

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DESARROLLO DE GALLETA INTEGRAL CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE
HARINA DE TRIGO INTEGRAL (*Triticum durum* L.) POR HARINA DE TEOSINTE
(*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams)**

POR:

ANDREA MIGUEL PADILLA FLORES

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

ABRIL, 2024

DESARROLLO DE GALLETA INTEGRAL CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE
HARINA DE TRIGO INTEGRAL (*Triticum durum* L.) POR HARINA DE TEOSINTE
(*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams)

POR:

ANDREA MIGUEL PADILLA FLORES

M.Sc. RAMÓN ANTONIO HERRERA ANTÚNEZ

Asesor Principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

ABRIL, 2024

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada en primer lugar a Dios, por brindarme sabiduría y fortaleza en momentos difíciles para continuar en esta meta.

A mi madre, **Nora Azucena Flores Soliz** por todo su amor, apoyo y fortaleza. En cada paso de esta travesía académica, tu presencia ha sido mi roca inquebrantable mi inspiración constante y mi mayor motivación. Tus sacrificios, tus palabras de aliento, tu sabiduría y tu amor incondicional, este logro también es de ella.

A mi hermano **Carlos Andrés Padilla Flores** en cada paso de este viaje académico, tu presencia ha sido una fuente inagotable de inspiración, tus palabras de aliento tu sabiduría compartida y tu amor, han sido pilares fundamentales que me han sostenido en los momentos de dificultad.

A mis hermanos **Yuri Azucena Padilla Flores, Luis Miguel Padilla Flores** quienes han sido mis compañeros de vida y que han estado conmigo en este proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las oportunidades que me ha brindado, por ayudarme a ser perseverante en cada uno de mis proyectos por nunca dejarme sola por guiar mi camino y por las personas que ha colocado en el mismo.

A mi alma mater “Universidad Nacional de Agricultura” por haberme abierto sus puertas y permitirme tener la mejor formación profesional.

A mis asesores M.Sc Ramon Herrera, M.Sc Nairobi Sevilla, M.Sc Debora Mejía, gracias por los conocimientos brindados a lo largo de mi formación profesional y por todo el apoyo para el desarrollo y culminación de mi práctica profesional supervisada.

A mi familia, quienes han sido la pieza fundamental de todo lo que he logrado, mi agradecimiento es enorme ante tales, me proporcionaron todo el apoyo posible para culminar mi meta, por lo tanto, este logro va dirigido a mi madre mis hermanos, sin duda alguna han sido las personas que estuvieron en todo momento a mi disposición, durante mi proceso de formación académica, a mis amigos Isaac Fernando Gonzales Rubio y María Celeste Acosta Velasquez por siempre apoyarme y estar conmigo en este proceso académico.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.1. Generalidades del trigo.....	3
1.1.1. Composición nutricional.....	4
1.2. Harina de trigo.....	5
1.3. Fibra	5
1.3.1. Tipos de Fibra.....	5
1.3.2. Importancia en el consumo de fibra a la salud	6
1.4. Galleta integral	6
1.5. Generalidades de las galletas integrales	7

1.5.1.	Materias primas usadas para la producción de galletas	7
1.6.	Teosinte	9
1.6.1.	Composición nutricional de la harina de teosinte	10
1.7.	Chía (<i>Salvia hispánica</i> L.).....	11
1.7.1.	Composición nutricional de la Chía.....	11
1.7.2.	Propiedades funcionales de la Chía	12
IV.	MATERIALES Y MÉTODO.....	13
4.1.	Lugar de investigación	13
4.2.	Materiales y equipo	14
4.3.	Metodología	15
4.3.2.	Etapas II: Diseño de las formulaciones para el proceso de manufactura.....	17
4.3.3.	Etapas III: Evaluación sensorial.....	21
4.4.	Análisis estadístico.....	22
5.1.	Etapas I: Obtención de la harina de teosinte	23
5.2.	Etapas II: Diseño de las formulaciones para el proceso de manufactura con diseño de mezcla.	24
5.3.	Etapas III: Pruebas sensoriales	25
5.4.	Análisis de datos.....	26
5.4.1.	Análisis de las características organolépticas de las galletas.....	26
VI.	CONCLUSIONES.....	31
VII.	RECOMENDACIONES.....	32
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	33
IX.	ANEXOS	36
	Anexo 1	36
	Anexo 2	38
	Anexo 3.....	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional del trigo.	4
Tabla 2. Composición química de la galleta integral.	7
Tabla 3. Composición de Teosinte.	11
Tabla 4. Composición nutricional de las semillas de chia.....	11
Tabla 5. Materias primas requeridas para la producción de las galletas integrales.....	13
Tabla 6. Restricciones para la elaboración de las galletas integrales.	16
Tabla 7. Ingredientes fijos.	16
Tabla 8. .Diseño de mezclas	17
Tabla 9. . Escala hedonica de 5 puntos	21
Tabla 10. Representación de las 4 formulaciones.	23
Tabla 11. Cuadro de medias por tratamiento.....	24

