.3 Porcentaje de rendimiento de la harina

El rendimiento de la harina se calcula como la relación entre la cantidad de harina obtenida y el peso de la materia prima utilizada, expresado en porcentaje de molienda y las condiciones de producción **(López et al., 2020)**

Ecuación 2 Porcentaje de rendimiento de la harina

$$\%\ de\ rendimiento = \frac{Masa\ de\ harina\ obtenida}{Masa\ de\ materia\ prima\ inicial * fracción\ comestible}\ X\ 100$$

6.4.4 Tamaño de Partícula

1. Norma Aplicada: ASTM E11-17 y NTON 03 015-01.

Procedimiento:

1. La harina obtenida se tamizó en un equipo tamizador RO-TAP RX-29 con numero de mallas No 20, No. 35, No. 50, No.80, No. 140, No. 230 para separar partículas gruesas y garantizar uniformidad.

2. Usar tamiz estándar con diámetros de apertura por tamaño de malla.
3. Pasar 50 g de harina por el tamiz más fino y pesar las fracciones retenidas.

6.4.5 Determinación del pH

El pH de las muestras de harina se determinó mediante la técnica de medición directa con potenciómetro. Para ello, se preparó una suspensión al 10% (p/v) de harina en agua destilada, la cual se agitó durante 10 minutos y se dejó reposar por 5 minutos antes de realizar la lectura con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones tampón de pH 4.0 y 7.0, siguiendo el método descrito por **AOAC (2005)**

6.4.6 Determinación de grados Brix

Se utiliza un refractómetro digital para medir el contenido de grados Brix. Para ello, se preparó una disolución al 10% (p/v) de la harina con agua destilada, la mezcla se agitó y se dejó reposar durante 5 minutos. Posteriormente, se filtró y se tomó una alícuota para su lectura en el refractómetro. Este procedimiento está basado en la metodología propuesta por **Pomeranz & Meloan (1994)** para la medición de sólidos solubles en soluciones alimentarias.

6.5 Desarrollo de las Galletas

Se desarrolló una formulación de acuerdo al nivel de formulación entre harina de frijol y trigo considerando las dos variedades de frijol.

6.5.1 Formulación y Diseño del experimento

Tabla 6 Diseño de experimento con harina de frijol rojo criollo con una relación de harina de trigo

Diseño de experimento para harina de frijol rojo criollo con harina de trigo							
Muestra Nº 1		**Muestra Nº 2**		**Muestra Nº 3**		**Muestra Nº 4**	
F:30 T:70		F:50 T:50		F:70 T:30		F:100	
T (ºC)	**t (min)**	**T (ºC)**	**t (min)**	**T (ºC)**	**t (min)**	**T (ºC)**	**t (min)**
160	20	160	20	160	15	160	15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 Diseño de experimento con harina de frijol rojo retinto con una relación de harina de trigo

Diseño de experimento para harina de frijol rojo retinto con harina de trigo							
Muestra Nº 1		**Muestra Nº 2**		**Muestra Nº 3**		**Muestra Nº 4**	
F:30 T:70		F:50 T:50		F:70 T:30		F:100	
T (ºC)	**t (min)**	**T (ºC)**	**t (min)**	**T (ºC)**	**t (min)**	**T (ºC)**	**t (min)**
160	15	160	15	160	15	160	15

Fuente: Elaboración propia.

La formulación para realizar las galletas:

1. Harina de frijol: 30, 50, 70 ,100%.
2. Harina de trigo: 70, 50, 30, 0%.
3. Mantequilla
4. Azúcar
5. Huevo
6. Levadura química

7. Vainilla
8. Leche.

6.5.2 Mezclado y Horneado

El proceso seguirá estos pasos:

1. Mezclar los ingredientes secos (harina de frijol, harina de trigo, azúcar, levadura) en un tazón grande.
2. Agregar la mantequilla, vainilla y el huevo, mezclando hasta obtener una masa homogénea.
3. Incorporar leche gradualmente para ajustar la consistencia de la masa.
4. Moldear las galletas con un diámetro de 5 cm y un grosor de 1 cm.
5. Hornear en una bandeja con papel antiadherente a 160 °C **(Ccc, 2022)** definiendo un rango de 10 y 12 minutos para el diseño muestral.
6. Dejar enfriar a temperatura ambiente antes de empacar.

6.6 Evaluación Física y Organoléptica de las galletas

6.6.1 Evaluación Física

Se realizaron medidas:

1. **Espesor:** 2.6 cm
2. **Peso promedio:** 3.7g

6.6.2 Evaluación Organoléptica de la galleta a base de harina de frijol rojo criollo y retinto

Se realizó un análisis sensorial **(Watts & Centre, 1992)**

Para evaluar:

1. Sabor
2. Aroma
3. Textura
4. Color

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante el desarrollo experimental se evaluó el rendimiento del proceso de tamizado de la harina de frijol rojo criollo y harina de frijol rojo retinto, con el objetivo de obtener una granulometría homogénea y adecuada para su posterior utilización en la elaboración de galletas a escala de laboratorio. El proceso de tamizado se realizó a temperatura ambiente, utilizando el equipo Ro-Tap RX-29, con tiempos de operación de 15 y 20 minutos, según el tratamiento evaluado.

Los resultados obtenidos evidenciaron que las pérdidas de masa durante el tamizado estuvieron influenciadas principalmente por el tiempo de operación del equipo y la masa inicial de la harina. En los tratamientos realizados durante 15 minutos, las pérdidas de masa fueron mínimas, registrándose valores tan bajos como 214 g, lo cual indica una eficiencia considerable del proceso de clasificación granulométrica.

Al incrementar el tiempo de tamizado a 20 minutos, se observaron mayores pérdidas de masa, destacándose una muestra con una pérdida de 214 g, atribuida a una mayor fricción mecánica y vibración del sistema, lo que favoreció la dispersión de partículas finas y pérdidas físicas del material.

Estos resultados confirmaron que tiempos de operación prolongados no necesariamente mejoran la eficiencia del tamizado, sino que pueden incrementar las pérdidas de material.

7. Rendimiento del proceso de tamizado

El rendimiento del proceso de tamizado presentó valores moderados, comprendidos entre 52.37 % y 59.7 %, lo que evidencia la eficiencia del equipo Ro-Tap RX-29 para la obtención de harina de frijol con granulometría uniforme.

Los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos realizados durante 15 minutos, donde se alcanzaron valores superiores al 52.37 %, indicando que este tiempo permitió una adecuada separación de partículas, minimizando pérdidas de material y garantizando una harina apta para la elaboración de galletas.

Los resultados obtenidos demostraron que la harina de frijol rojo criollo y la harina de frijol retinto presentaron un comportamiento favorable durante el proceso de tamizado a temperatura ambiente, permitiendo la obtención de una harina homogénea y tecnológicamente adecuada.

La selección de un tiempo de 15 minutos se consideró óptima, ya que permitió alcanzar altos rendimientos con mínimas pérdidas de masa. Una granulometría uniforme favoreció posteriormente la integración de la harina de frijol con la harina de trigo, mejorando la consistencia de la masa durante la formulación de las galletas.

Tabla 8 Resultado de la Harina de frijol con las dos variables:

Muestra	masa (g) inicial	Temperatura (°C)	tiempo (t)	Perdidas (g)	Rendimientos (%)
1	500	160	20	263	47,4
2	500	160	20	214	57,2
3	500	160	15	293	41,4
4	500	160	15	312	37,6
5	500	160	15	334	33,2
6	928	160	20	442	52,37
7	1000	160	15	484	51,6
8	1000	160	15	565	56,5
9	1000	160	15	578	57,8
10	1000	160	15	597	59,7
11	322	160	15	119	63,0

Fuente: Elaboración propia.

7.1. Evaluación del proceso de horneado de las galletas

Posteriormente, se evaluó el comportamiento de las galletas durante el proceso de horneado, el cual se realizó a una temperatura constante de 160 °C, con tiempos de cocción controlados. Este proceso permitió analizar el efecto de la temperatura y el tiempo sobre las características físicas y sensoriales del producto final.

Durante el horneado, se observó que el control adecuado del tiempo fue determinante para obtener galletas con textura crocante, color uniforme y aroma característico, sin generar pérdidas excesivas de humedad. Un tiempo de horneado controlado favoreció la eliminación parcial de agua, necesaria para el desarrollo de la cronch, sin afectar negativamente la estructura del producto.

Las formulaciones elaboradas con 30 % y 50 % de harina de frijol, especialmente aquellas que incorporaron harina de frijol retinto, presentaron un mejor desempeño durante el horneado, evidenciando una estructura estable y características sensoriales superiores en términos de sabor, aroma, textura.

El comportamiento observado durante el horneado confirmó que la incorporación de harina de frijol no afectó negativamente la estabilidad del producto, siempre que se mantuvieran condiciones controladas de temperatura y tiempo. La temperatura de 160 °C permitió el desarrollo adecuado de color y aroma, asociados a reacciones de pardeamiento no enzimático.

Asimismo, el adecuado control del horneado permitió potenciar las características sensoriales de las galletas, lo que se reflejó en una mayor aceptación de las formulaciones con 30/70 y 50/50 de harina de frijol y harina de trigo, respectivamente.

En conjunto, los resultados evidenciaron que tanto el proceso de tamizado como el proceso de horneado constituyen etapas críticas en el desarrollo de galletas a base de harina de frijol, influyendo directamente en la calidad física, sensorial y tecnológica del producto final.

Tabla 9 Resultado de la Harina de frijol con las dos variables*:*

Muestras	masa (g) inicial	masa (g) finales
1	500	263
2	500	214
3	500	293
4	500	312
5	500	334
6	928	442
7	1000	484
8	1000	565
9	1000	578
10	1000	597
11	322	119

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Resultados de pH y °Brix

En cuanto a los °Brix, los resultados oscilaron entre 2,7 y 4,7 °Brix, con un valor promedio cercano a 3,8 °Brix, lo que evidenció una concentración moderada de sólidos solubles. Este contenido resultó favorable para el desarrollo de color, aroma y sabor durante el horneado, debido a su participación en las reacciones de pardeamiento no enzimático.

En conjunto, los valores de pH y °Brix confirmaron que la harina de frijol rojo criollo y la harina de frijol rojo retinto presentaron condiciones fisicoquímicas adecuadas para su incorporación en la elaboración de galletas, respaldando la viabilidad técnica de su uso como materia prima alternativa a escala de laboratorio.

Tabla 10 Resultado de la Harina de frijol con las dos variables brix y pH:

Muestras	°Brix	pH
0	3,7	6,63
1	4,3	6,7
2	4,7	6,69
3	2,8	6,56
4	3,2	6.64
5	4,6	6.72
6	4,5	6,71
7	3,4	6,58
8	3,2	6,65
9	4,3	6,73
10	4,4	6,73
11	2,7	6,63

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Contenido de cenizas

El contenido de cenizas se determinó para estimar la fracción mineral de la harina de frijol. Los valores obtenidos fueron como lo muestra la ecuación 3, lo que evidenció una composición mineral relativamente homogénea entre las muestras analizadas.

Estos resultados son característicos de harinas de leguminosas y representan un aporte nutricional relevante, sin afectar el comportamiento tecnológico de la harina durante la formulación y horneado de las galletas. En consecuencia, el contenido de cenizas obtenido confirmó la idoneidad de la harina de frijol para su utilización como ingrediente alternativo en productos de panificación a escala de laboratorio.

Ecuación 3 Porcentaje de cenizas:

$$\%Cenizas = \left(\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}\right) x\ 100$$

El porcentaje de cenizas **(%C)**:

Ecuación 4 Porcentaje de cenizas de muestra 0:

$$\%Cenizas_0 = \left(\frac{12.52 - 12.40}{15.40 - 12.40}\right) x\ 100 = 4\%$$

Ecuación 5 Porcentajes de cenizas de muestra 1:

$$\%Cenizas_1 = \left(\frac{12.52 - 12.43}{15.40 - 12.43}\right) x\ 100 = 4\%$$

Ecuación 6 Porcentaje de cenizas de muestra 2:

$$\%Cenizas_2 = \left(\frac{12.52 - 12.64}{15.40 - 12.64}\right) x\ 100 = 3.66\%$$

Donde:

$m_0 = masa\ de\ crisol\ vacio$

$m_1 = masa\ de\ crisol + muestra$

$m_2 = masa\ de\ crisol + cenizas$

7.4. Aceptación organoléptica de las muestras

La evaluación organoléptica realizada a las muestras N°3 y N°4 evidenció una alta aceptación sensorial en los atributos de olor, color, sabor y textura, destacándose como las formulaciones más aceptadas del estudio.