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Teosinte	10
Figura 2. Planta procesadora de granos y cereales y laboratorio acuicola.	13
Figura 3. Etapas de la investigación.	15
Figura 4. Proceso de obtención del teosinte	15
Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de las galletas integrales.	18
Figura 6. Calculo de operación unitaria.	18
Figura 7. Analisis de las características organolepticas del aroma.	25
Figura 8. Analisis de las características organolepticas del sabor.....	25
Figura 9. Analisis de las características organolepticas del textura.	26
Figura 10. Analisis de las características organolepticas del color	26
Figura 11. Evaluación de la aceptación general	27
Figura 12. Indice de Aceptabilidad de las características organolepticas por tratamiento..	28

PADILLA FLORES, A.M. (2024). DESARROLLO DE GALLETA CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO INTEGRAL (*Triticum durum* L.) POR HARINA DE TEOSINTE (*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams) Tesis de grado Ingeniero en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, C.A

RESUMEN

El teosinte (*Dioon mejiae* Standl L. & L.O Williams.) es un pseudocereal endémico de Honduras, este fruto que puede garantizar a los consumidores que no sufran de hambre durante un periodo de escasez, atribuido las capacidades nutricionales y beneficiosas que brindan a la salud. Se realizó un proceso de horneado de galletas donde se utilizó una sustitución parcial de harina de trigo integral por harina de teosinte, se desarrollaron cuatro tratamientos, utilizando harina de teosinte y harina de trigo, en los que varía el teosinte y el trigo, utilizando un diseño de mezclas simplex, donde T1(25% y 50%), T2 (24% y 51%), T3 (24% y 53%), T4 (20% y 55 %), posteriormente se aplicaron pruebas sensoriales donde los atributos a evaluar fueron, color, sabor, textura y olor mediante una escala hedónica de 5 puntos, 50 panelistas no capacitados, los datos obtenidos se analizaron por el método de varianza ANOVA con un margen de error del 5%y una prueba de comparación de media de Tukey utilizando el programa InfoStat . Los resultados demuestran, que la muestra T1 con un porcentaje de 25% de teosinte tuvo mayor aceptabilidad en los atributos evaluados, donde el T3 tuvo una similitud al T1 en las variables de textura y color. Demostrando que la harina de teosinte puede ser utilizada en productos de horneado a un 25% y 50% sin alterar las características sensoriales en los productos.

Palabras clave: Teosinte, Galleta integral, Nixtamalizado, Harina, Horneado

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la falta de alimentación y pobreza aumentan gradualmente a nivel mundial, por ello se debe garantizar el derecho alimentario a los pueblos, primordialmente de aquellos que se encuentran en situación de vulnerabilidad, por ello es urgente el reconocimiento gubernamental y social en el control autónomo de los territorios, recursos naturales, sistemas de gestión, producción y consumo de alimentos al igual que el respeto a la cultura y valoración de la identidad (FAO 2021).

Asimismo, el hambre y la malnutrición hacen que las personas sean menos productivas y sean propensas a padecer de enfermedades, afectando sus ingresos y estilo de vida como consecuencia de una mala alimentación. Es por ello, que se da el auge de los alimentos funcionales en atención a este tipo de problemática a nivel mundial; que compensan los desequilibrios alimenticios y mejoran la ingesta de nutrientes como fibra y proteínas (Marcia et al. 2022; Benavides Bolaños y Recalde Centeno 2007; Buñay Coro 2015).

Con lo anterior, la industria alimentaria produce grandes cantidades de productos sin el aprovechamiento de materias primas que beneficiarían la mejora de la calidad nutricional de los mismos, siendo uno de ellos el teosinte dado que puede garantizar a los consumidores que no sufran de hambre durante periodos de escasez, atribuido a las capacidades nutricionales y beneficiosas que brinda a la salud (Abbate, 2019). Por lo que, el objetivo de la investigación será desarrollar una galleta integral a base de harina de teosinte (*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams) con adición de semillas de chía (*Salvia hispánica* L.).

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

- Desarrollar una galleta integral con sustitución parcial de harina de trigo integral (*Triticum durum* L.) por harina de teosinte (*Dioon mejiae* Standl. & L.O.Williams)

2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un protocolo para la obtención de harina de teosinte mediante deshidratación, nixtamalizado, secado y molturación.
- Determinar el rendimiento harinero del teosinte mediante cálculos de operaciones unitarias y balance de materia.
- Diseñar formulaciones con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo integral por harina de teosinte, mediante formulaciones obtenidas del diseño de mezclas simplex.
- Evaluar las características organolépticas de las galletas integrales, aplicando pruebas sensoriales de aceptación hedónica estructurada de 5 puntos a escala de laboratorio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Generalidades del trigo

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es considerado la especie agrícola más antigua cultivada por el hombre, siendo el cereal más sembrado en el mundo. El trigo es una planta anual de crecimiento invierno primaveral, que, debido a su gran diversidad genética, puede crecer y reproducir en ambientes muy diferentes entre sí. Este cultivo se extiende ampliamente en muchas partes del mundo, quizás por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países. En la actualidad ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial: trigo, maíz, cebada y arroz. (AVILA, 2020)

El trigo es convencionalmente utilizado en la manufacturación del pan y otros alimentos de consumo diario, dado a la capacidad de su harina para formar pan voluminoso, debido a la elasticidad del gluten que contiene. (Abbate, 2019) El trigo es un monocotiledón perteneciente al género *Triticum* de la familia de las Gramínea, siendo las dos especies más cultivadas el trigo blando (*Triticum aestivum*) y el trigo duro (*Triticum durum*). Es uno de los cereales más usados en la elaboración de alimentos y por tanto el más cultivado; siendo el producto agrícola más importante. Uno de los componentes nutricionales más importantes del trigo es la proteína (Bernardette, 2020)

1.1.1. Composición nutricional

El trigo es el único cereal capaz de formar masas fuertes, cohesivas y capaces de retener gas y dar como producto un pan esponjoso, entre sus propiedades funcionales, la formación de masa es la que ha conducido a su tan extensa aplicación en la industria alimentaria (Zúñiga, 2019). De acuerdo con el grano maduro de trigo se conforma (Tabla 1) de carbohidratos, proteínas, lípidos, agua y micronutrientes, siendo una fuente de minerales especialmente en magnesio; contiene gran número de moléculas como: Vitamina E, componentes antioxidantes (ácido fólico y carotenoides), y compuestos como las ligninas. Y forma parte del cuarteto de cereales que contienen gluten en sus proteínas; trigo, avena, centeno y cebada (TACC) (JIMÉNEZ, 2021).

Tabla 1. Composición nutricional del trigo.

Componentes	100 g
Proteínas	16
Almidón	62.6
Lípidos	4.54
Cenizas	1.57
Fibra dietética	15.2
TOTAL	100%

Fuente: (Zuniga, 2017)

1.2. Harina de trigo integral

Es proveniente de diversas calidades de trigo cultivado en diferentes partes del mundo. Por lo que, presenta un aspecto pulverulento con pequeños gránulos de bordes redondeados, de color blanco, por lo que tiene una buena extensibilidad y dureza media- baja, siendo ampliamente utilizada para pan y productos fermentados tales como postres (pasteles, galletas etc.) pizzas y para la producción de pasta fresca (Aguilar y Asmat Daza 2020). La harina de trigo es uno de los alimentos más antiguos que el ser humano ha consumido y está presente en muchísimos ámbitos de nuestra vida (Valeria, 2018).