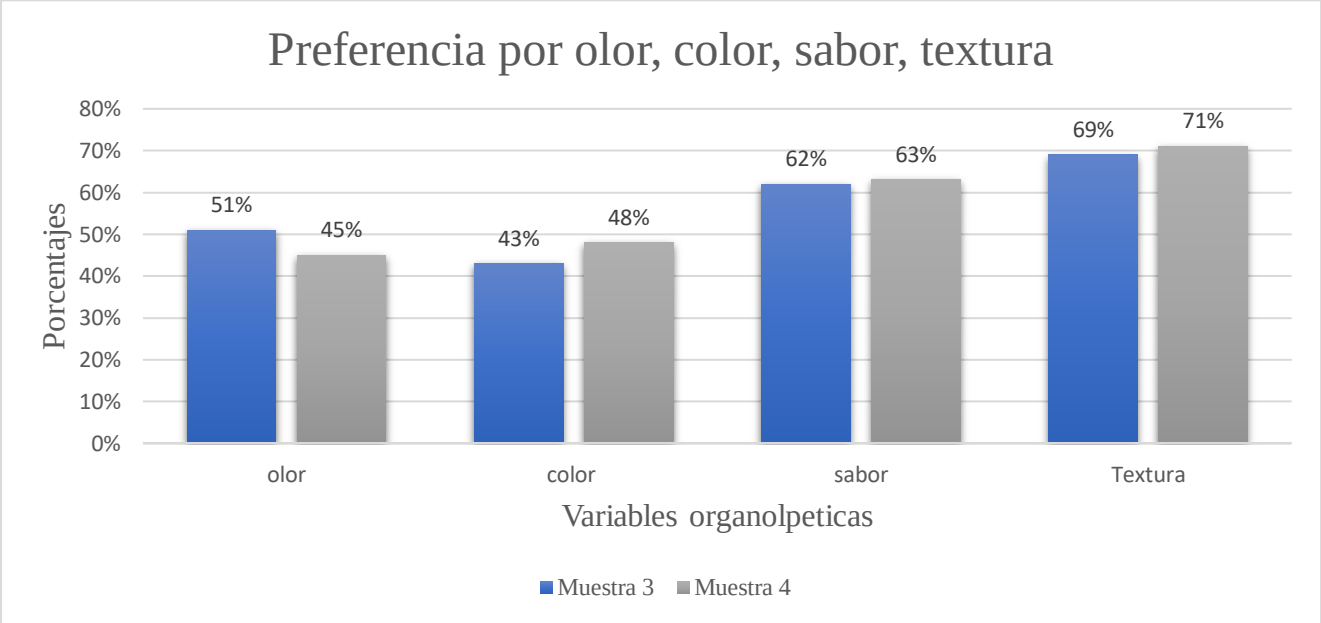
La muestra N°3, formulada con harina de frijol rojo retinto en una proporción 50 % frijol – 50 % harina de trigo y harina de frijol criollo en una proporción 30 % frijol – 70 % harina de trigo, presentó un aroma agradable y característico de productos horneados, sin notas residuales indeseables. El color fue uniforme y adecuado, resultado de un correcto proceso de horneado. En cuanto al sabor, se percibió un perfil equilibrado, en el cual el aporte del frijol no resultó dominante, favoreciendo su aceptación. La textura se caracterizó por una crocancia adecuada y una estructura consistente.

Por su parte, la muestra N°4 mostró un comportamiento sensorial similar, destacándose por un olor agradable, color homogéneo y una textura crocante bien definida. El sabor

fue evaluado positivamente, manteniendo un equilibrio adecuado entre los ingredientes de la formulación.

En conjunto, los resultados indicaron que ambas muestras presentaron las mejores características organolépticas, confirmando que las formulaciones con 30/70 y 50/50 de harina de frijol y harina de trigo, particularmente con frijol rojo retinto y criollo, resultaron las más adecuadas para el desarrollo de galletas a escala de laboratorio.

Figura 3 Aceptación de la galletas de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto



Fuente: Elaboración propia.

7.5. Aceptación de la galleta de harina de frijol

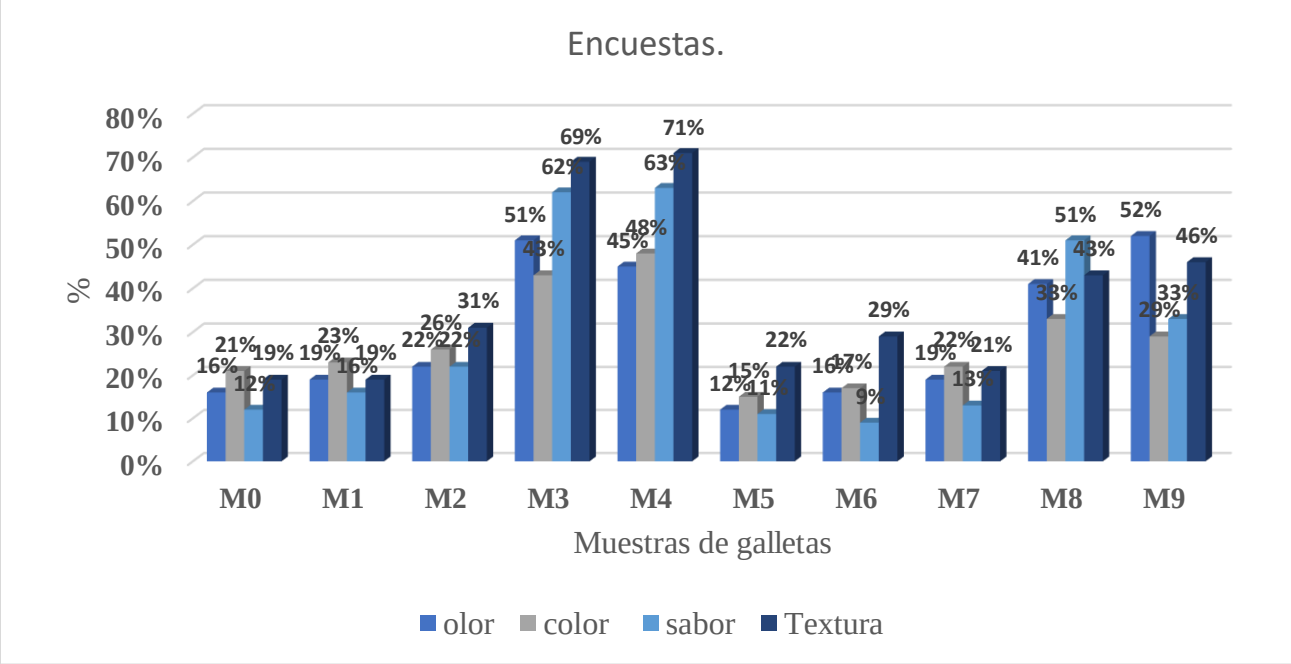
La encuesta de aceptación sensorial permitió identificar diferencias claras entre las formulaciones evaluadas. Los resultados evidenciaron que las muestras M4 y M5 alcanzaron los mayores niveles de aceptación en los atributos de olor, color, sabor y textura, destacándose significativamente sobre el resto de las muestras.

En particular, la muestra M3 presentó los porcentajes más elevados, especialmente en textura y sabor, lo que indicó una preferencia marcada por parte de los evaluadores. La

muestra M4 mostró un comportamiento sensorial favorable y consistente, ubicándose como la segunda mejor aceptada.

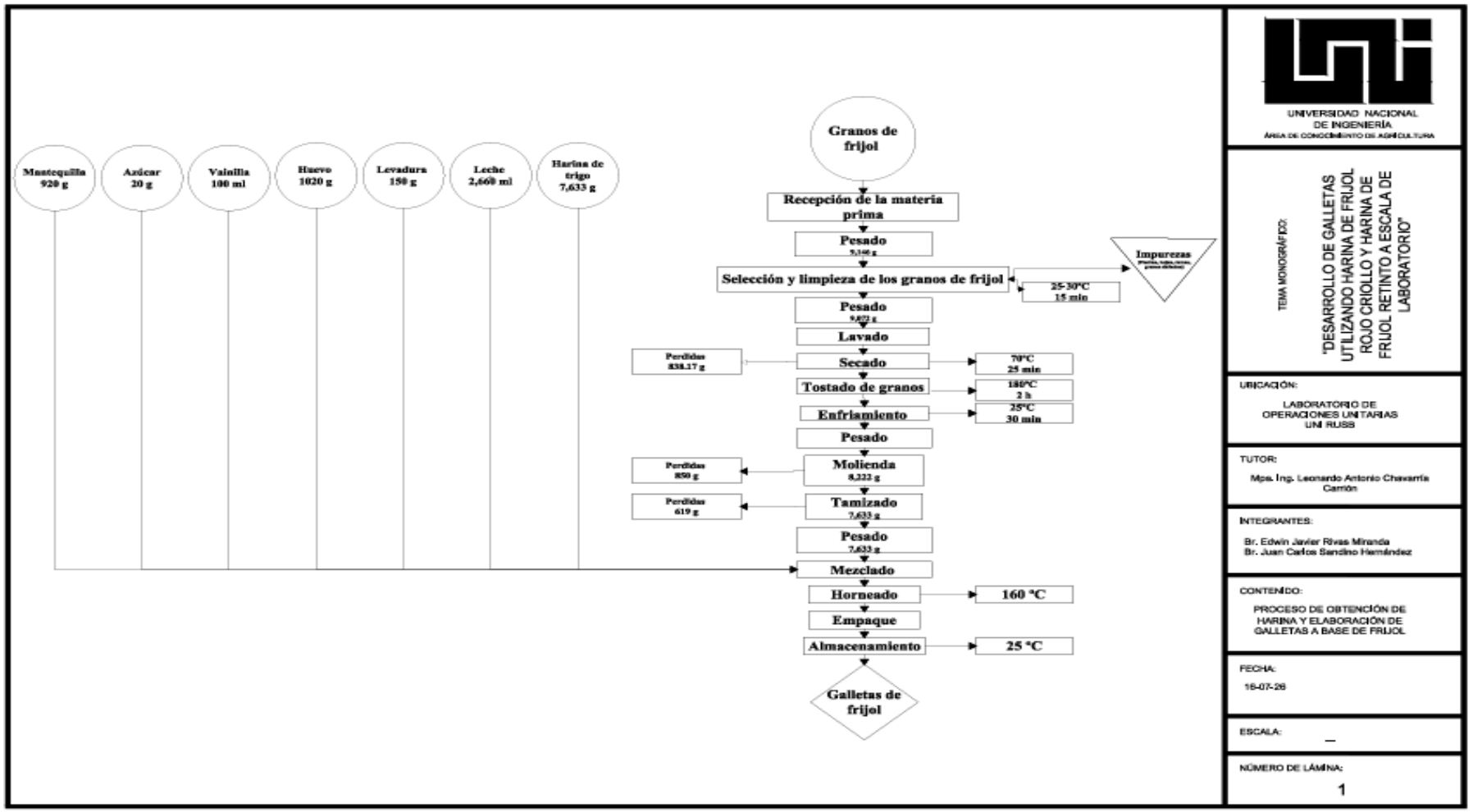
El resto de las muestras registró valores considerablemente menores, lo que reflejó una aceptación limitada y permitió descartar dichas formulaciones para el desarrollo final del producto. En general, el atributo textura fue el factor determinante en la preferencia del panel, seguido del sabor, mientras que olor y color presentaron una influencia complementaria.

Figura 4 Test de encuestas



Fuente: Elaboración propia.

7.6. Diagrama de flujo para la elaboración de harina y galletas:



Fuente: Elaboración propia.

7.8. Formulación de galletas a escala de laboratorio

La selección y limpieza de la materia prima se realizó de forma manual, con el objetivo de garantizar la calidad del material utilizado en el proceso. Durante esta etapa se retiraron granos de frijol rotos, deteriorados o en mal estado, así como impurezas tales como piedras, tierra, arena y hojas secas presentes en la materia prima. Este procedimiento permitió asegurar una adecuada selección del frijol, lo cual resultó fundamental para obtener una materia prima homogénea y de buena calidad, condición crucial para el correcto desarrollo de las etapas posteriores del proceso de elaboración de la harina y de las galletas.

Lavado de los granos de frijol se realizó con el propósito de eliminar residuos superficiales y posibles contaminantes presentes en la materia prima. Durante esta etapa se removieron partículas de tierra, polvo y otras impurezas, contribuyendo a mejorar la inocuidad del producto. Este procedimiento constituyó una etapa fundamental dentro de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), ya que permitió garantizar condiciones higiénicas adecuadas antes de continuar con las etapas de secado y procesamiento térmico, asegurando así una materia prima más limpia y apta para la elaboración de la harina.

Secado de los granos de frijol se realizó en horno a una temperatura de 70 °C durante un periodo de 20 a 25 minutos, con el objetivo de reducir el contenido de humedad de la materia prima y garantizar condiciones adecuadas para las etapas posteriores del proceso. Esta operación permitió mejorar la estabilidad del grano y facilitar su tratamiento térmico posterior.

Tostado de los granos se llevó a cabo a una temperatura de 180 °C durante 120 minutos, con el propósito de desarrollar características sensoriales como aroma y sabor, además de favorecer la reducción de humedad residual y facilitar la posterior reducción de tamaño durante la molienda.

Molienda se realizó con el objetivo de reducir el tamaño de partícula de los granos tostados y enfriados, obteniendo un material fino que facilitó su posterior procesamiento. Esta etapa permitió obtener una harina con características adecuadas para su incorporación en la formulación de las galletas.

Tamizado: se realizó a temperatura ambiente utilizando el equipo Ro-Tap RX-29, empleando tiempos de 15 y 20 minutos. Esta operación permitió separar las partículas más gruesas y obtener una harina con granulometría más uniforme, lo que favoreció la calidad y homogeneidad de la mezcla final.

Mezclado de los ingredientes: se realizó de manera uniforme con el fin de homogeneizar la mezcla, permitiendo la adecuada integración de la harina de frijol, harina de trigo y los demás componentes de la formulación. Este proceso garantizó la obtención de una masa uniforme, condición fundamental para lograr un adecuado desarrollo de las características sensoriales durante el horneado.

7.9. Formulaciones de elaboración de galletas a escala de laboratorio de la variable de frijol rojo criollo:

7.9.1. Formulación N°0 Frijol rojo criollo: Relación de harina 100% frijol.

1. 500 g – Harina de frijol.
2. 2 g – canela en polvo.
3. 250 g – azúcar
4. 15 g – Polvo para hornear.
5. 80 g – Mantequilla.
6. 2 – Huevos.
7. 300 ml de leche.
8. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 20 min.
3. T: 160 °C

7.9.2. Formulación N°1 Frijol rojo criollo: Relación de harina 100% frijol.

1. 500 g – Harina de frijol.
2. 2 g – canela en polvo.
3. 250 g – azúcar
4. 15 g – Polvo para hornear.
5. 80 g – Mantequilla.
6. 2 – Huevos.
7. 300 ml de leche.
8. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 20 min.
3. T: 160 °C

7.9.3. Formulación N°2 Relación de harina de frijol rojo criollo de 70% con harina de trigo 30%.

1. 70% Harina de frijol
2. 30% Harina de trigo.
3. 350 g – Harina de frijol.
4. 150 g – Harina de trigo
5. 2 g – canela en polvo.
6. 250 g – azúcar
7. 15 g – Polvo para hornear.
8. 100 g – Mantequilla.
9. 2 – Huevos.
10. 300 ml de leche.
11. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.9.4. Formulación N°3: Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

1. 50% Harina de frijol
2. 50% Harina de trigo.
3. 250 g – Harina de frijol.
4. 250 g – Harina de trigo
5. 2 g – canela en polvo.
6. 250 g – azúcar
7. 15 g – Polvo para hornear.
8. 100 g – Mantequilla.
9. 2 – Huevos.
10. 300 ml de leche.
11. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.9.5. Formulación N°4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%.

1. 30% Harina de frijol
2. 70% Harina de trigo.
3. 150 g – Harina de frijol.
4. 350 g – Harina de trigo
5. 2 g – canela en polvo.
6. 250 g – azúcar
7. 15 g – Polvo para hornear.
8. 100 g – Mantequilla.
9. 2 – Huevos.
10. 280 ml de leche.
11. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.10. Formulaciones de elaboración de galletas a escala de laboratorio de la variable de frijol rojo retinto:

7.10.1. Formulación N°0 Frijol rojo retinto: Relación de harina 100% frijol.

1. 500 g – Harina de frijol.
2. 2 g – canela en polvo.
3. 250 g – azúcar
4. 15 g – Polvo para hornear.
5. 80 g – Mantequilla.
6. 2 – Huevos.
7. 300 ml de leche.
8. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.10.2. Formulación N°1 Frijol rojo retinto: Relación de harina 100% frijol.

1. 500 g – Harina de frijol.
2. 2 g – canela en polvo.

3. 250 g – azúcar
4. 15 g – Polvo para hornear.
5. 80 g – Mantequilla.
6. 2 – Huevos.
7. 300 ml de leche.
8. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. Masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.10.3. Formulación N°2 Relación de harina de frijol rojo retinto de 70% con harina de trigo 30%.

1. 70% Harina de frijol
2. 30% Harina de trigo.
3. 350 g – Harina de frijol.
4. 150 g – Harina de trigo
5. 2 g – canela en polvo.
6. 250 g – azúcar
7. 15 g – Polvo para hornear.
8. 100 g – Mantequilla.
9. 2 – Huevos.
10. 300 ml de leche.
11. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.10.4. Formulación N°3 Relación de harina de frijol rojo retinto de 50% con harina de trigo 50%.

1. 50% Harina de frijol
2. 50% Harina de trigo.
3. 250 g – Harina de frijol.
4. 250 g – Harina de trigo
5. 2 g – canela en polvo.
6. 250 g – azúcar
7. 15 g – Polvo para hornear.
8. 100 g – Mantequilla.
9. 2 – Huevos.
10. 300 ml de leche.

11. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.10.5. Formulación N°4 Relación de harina de frijol rojo retinto de 30% con harina de trigo 70%.

1. 30% Harina de frijol
2. 70% Harina de trigo.
3. 150 g – Harina de frijol.
4. 350 g – Harina de trigo
5. 2 g – canela en polvo.
6. 250 g – azúcar
7. 15 g – Polvo para hornear.
8. 100 g – Mantequilla.
9. 2 – Huevos.
10. 280 ml de leche.
11. 10 ml de vainilla.

Variables:

1. Masa: 500g
2. t: 15 min.
3. T: 160 °C

7.11. Limpieza y lavado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto:

Tabla 8 Masa de frijol inicial en (g) de la variedad frijol rojo criollo, frijol rojo retinto:

Masa de frijol inicial (g)	
Rojo criollo	4,536
Rojo retinto	4,536

Fuente: Elaboración propia

7.12. Secado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto:

Tabla 9 Masa de frijol inicial en (g) de la variedad rojo criollo, rojo retinto seco*:*

Masa de frijol inicial (g) seco	
Rojo criollo	3,922
Rojo retinto	4,312

Fuente: Elaboración propia

7.13. Tostado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto:

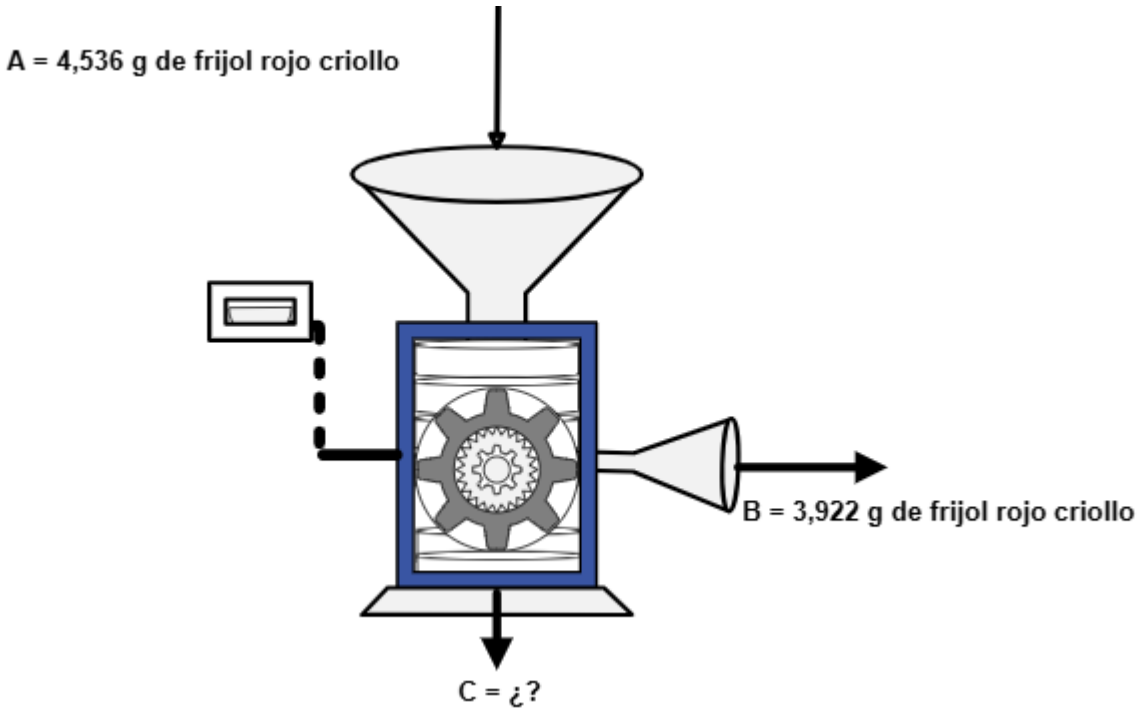
Tabla 10 Perdidas de humedad en el tostado:

Perdidas de humedad (g)	
Rojo criollo	614.17
Rojo retinto	224

Fuente: Elaboración propia

7.14. Balance de masa en la etapa de molienda:

Balance de masa para la variedad de frijol rojo criollo:



Datos:

A = Entrada

B = Salida

C = Perdidas

$$m_{Entrada} = 4.536g$$

$$m_{Salida} = 3.922g$$

$$Entrada = Salida + Perdidas$$

$$A + B = C \ \rightarrow C = A - B$$

$$C = 4{,}536g - 3{,}922g$$

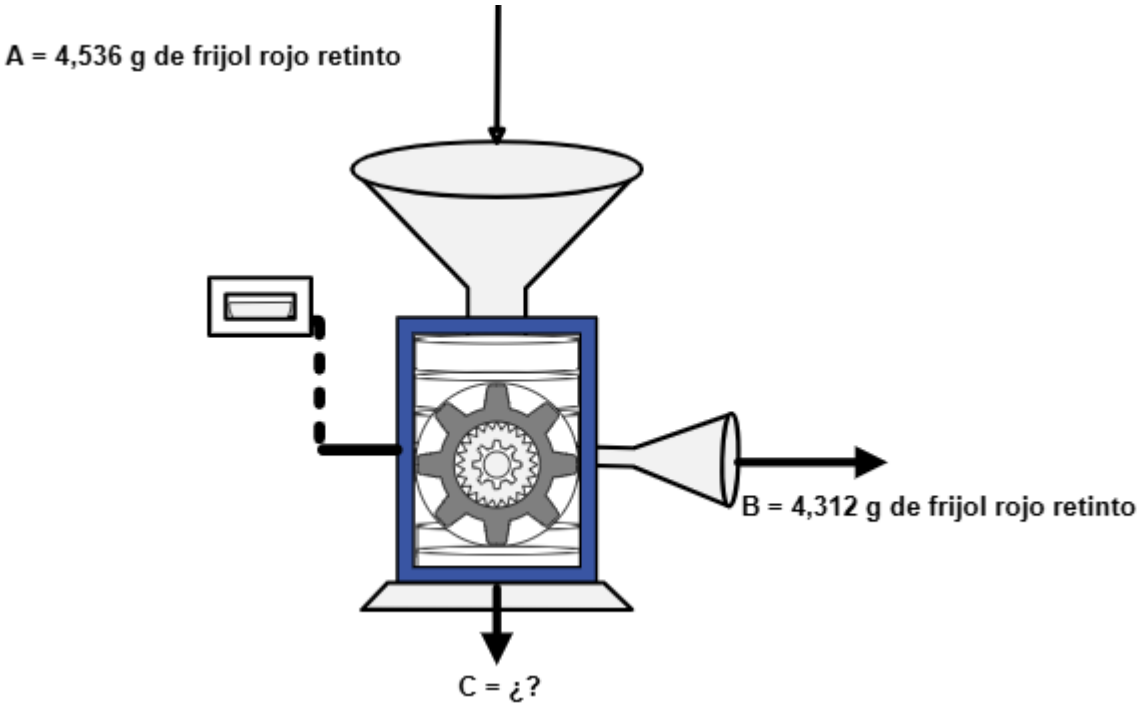
$$C = 614\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m_{Salida}}{m_{entrada}}\ x\ 100$$

$$Rendimiento = \frac{3{,}922}{4{,}536}\ x\ 100 = 86.46\ \%$$

7.15. Balance de masa para la variedad de frijol rojo retinto:

Balance de masa para la variedad de frijol rojo retinto:



Datos:

A = Entrada

B = Salida

C = Perdidas

$$m_{Entrada}\ = 4.536g$$

$$m_{Salida}\ = 3.922g$$

$$Entrada = Salida + Perdidas$$

$$A + B = C \ \rightarrow C = A - B$$

$$C = 4{,}536g - 4{,}312g$$

$$C = 224\ g$$

$$Rendimiento = \frac{m_{Salida}}{m_{entrada}}\ x\ 100$$

$$Rendimiento = \frac{4{,}312}{4{,}536}\ x\ 100 = 95.06\ \%$$

7.15.1. Tamizado de las dos variables de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto:

Tabla 11 Masa de frijol inicial en (g) de la variedad rojo criollo, rojo retinto en la etapa de tamizado.