1.3. Fibra

Lo que conocemos como fibra dietética, se refiere a todas las partes de los alimentos vegetales que el cuerpo no puede digerir o absorber. A diferencia de otros componentes de los alimentos, como las grasas, las proteínas o los carbohidratos, que el organismo descompone y absorbe, no es digerida por el cuerpo, (FAO, La Fibra Alimentaria Una Aliada De Nuestra Salud, 2021)

1.3.1. Tipos de Fibra

- **Fibra soluble:** se encuentra en alimentos como la avena, cebada, caraotas, frijoles, manzanas, naranjas, zanahorias. Este tipo de fibra absorbe agua para formar un material gelatinoso.

- **Fibra insoluble:** se encuentra en alimentos como, el salvado de trigo, los frutos secos, fresa, mango, mora, coliflor. Este tipo de fibra promueve el movimiento del intestino y aumenta el volumen de las heces (FAO, La Fibra Alimentaria Una Aliada De Nuestra Salud, 2021)

1.3.2. Importancia en el consumo de fibra a la salud

Promueve la salud del intestino: absorbe agua aumentando el tamaño de las heces y mejora su consistencia, ayudando a combatir el estreñimiento y enfermedades asociadas a este mal funcionamiento, especialmente el cáncer de colon. Además, promueve la proliferación de bacterias positivas que mantienen el equilibrio y buen funcionamiento del intestino. (Escudero, 2019)

Ayuda a combatir el sobrepeso, la obesidad: es capaz de disminuir la absorción de una parte de las grasas y de los azúcares consumidos en la dieta, lo que permite controlar el colesterol y el nivel de azúcar en sangre, además genera sensación de saciedad lo que ayuda a controlar la ansiedad por la comida (Carbajal, 2021)

1.4. Galleta integral

La galleta se define como el producto alimenticio obtenido por el amasado y cocción de masa preparada con harina de trigo pura o con mezclas de harinas, agua potable, mantequilla y/o grasa vegetal, azúcares permitidos (sacarosa, azúcar invertido, miel de abeja, extracto de malta y otros), adicionada o no de huevo, leche, almidones, polvo de hornear, levaduras para panificación, sal y aditivos permitidos de acuerdo al tipo de galleta

a obtener, El procesamiento implica cocinar los granos de maíz y soya, lavarlos y molerlos y mezclar los ingredientes para hacer la masa, pasarla por un rodillo, darle la forma deseada y hornearla (FAO, 2020).

1.5. Generalidades de las galletas integrales

Galletas con fibras elaboradas a base de harina integral de trigo con la mezcla de aditivos. Según el tipo de galleta será la proporción de fibra, con distintos sabores (galletas, coco, pasas, chocolate etc.). Aportan energía y evitan la acumulación de grasas en el organismo, beneficiando a regular la cantidad de azúcar en la sangre, siendo recomendadas para aquellas personas que padecen de diabetes, además que los nutrientes que contienen ayudan al crecimiento de los niños. Además, que benefician en reducir peso, dado al aumento de la masa fecal debido a la absorción de agua, evitando el estreñimiento, efecto otorgado por la composición química de la galleta integral (Tabla 2) (García, 2022)

Tabla 2. Composición química de la galleta integral.

Parámetros	Cantidad (por cada 100 g.)
Hidratos de carbono	68,5
Proteína	13,9
Grasas	12,2
Calorías	439 kcal/g.

Fuente: (Buñay Coro 2016).

1.5.1. Materias primas usadas para la producción de galletas

Huevo: El añadir huevo entero en la fórmula, proporciona estructura a la masa, a partir de la creación de una red de proteínas, de modo que cuando se hornea, la galleta mantiene la forma que se le ha dado no deformándose en la bandeja. Los huevos presentan altos índices de consumo por las familias a nivel mundial. Debido a su composición nutricional, siendo uno de los alimentos de primera necesidad, dado que pueden ser consumidos bien frescos además en las industrias sirven como ingredientes para la elaboración de dulces y galletas. El contenido nutricional es muy alto, conteniendo vitaminas y minerales destacándose la vitamina A, B3, B6, B12, B9, ácido fólico, zinc, colina, lecitina (Soyar 2017).

Mantequilla: Es un producto graso derivado exclusivamente de la leche o productos derivados, luego de pasar por un proceso de pasteurización, se caracteriza por presentar una forma de emulsión del tipo agua con aceite; por ello las mantequillas se clasifican en: mantequilla sin sal y mantequilla con sal (Yacila Sarango 2020). Una margarina es una emulsión plástica o líquida con un contenido mínimo de 80% de grasa. La fase acuosa consiste de agua y productos lácteos y la fase oleosa llamada “marbase” puede hacerse a base de aceites hidrogenados y aceites interesterificados de soya. También contiene sales, color, emulsificantes, conservadores, antioxidantes y puede contener vitaminas A y D (Mundo, 2018).