Masa de frijol inicial (g)	
Rojo criollo	3,922
Rojo retinto	4,300

Fuente: Elaboración propia.

7.15.2. Tamizado de frijol rojo criollo:

Variables
masa: m
Tiempo: t
Frijol criollo

Tabla 12 Muestra 0 para definir los tiempos de tamizado y masa de frijol:

Muestra 0 Masa: 500 g Tiempo: 20 min	
N° de malla	Masa (g)
35	58
50	188
80	87
140	58
230	38
>230	54
Total	483

Tabla 13 Muestra 1. Variedad de frijol rojo criollo:

Muestra 1 Masa: 500 g Tiempo: 20 min	
N° de malla	Masa (g)
35	67
50	216
80	111
140	38
230	28
>230	37
Total	497

Tabla 14 Muestra 2. Variedad de frijol rojo criollo:

Muestra 2 Masa: 500 g Tiempo: 20 min	
N° de malla	Masa (g)
35	70
50	222
80	87
140	64
230	34
>230	22
Total	499

Tabla 15 Muestra 3. Variedad de frijol rojo criollo:

Muestra 3 Masa: 500 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	86
50	225
80	97
140	40
230	39
>230	12
Total	499

Tabla 16 Muestra 4. Variedad de frijol rojo criollo:

Muestra 4 Masa: 500 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	92
50	226
80	80
140	53
230	29
>230	4
Total	484

Tabla 17 Muestra 5. Variedad de frijol rojo criollo:

Muestra 5 Masa: 928 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	120
50	253
80	154
140	105
230	93
>230	134
Total	859

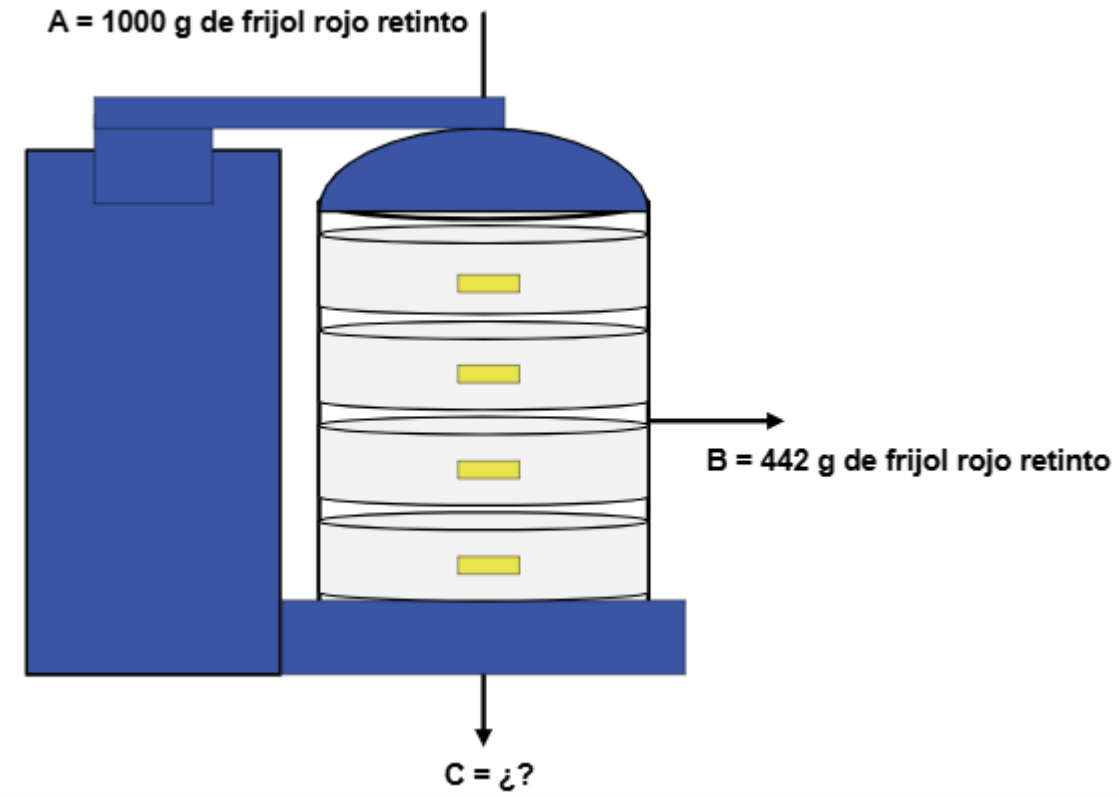
Tabla 18 Masa total tamizada de frijol rojo criollo:

Masa tamizada (g)	3321

Tabla 19 Perdidas de masa de frijol de la variedad rojo criollo, en la etapa final de tamizado:

Masa tamizada - Frijol criollo (g)	3321
Perdidas de masa - Frijol criollo (g)	607

7.16. Balance de masa para la variedad de frijol rojo criollo tamizado:



Datos:

A = Entrada

B = Salida

C = Perdidas

t = Tiempo

$$m_{Entrada} = 928g$$

$$m_{Salida} = 442g$$

$$tiempo = 15\,min$$

$$Entrada = Salida + Perdidas$$

$$A + B = C \rightarrow C = A - B$$

$$C = 928g - 442g$$

$$C = 486\,g$$

$$Rendimiento = \frac{m_{Salida}}{m_{entrada}}\ x\ 100$$

$$Rendimiento = \frac{486}{928}\ x\ 100 = 52.37$$

Tabla 20 Balance de masa para frijol rojo criollo:

Balance de masa para frijol rojo criollo				
Muestra	masa (g)	tiempo (t)	perdidas (g)	Rendimientos (%)
0	500	20	263	47,4
1	500	20	214	57,2
2	500	15	293	41,4
3	500	15	312	37,6
4	500	15	334	33,2
5	928	20	442	52,37

Fuente: Elaboración propia.

7.16.1. Tamizado de frijol rojo retinto:

Variables:
masa: m
Tiempo: t
Frijol retinto.

Tabla 21 Muestra 1. Variedad de frijol rojo retinto:

Muestra 1 Masa: 1000 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	42
50	431
80	288
140	71
230	37
>230	120
Total	989

Tabla 22 Muestra 2. Variedad de frijol rojo retinto:

Muestra 2 Masa: 1000 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	34
50	399
80	319
140	75
230	51
>230	120
Total	998

Tabla 23 Muestra 3. Variedad de frijol rojo retinto:

Muestra 3 Masa: 1000 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	30
50	386
80	339
140	77
230	65
>230	97
Total	994

Tabla 24 Muestra 4. Variedad de frijol rojo retinto:

Muestra 4 Masa: 1000 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	29
50	375
80	334
140	80
230	56
>230	124
Total	998

Tabla 25 Muestra 5. Variedad de frijol rojo retinto:

Muestra 5 Masa: 322 g Tiempo: 15 min	
N° de malla	Masa (g)
35	10
50	108
80	111
140	29
230	15
>230	48
Total	321

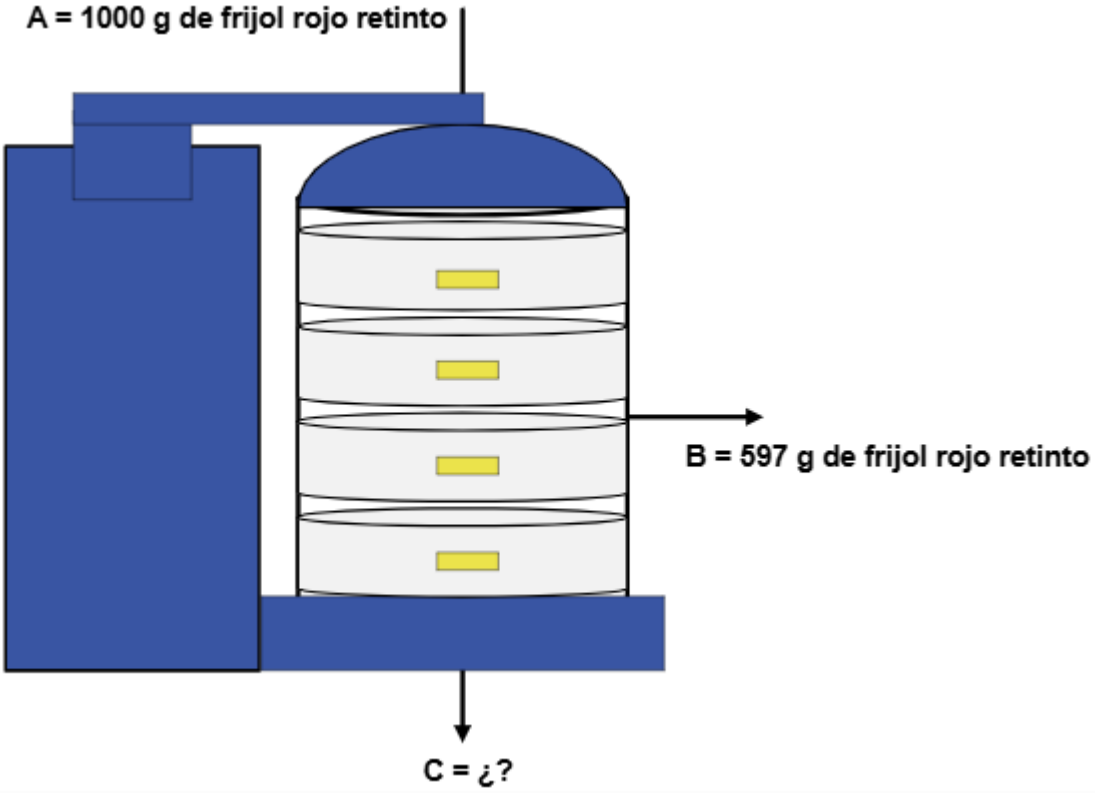
Tabla 26 Masa total tamizada de frijol rojo retinto:

Masa tamizada (g)	4300

Tabla 27 Perdidas de masa de frijol de la variedad rojo retinto, en la etapa final de tamizado:

Masa tamizada - Frijol retinto (g)	4312
Perdidas de masa - Frijol retinto (g)	12

7.16.2. Balance de masa para la variedad de frijol retinto tamizado:



Datos:

A = Entrada

B = Salida

C = Perdidas

t = Tiempo

$$m_{Entrada} = 1000g$$

$$m_{Salida} = 597g$$

$$tiempo = 15\,min$$

$$Entrada = Salida + Perdidas$$

$$A + B = C \rightarrow C = A - B$$

$$C = 1000g - 597g$$

$$C = 403\,g$$

$$Rendimiento = \frac{m_{Salida}}{m_{entrada}}\ x\ 100$$

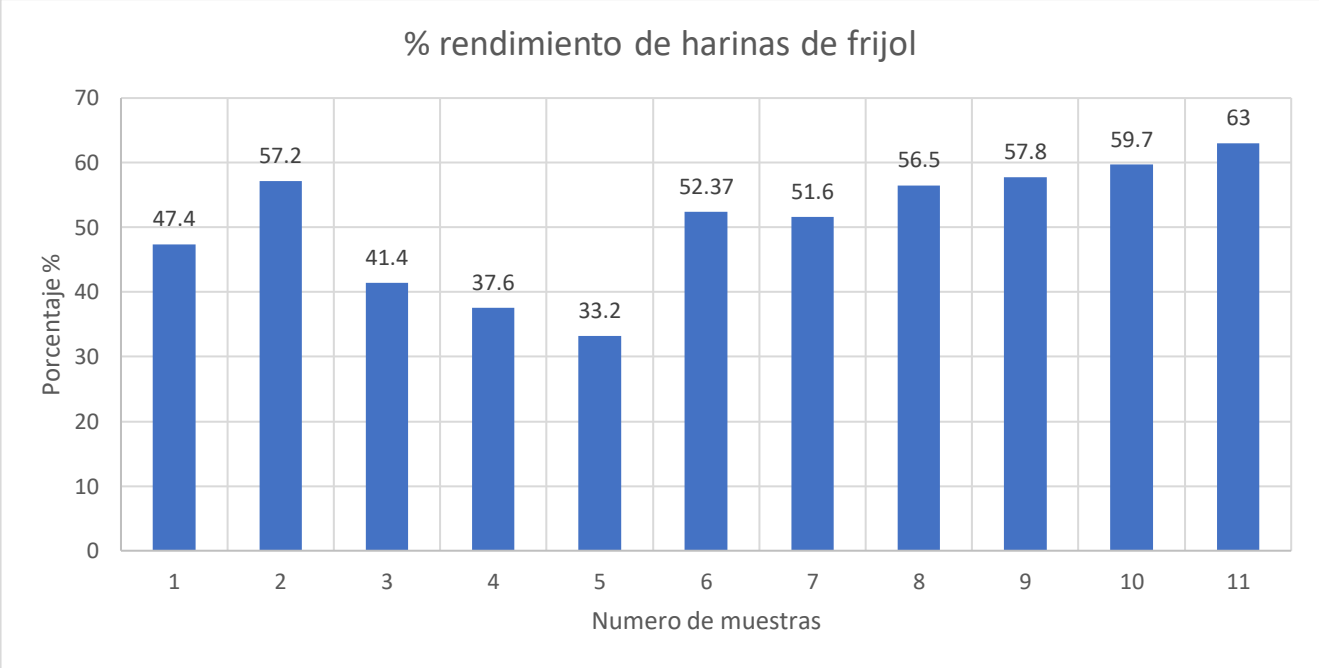
$$Rendimiento = \frac{597}{1000}\ x\ 100 = 59.7\ \%$$

Tabla 28 Balance de masa para frijol rojo retinto:

Balance de masa para frijol rojo retinto				
Muestra	masa (g)	tiempo (t)	perdidas (g)	Rendimientos (%)
1	1000	15	484	51.6
2	1000	15	565	56.5
3	1000	15	578	57.8
4	1000	15	597	59.7
5	322	15	119	63.0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Rendimiento de la harina de frijol rojo criollo y frijol retinto:



Fuente: Elaboración propia.

VIII. CONCLUSIONES

La caracterización fisicoquímica de las harinas de frijol rojo criollo y frijol retinto evidenció valores de pH cercanos a la neutralidad, contenidos moderados de sólidos solubles y porcentajes de cenizas representativos de las leguminosas, confirmando que ambas harinas presentaron propiedades adecuadas para su utilización en productos de panificación. Asimismo, el proceso de molienda y tamizado realizado en el equipo Ro-Tap RX-29 permitió obtener una granulometría uniforme y rendimientos favorables para su aplicación a escala de laboratorio.

La formulación de galletas utilizando diferentes proporciones de harina de frijol y harina de trigo permitió obtener productos con características físicas y estructurales adecuadas. Las condiciones de horneado a 160 °C favorecieron el desarrollo de textura, color y aroma característicos, demostrando que la incorporación de harina de frijol rojo criollo y retinto es tecnológicamente viable para la elaboración de galletas a escala de laboratorio.

La evaluación organoléptica evidenció que las formulaciones con proporciones 30 % harina de frijol – 70 % harina de trigo y 50 % harina de frijol – 50 % harina de trigo presentaron la mayor aceptación sensorial en atributos de sabor, textura, color y aroma. Los resultados confirmaron que las harinas de frijol rojo criollo y retinto pueden utilizarse como ingredientes alternativos en productos alimenticios, manteniendo una aceptabilidad favorable por parte de los evaluadores.

IX. RECOMENDACIONES

Realizar análisis bromatológicos y nutricionales complementarios a las harinas y galletas elaboradas, incluyendo determinaciones de proteína, fibra, carbohidratos, hierro y otros minerales, con el fin de fortalecer la caracterización nutricional y funcional del producto desarrollado.

Evaluar nuevas formulaciones y aplicaciones de la harina de frijol rojo criollo y frijol retinto en otros productos alimenticios, tales como panes, snacks, barras nutritivas o productos dirigidos a programas de alimentación escolar y comedores infantiles, considerando su potencial nutricional y el aprovechamiento de materias primas nacionales.

Desarrollar estudios de vida útil, estabilidad microbiológica y viabilidad económica del proceso, así como pruebas a escala piloto o industrial, con el propósito de determinar las condiciones óptimas de producción, almacenamiento y comercialización de las galletas elaboradas con harina de frijol.

BIBLIOGRAFIA

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Araya, R., & Gutiérrez, M. V. (2015). Producción de semilla de alta calidad de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno.

Ccc. (2022, 8 de enero). Oven temperature for cookies. CCC's Curious Kitchen. https://cccscuriouskitchen.com/oven-temperature-for-cookies/

Codex Alimentarius. (1985). Norma del Codex para la harina de trigo (CODEX STAN 152-1985). Recuperado de https://www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf

Colaboradores de Wikipedia. (2025, 4 de febrero). Phaseolus vulgaris. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Phaseolus_vulgaris

Colaboradores de Wikipedia. (s. f.). Archivo: Dycotyledon seed diagram-es.jpg - Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Dycotyledon_seed_diagram-es.jpg

Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. (2010). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03 039-10 Panificación. Especificaciones sanitarias y de calidad. Obtenido de Ministerio de Salud: https://www.minsa.gob.ni/sites/default/files/2022-10/NTON%2003%20039%2010%20Primera%20Revisi%C3%B3n.%20Panificaci%C3%B3n%20especificaciones%20sanitarias%20y%20de%20cali

De Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. (s. f.). Tecnología de alimentos a base de harina de frijol. Recuperado de https://www.gob.mx/inifap/articulos/tecnologia-de-alimentos-a-base-de-harina-de-frijol

Dr. José Armando (2011). El frijol (Phaseolus vulgaris): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos (Parte 1, pp. 1–2).

ECO agricultor. (2021, 4 de julio). Semillas: partes que la componen, germinación, longevidad y almacenamiento. https://www.ecoagricultor.com/semillas-almacenamiento/

Espinoza García, R., & Martínez-Martínez, R. (2016). Mineral content in seeds of native populations of common bean (Phaseolus vulgaris L.). Journal Name, Volume(Issue), 25.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Buenas prácticas de higiene en la industria alimentaria.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Buenas prácticas de almacenamiento de granos.

FAO. (2018). Buenas prácticas de almacenamiento de granos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de https://www.fao.org/input/download/standards/50/CXS_152s.pdf

Fernández, J. M., López, A. P., & García, R. T. (2019). Propiedades físicas y químicas de los alimentos: Métodos de análisis. Editorial Científica.

García, E. I. H., Rivera, W. A. B., Rivera, R. E., & Navarro, S. L. B. (2017). Producción de harina de frijoles (Phaseolus vulgaris) y evaluación sensorial. Revista Ciencia y Tecnología el Higo, 7(1), 11-17. https://doi.org/10.5377/elhigo.v7i1.8616

García, M., & Mendoza, P. (2017). Tecnología de los procesos térmicos en alimentos. Editorial Agroindustrial.

Gutiérrez, J., López, M., & Pérez, R. (2018). Procesos de secado en productos agrícolas. Editorial Agroindustrial.

Harina. (2018, 12 de enero). Larousse cocina. https://laroussecocina.mx/palabra/harina/

Hernández, J. C., Chaves, N. F., Arayar, Y., & Beebe, S. (2018). “Diquís”, variedad de frijol común rojo brillante. Agronomía Costarricense, 42(1), 127–136. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/34303

Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2017). Granos básicos. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos_Basicos.pdf

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2009). Guía tecnológica del cultivo de frijol. Managua, Nicaragua: INTA.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2014). Catálogo de variedades criollas de frijol y maíz seleccionadas en procesos de mejoramiento participativo en Las Segovias. Managua, Nicaragua.

López, J. A., Martínez, R. P., & Gómez, F. L. (2020). Procesos de molienda y rendimiento de harinas en la industria alimentaria. Editorial Científica.

Luna-Vital, D. A., Mojica, L., González de Mejía, E., Mendoza, S., & Loarca-Piña, G. (2015). Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (Phaseolus vulgaris L.): A review. Food Research International, 76(Part 1), 39–50. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.024

Luz Andrea Garcés, Paula Alejandra Gutiérrez (s. f.). Laboratorio de Molienda y tamizado. https://www.academia.edu/6546874/LABORATORIO_DE_MOLIENDA_Y_TAMIZADO

Maldonado, F. O. (2005). Aprovechamiento e industrialización del frijol (Phaseolus vulgaris). Recuperado el 23 de septiembre de 2017, de Cofupro: Disponible en: http://www.cofupro.org.mx

Martínez, J., López, A., & Rodríguez, S. (2019). Efectos del horneado en la calidad de productos elaborados con harinas alternativas. Revista de Tecnología Alimentaria, 47(5), 201–208.

MIFIC. (Febrero de 2013). Ministerio de Fomento Industria y Comercio. Obtenido de http://funica.org.ni/index/boletin/BOLETIN%208/PDF/NTON.pdf

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 03 039-10: Panificación – Especificaciones Sanitarias y de Calidad (2010). Ministerio de Salud (MINSA). Disponible en: https://www.minsa.gob.ni/sites/default/files/2022-10/NTON%2003%20039%2010%20Primera%20Revisi%C3%B3n.%20Panificaci%C3%B3n%20especificaciones%20sanitarias%20y%20de%20calidad.pdf

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 16 002-00: Fríjol en Grano (2000). Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA). Disponible en: https://faolex.fao.org/docs/texts/nic45922.doc

Organización Iberoamericana de Seguridad Social (OISS). (2019). Harina panadería. Recuperado de https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/43-HarinaPanaderia.pdf

Organización Iberoamericana de Seguridad Social. (2019). Recomendaciones sobre productos químicos: Harina (polvo). https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/43-HarinaPanaderia.pdf

Pérez, R., & López, F. (2017). Condiciones de almacenamiento de productos horneados: Influencia en la calidad y vida útil. Revista de Tecnología Alimentaria, 41(2), 56–64.

Pérez, R., López, A., & Morales, J. (2019). Impacto del enfriamiento en la calidad de productos alimenticios. Revista de Ciencia Alimentaria, 34(1), 44–51.

Phaseolus vulgaris - Ficha informativa. (s. f.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/phaseolus-vulgaris/fichas/ficha.htm#:~:text=Categor%C3%ADas%20taxon%C3%B3micas%20superiores,%3A%20Rosidae%3B%20Orden%3A%20Fabales

Pomeranz, Y., & Meloan, C. E. (1994). Food Analysis: Theory and Practice (3rd ed.). Springer.

Ramírez, J., López, M., & Rodríguez, S. (2016). Tecnología de molienda de granos para la industria alimentaria. Editorial Agroalimentaria.

Revista Jireh. (2024). Extracción artesanal de proteína vegetal a base de frijol. Universidad Martín Lutero. Disponible en: https://revistajireh.uml.edu.ni/publicaciones/vol-4-num-1-2024/24105-2/

Watts, B. M., & Centre, I. D. R. (1992). Métodos sensorales básicos para la evaluación.

Zamorano University. (2014). Elaboración de galletas a base de harina de trigo integral y frijol. Disponible en: https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/b0387c35-7a49-401b-a512-f825b95e2c67/download

Arauz, A. N., & Ortiz, R. C. (2005). Elaboración de harina de frijol instantánea (Phaseolus vulgaris L.). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Espinoza-García, B., et al. (2016). Composición química y nutricional del frijol (Phaseolus vulgaris L.).

Méndez, A. G., Larios López, X., & Velásquez, A. U. (2019). Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la formulación de pasteles a escala de laboratorio. Universidad Nacional de Ingeniería.

Salinas, S. A. (2017). Desarrollo de un snack a base de harinas de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (Phaseolus vulgaris) y maíz nixtamalizado (Zea mays). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

USDA FoodData Central. Composición nutricional de frijoles y harinas de leguminosas. Fdc.nal.usda.gov

X. ANEXOS

Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución del tamaño de las partículas en productos pulverulentos, como las harinas. Según la Norma del Codex para la Harina de Trigo (CODEX STAN 152-1985), se establece que al menos el 96% de la harina debe pasar a través de un tamiz de 212 micras (No. 70 ASTM).

Tabla 29 Parámetros de granulometría:

Factor/Descripción	Limite	Método de análisis
Tamaño de la 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)

Anexos 2 Porcentaje de rendimiento de la harina

El rendimiento de la harina se calcula como la relación entre la cantidad de harina obtenida y el peso de la materia prima utilizada, expresado en porcentaje de molienda y las condiciones de producción **(López et al., 2020)**

Ecuación 7 Porcentaje de rendimiento:

$$\%\ de\ rendimiento = \frac{Masa\ de\ harina\ obtenida}{Masa\ de\ materia\ prima\ inicial * fracción\ comestible}\ X\ 100$$

El **(%Rendimiento)** Frijol rojo criollo:

Ecuación 8 Porcentaje de rendimiento de la harina de frijol rojo criollo

$$\%\ de\ rendimiento = \left(\frac{3.321\ g}{4.536g * 3.7g}\right) X\ 100 = 19.78\%$$

El **(%Rendimiento)** Frijol rojo retinto:

Ecuación 9 Porcentaje de rendimiento de la harina de frijol rojo retinto

$$\%\ de\ rendimiento = \left(\frac{4.312\ g}{4.536g * 3.7g}\right)\ X\ 100 = 25.69\%$$

Anexos 3 Humedad aparente

La humedad aparente se refiere al contenido total de agua presente en un alimento, expresado como un porcentaje del peso total del mismo. Es un parámetro fundamental en la industria alimentaria, ya que influye en la calidad, estabilidad y vida útil de los productos. Se diferencia de la humedad absoluta, ya que la humedad aparente no distingue entre el agua libre (disponible para microorganismos) y el agua ligada (unida a los componentes del alimento) **(Fernández et al., 2019)**

La humedad aparente **(%H)** se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 10 % de humedad aparente

$$\%H = \left(\frac{Peso\ inicial - Peso\ seco}{Peso\ inicial}\right) x\ 100$$

Donde:

Peso inicial: Peso de la muestra antes del secado **(g).**

Peso seco: Peso de la muestra después de la deshidratación **(g).**

Ecuación 11 Cálculo de % de Humedad aparente para frijol rojo criollo:

$$\%H = \left(\frac{4536 - 3922}{4536}\right) x\ 100 = 13.53$$

Ecuación 12 Cálculo de % de Humedad aparente para frijol rojo retinto:

$$\%H = \left(\frac{4536 - 4312}{4536}\right) x\ 100 = 4.93$$

Anexos 4 Porcentaje de cenizas

El contenido de cenizas en los alimentos representa el residuo inorgánico que permanece después de la incineración completa de la materia orgánica. Este parámetro es fundamental para evaluar la calidad y pureza de los productos alimenticios, ya que refleja su contenido mineral.

Contenido de cenizas en la harina es un indicador de la cantidad de minerales presentes y está relacionado con el grado de extracción durante la molienda. Según la Norma del

Codex para la Harina de Trigo (CODEX STAN 152-1985), el contenido de cenizas no debe exceder el 5,0% en base seca.

Ecuación 13 Porcentaje de cenizas:

$$\%Cenizas = \left(\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}\right) x\ 100$$

Donde:

$m_0 = masa\ de\ crisol\ vacio$

$m_1 = masa\ de\ crisol + muestra$

$m_2 = masa\ de\ crisol + cenizas$

Tabla 30 Brix y pH de Harinas de frijol rojo criollo y frijol rojo retinto:

°Brix de Harina de frijol retinto	pH
2	5.7
°Brix de Harina de frijol rojo criollo	pH
3	5.6

Fuente: Elaboración propia

Estimación de la composición nutricional de las galletas elaboradas con harina de frijol rojo criollo y frijol retinto

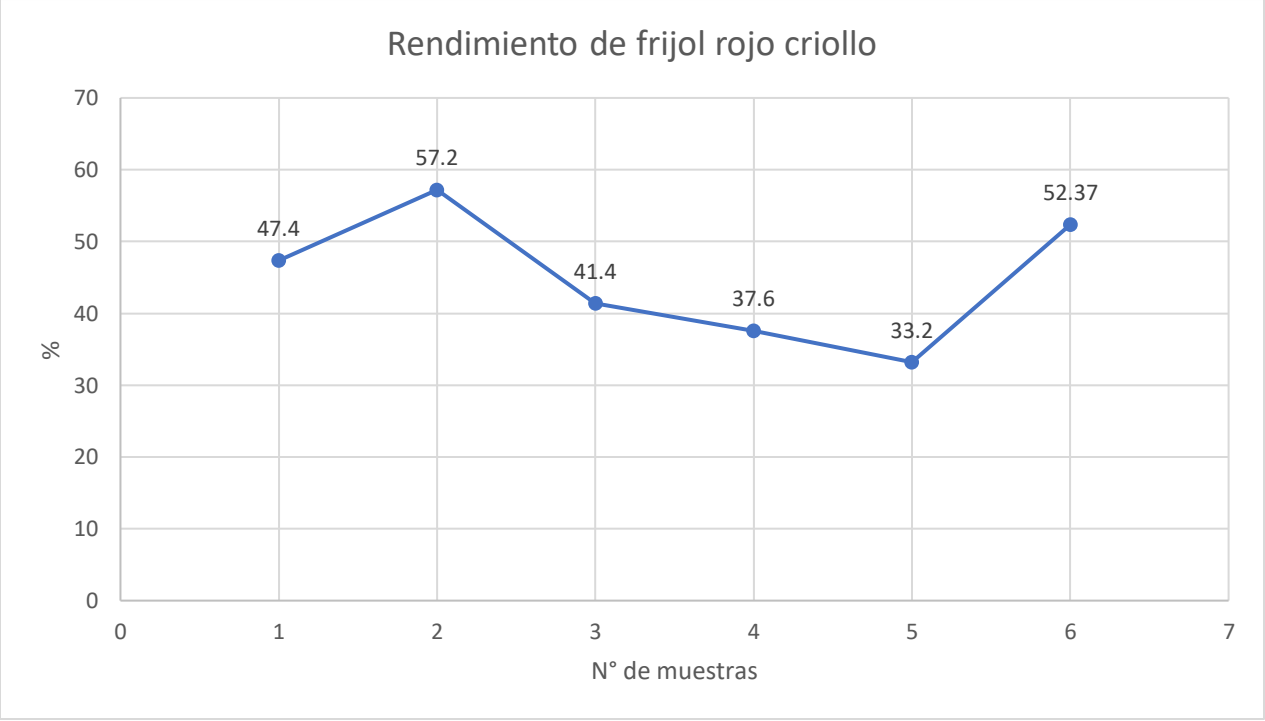
Debido a que el presente estudio se enfocó principalmente en la evaluación fisicoquímica y organoléptica de las formulaciones desarrolladas, no se realizaron análisis bromatológicos completos de proteína, grasa, carbohidratos, fibra y valor energético. Sin embargo, con el propósito de complementar la caracterización nutricional del producto elaborado, se realizó una estimación teórica de la composición nutricional tomando como referencia estudios científicos previos relacionados con harina de frijol (Phaseolus vulgaris L.), tablas de composición de alimentos y formulaciones similares reportadas en la literatura.

Tabla 31 Valor nutricional de la harina de frijol.

Componente	Galleta 30% harina de frijol
Energía (kcal/100 g)	410 - 430
Proteína (%)	10 - 13
Carbohidratos (%)	55 - 60
Grasas (%)	12 - 15
Fibra (%)	4 - 6
Cenizas (%)	1.8 – 2.5
Humedad (%)	4 - 6

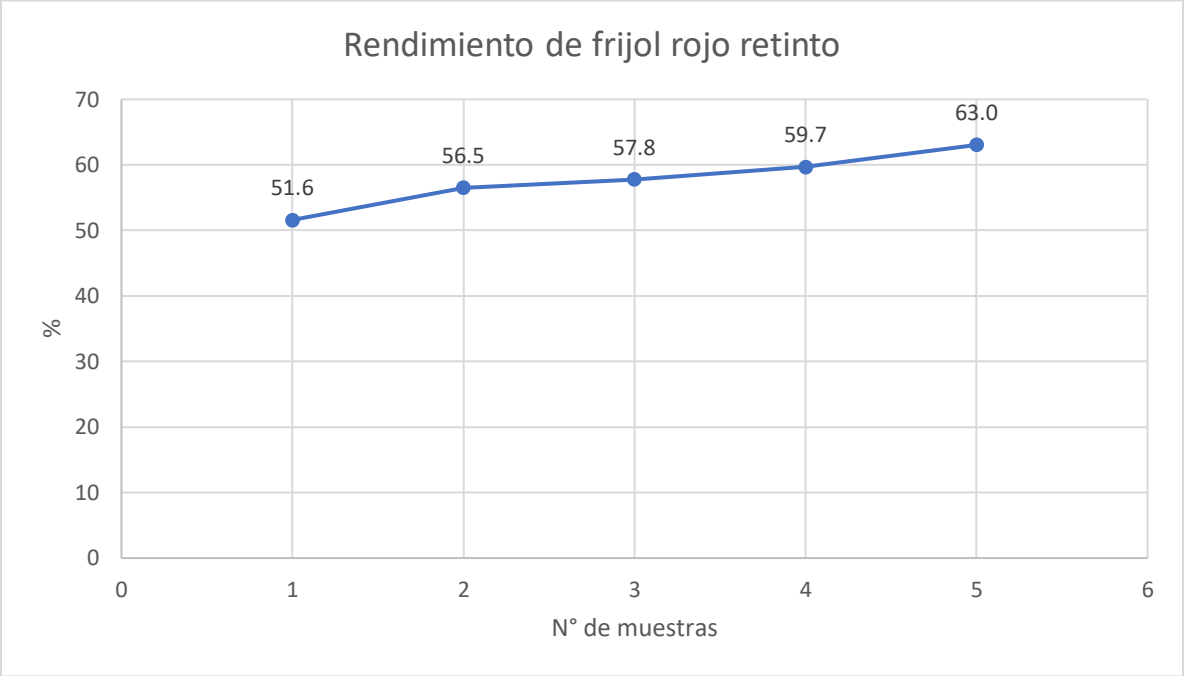
Fuente: Valores teóricos estimados con base en Espinoza-García et al. (2016), Salinas (2017), Arauz y Ortiz (2005), USDA FoodData Central y formulaciones similares reportadas en productos de panificación con harina de leguminosas.

Figura 6 Rendimiento de frijol rojo criollo



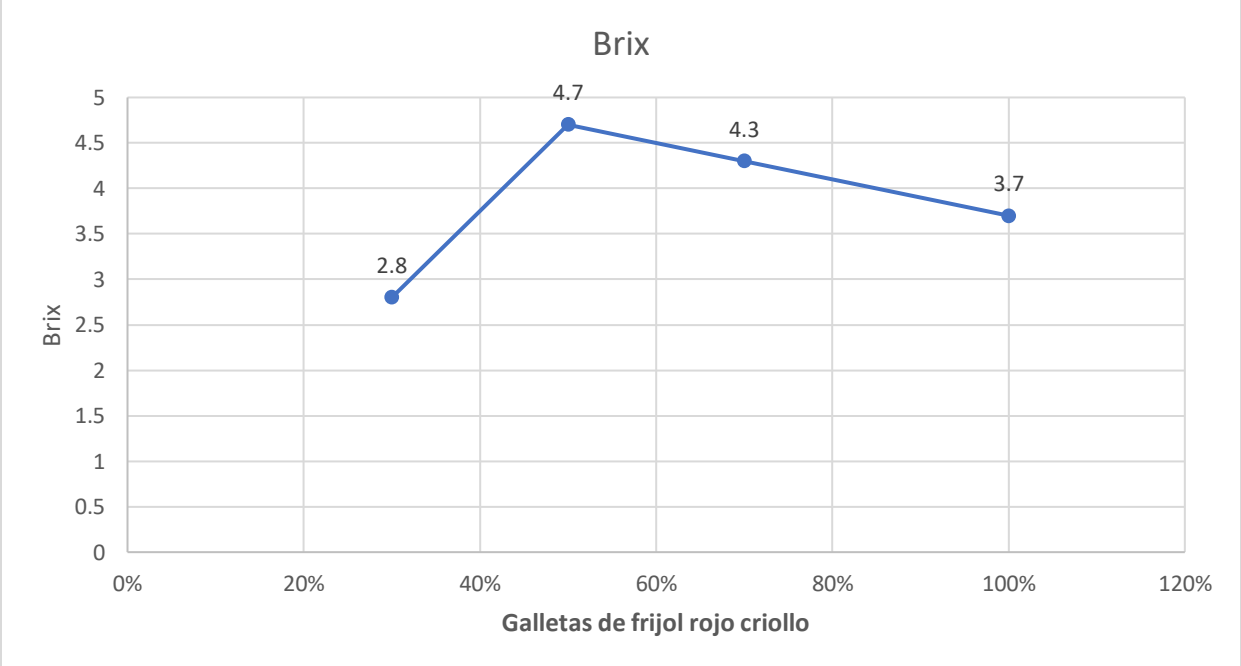
Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Rendimiento de frijol rojo retinto



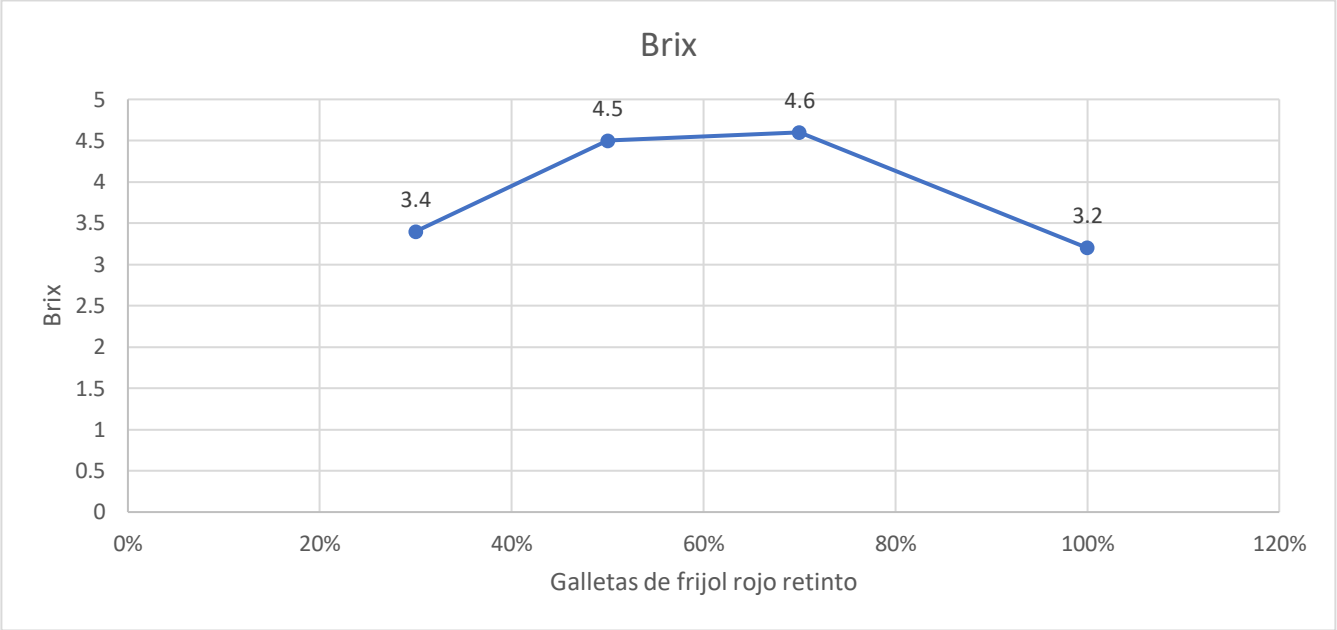
Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Brix de galletas de frijol rojo criollo



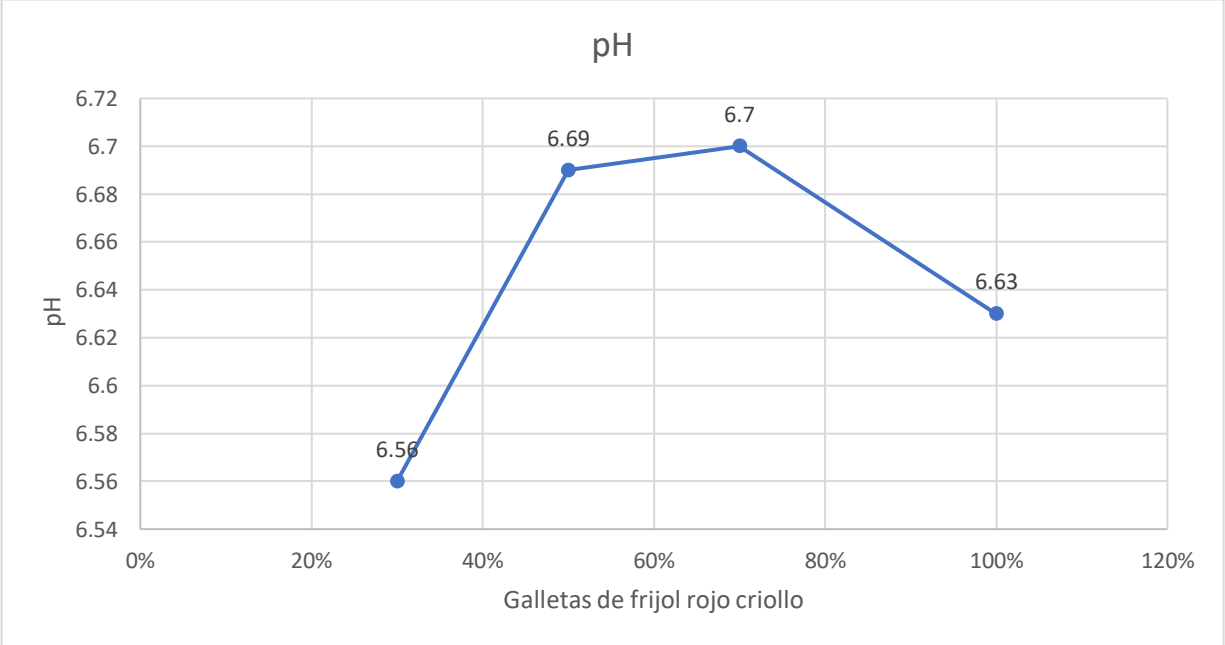
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9 Brix de galletas de frijol rojo retinto



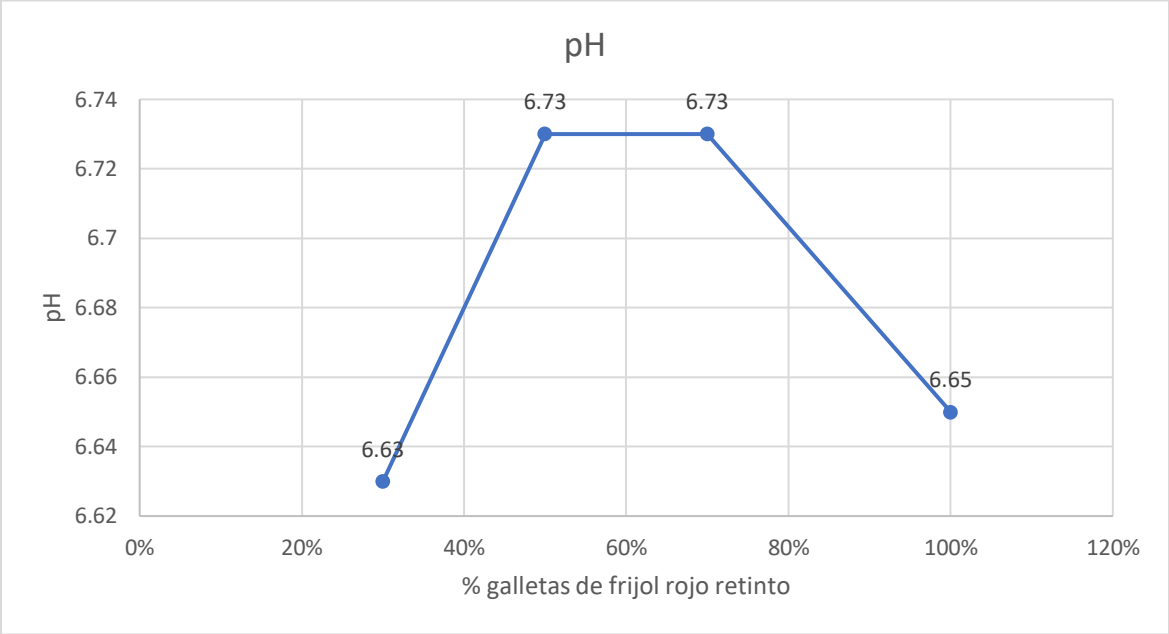
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 pH de galletas de frijol rojo criollo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 pH de galletas de frijol rojo retinto



Fuente: Elaboración propia.

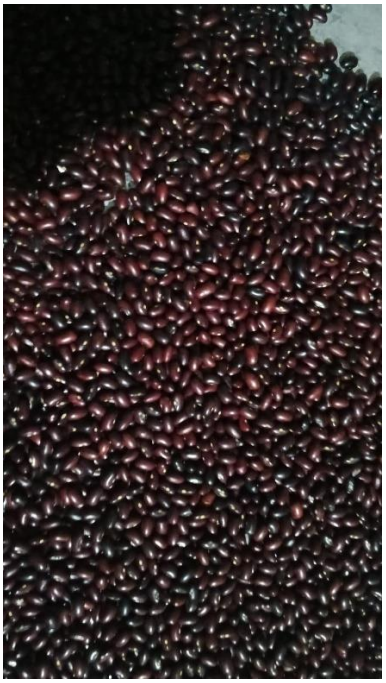
Anexo 2: Encuesta.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: _____ **Sexo:** F___ M___ **Fecha:**____/____/____

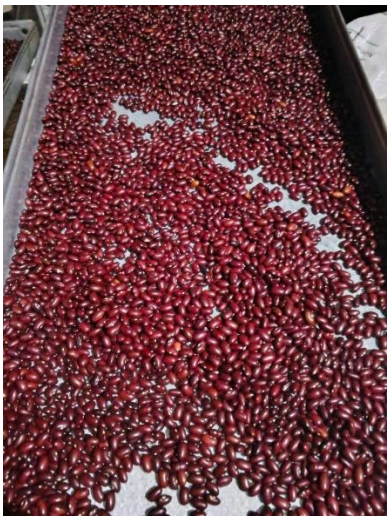
Caracteristas organoleptica	**Muestra**				
		No me gusta nada	**No me gusta**	**Me gusta**	**Me gusta mucho**
Olor	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
Color	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
Sabor	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.				
	3.				
	4.				

Figura 12 Variedad de frijol rojo retinto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13 Variedad de frijol rojo criollo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14 Molienda de frijol rojo criollo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15 Molienda de frijol rojo retinto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16 Molienda de frijol rojo criollo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17 Molienda de frijol rojo retinto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18 Tamizado de Harinas de frijol variedad rojo criollo y retinto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19 Elaboración de galletas de las variedades de frijol rojo criollo y frijol retinto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20 Horneado de galletas de frijol rojo criollo 100%



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21 Horneado de galletas de frijol rojo retinto 100%



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22 Horneado de frijol rojo criollo 50% y 50% harina de trigo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23 Horneado de frijol rojo retinto 30% y 70% harina de trigo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24 Horneado de frijol rojo criollo 70% y 30% harina de trigo.



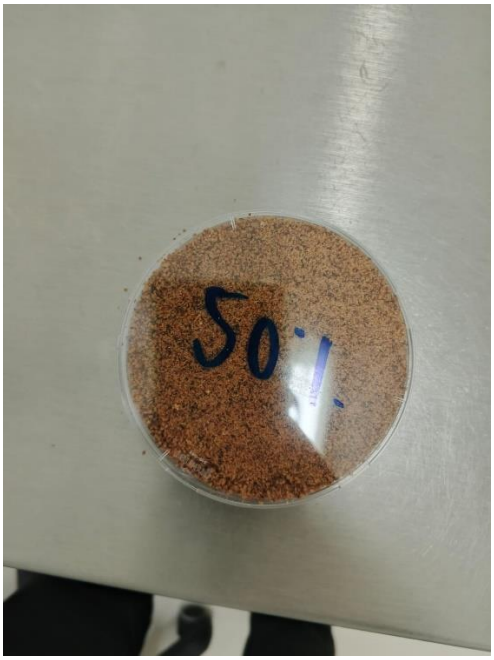
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25 Galleta de frijol al 30%



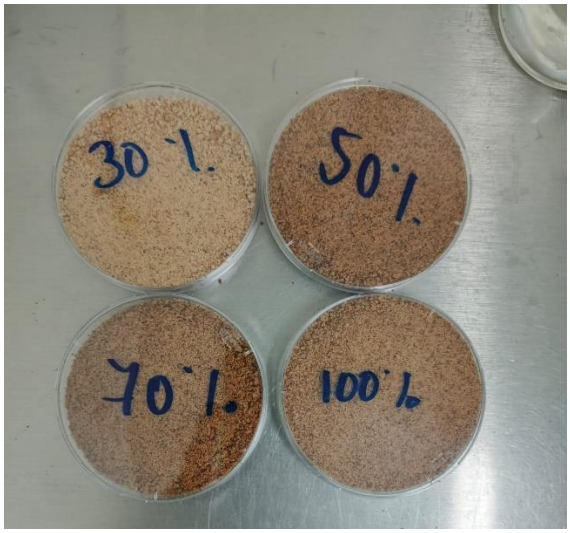
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26 Galleta de frijol al 50%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27 Galleta de frijol al 30%, 50%, 70% 100%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28 Pesado de galleta para dilución



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29 Soluciones buffer pH 4 y pH 7.



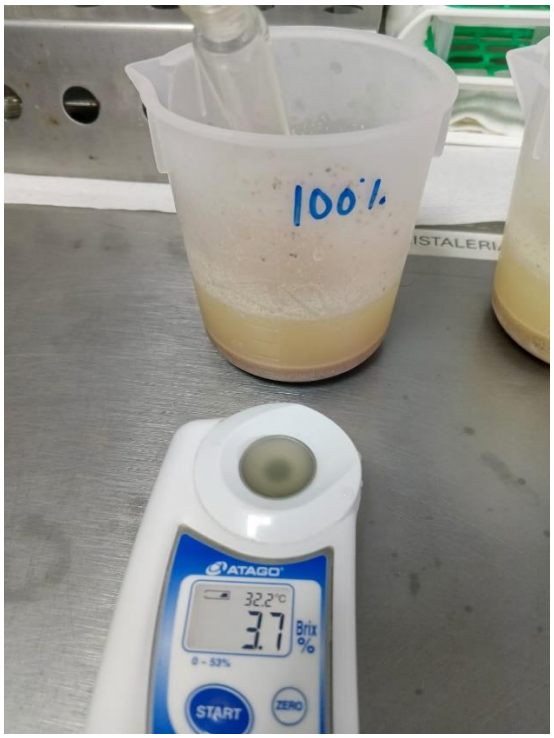
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30 Medición con pHmetro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31 Medición de °brix con refractómetro.



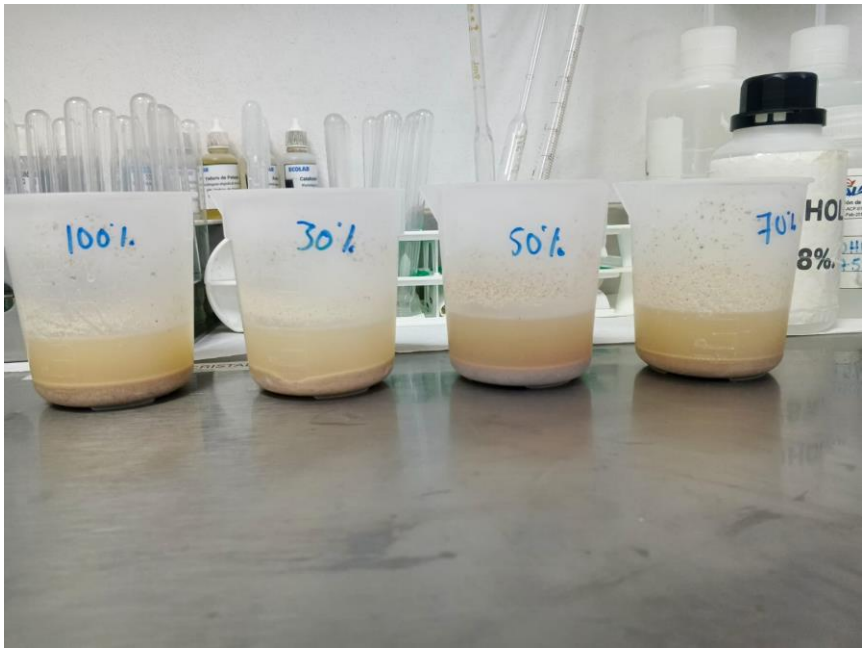
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32 Medición de °brix con refractómetro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33 Dilución 1:10 de solidos de galletas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34 Medición con pHmetro de galleta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35 Medición con pHmetro de harina de frijol.

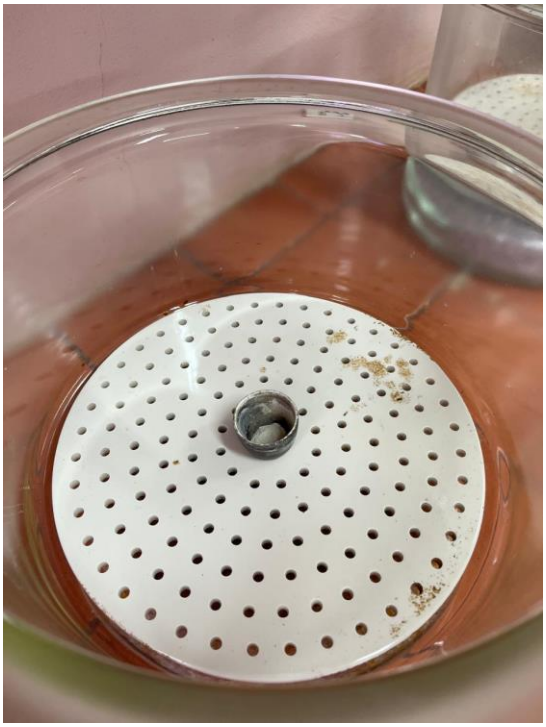


Fuente: Elaboración propia.

Figura *36 Medición con pHmetro de harina de frijol.*



Fuente: Elaboración propia.***Figura 37 Muestra de cenizas en el desecador.***



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38 Muestras de harina en mufla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39 Mufla a 550°C.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40 Desecador con muestras de cenizas.



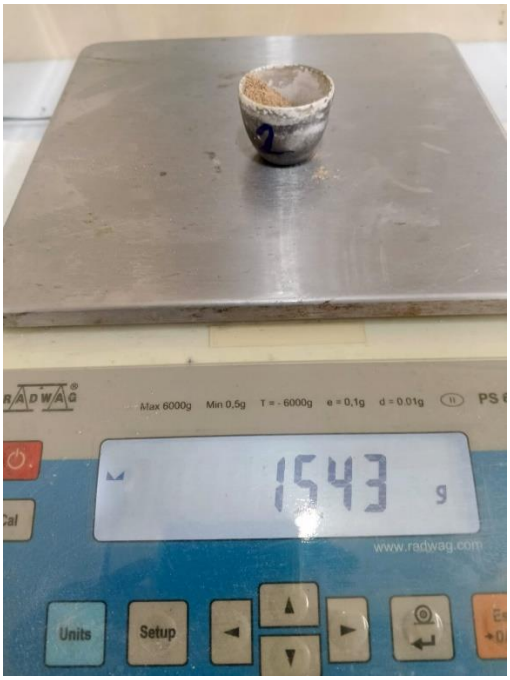
Fuente: Elaboración propia.

Figura 41 Pesaje de crisol.



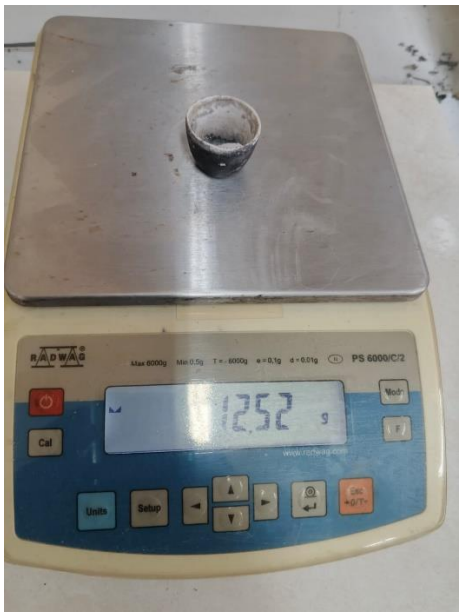
Fuente: Elaboración propia.

Figura 42 muestra de harina más crisol.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 43 Muestra de cenizas más crisol.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 44 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 23 **Sexo:** F___ M✓ **Fecha:** 01 /11 /2025

Caracteristas organoleptica	Muestra 3	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				
	3.				
	4.			X	
Color	1.				
	2.				
	3.				
	4.			X	
Sabor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 45 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 27 **Sexo:** F___ M_x_ **Fecha:** 01 /11 /2026.

Caracteristas organoleptica	Muestra 3	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Color	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				
Sabor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				
Aroma	1.				X
	2.				
	3.				
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 46 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 24 **Sexo:** F___ M_x_ **Fecha:** 01 / 11 / 25

Caracteristas organoleptica	Muestra 3	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				
Color	1.				X
	2.				
	3.				
	4.				
Sabor	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				
Textura	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 47 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 29 **Sexo:** F___ M X **Fecha:** 16 / 12 / 2025

Caracteristas organoleptica	Muestra 3	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Color	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Sabor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				
Aroma	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 48 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 29 **Sexo:** F X M___ **Fecha:** 16 / 11 / 2025

Caracteristas organoleptica	Muestra 3	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				
Color	1.			X	
	2.				
	3.				
	4.				
Sabor	1.				X
	2.				
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				
Aroma	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 49 Encuesta de muestra Nº3 de Relación de harina de frijol rojo criollo de 50% con harina de trigo 50%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 27 **Sexo:** F X M___ **Fecha:** 16 /11/2026.

Caracteristas organoleptica	Muestra 2	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				
Color	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Sabor	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				
Textura	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 50 Encuesta de muestra N°4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 33 **Sexo:** F___ M X **Fecha:** 17 / 11 / 23

Caracteristas organoleptica	Muestra	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				
Color	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Sabor	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				
Textura	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 51 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 28 **Sexo:** F x M___ **Fecha:** 17 / 11 / 2025

Caracteristas organoleptica	Muestra 4	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Color	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Sabor	1.				X
	2.				
	3.				
	4.				
Textura	1.				X
	2.				
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 52 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 20 **Sexo:** F ✓ M___ **Fecha:** 17 / 11 / 25

Caracteristas organoleptica	Muestra 4	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.			X	
	2.				
	3.				
	4.				
Color	1.			X	
	2.				
	3.				
	4.				
Sabor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				
Aroma	1.				X
	2.				
	3.				
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 53 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 25 **Sexo:** F X M___ **Fecha:** 11/04/25

Caracteristas organoleptica	Muestra 4	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				X
Color	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
Sabor	1.			X	
	2.				
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.				
	3.				X
	4.				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54 Encuesta de muestra Nº4 Relación de harina de frijol rojo criollo de 30% con harina de trigo 70%.

Estimado panelista, estamos realizando una evaluación sensorial con el fin de conocer el grado de aceptación de galletas a base de harina de frijol, indique con (*) la muestra seleccionada, indique con una (X) la selección de su agrado.

Edad: 24 **Sexo:** F___ M_X_ **Fecha:** 17 / 11 / 25

Caracteristas organoleptica	Muestra 4	 No me gusta nada	 No me gusta	 Me gusta	 Me gusta mucho
Olor	1.			X	
	2.				
	3.				
	4.				
Color	1.				
	2.				
	3.			X	
	4.				
Sabor	1.				
	2.			X	
	3.				
	4.				
Textura	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				
Aroma	1.				
	2.				X
	3.				
	4.				

Fuente: Elaboración propia.