Polvo de hornear: Denominado leudante químico, el polvo de hornear libera anhídrido carbónico, en panificación es el principal ingrediente que se utiliza para levantar o hacer esponjosa la masa de harina o almidón al momento del horneado. Se compone de bicarbonato de sodio, pirofosfato de sodio, fosfato mono cálcico y almidón, su aspecto físico es de un polvo de color blanco (Yacila Sarango 2020).

Esencia de vainilla: Es un producto aromático que se utiliza con frecuencia en confiterías, tratándose del fruto proveniente de la planta de orquídeas. Es un cultivo que se reproduce en lugares tropicales, comercializándose en el mercado esencias de vainilla que se aproximan a la auténtica los cuales derivan del fenol, estos productos son sintéticos siendo incomparables a la vainilla natural (Yacila Sarango 2020).

Leche pasteurizada: Producto lácteo que sufre cambios térmicos para asegurar la completa eliminación de microorganismos patógenos y toxico génicos, sin desnaturalizar sus propiedades fisicoquímicas que a su vez mantienen las características organolépticas y cualidades nutritivas (Yacila Sarango 2020). Producto obtenido al someter la leche cruda a un tratamiento térmico con el objeto de reducir el número de microorganismos presentes en la leche y permitir un almacenamiento más prolongado antes de someterla a la elaboración ulterior. Las condiciones del tratamiento térmico son mínimo 62°C durante 15 a 20 segundos (Ministerio, 2019).

1.6. Teosinte

Dioon mejiae Standl & LO Williams conocido como teosinte, es un árbol fósil viviente que se encuentra en Honduras, originario del departamento de Olancho donde se encuentra la mayor parte de la especie en comunidades como Rio Grande y Saguay. El teosinte es una cícada, grupo de plantas que surgió antes de la división entre monocotiledóneas y dicotiledóneas empleadas como cereales, utilizado para la alimentación principalmente en

la elaboración de comidas típicas centrándose en los productos de panificación (Bastias J. M., 2020)



Figura 1. Teosinte (*Dioon mejiae* Standl. & L.O. Williams) (Saguay, 2023)

1.6.1. Composición nutricional de la harina de teosinte

La harina de teosinte es un alimento calórico que contiene principalmente almidón, el contenido de proteína es similar a la de otros cereales (9.67 ± 0.08 gramos/100 gramos de harina) que incluían ácido glutámico, leucina y especialmente lisina, proporcionando más del 25% de estos aminoácidos esenciales, además posee alto contenido de ácidos grasos insaturados, predominando el ácido oleico y ácido linoleico. En cuanto a los minerales, la harina de teosinte presenta hierro, zinc, calcio, potasio; con lo anterior se le confiere a la harina de teosinte excelentes capacidades nutricionales y beneficiosas para la salud, así como una buena alternativa industrial y tecnológica (Bastias J. M., 2020)

Tabla 3. Composición de Teosinte.

Parámetros	g/100g
Humedad	9,7
Cenizas	2,7
Proteínas	9,6
Grasas	1,1
Fibra	8,5
Carbohidratos totales	76,9
pH	7.5(26.7 °C)
Actividad de agua	1.5
Energía	356,3 kcal/100 g.
TOTAL	100%

(Lopez, Huerta, & Torrez, 2017) (Herrera, 2022)

1.7. Chía (*Salvia hispánica* L.)

La semilla está constituida de ácidos grasos, fibra, aminoácidos, antioxidantes, vitaminas, minerales, también es fuente importante de flavonoides. No contiene gluten, por lo que es apta para celíacos, se puede decir que la chía es una planta anual de verano que pertenece a la familia de las Labiatae; en la época precolombina, la Chía era uno de los alimentos básicos de las civilizaciones de América Central, antes que el amaranto y después del maíz. Además, la investigación científica y el desarrollo tecnológico ha demostrado que la chía es un potencial alimento con alto valor nutricional que puede beneficiar a la producción de alimentos funcionales (Poblete 2007)

1.7.1. Composición nutricional de la Chía

De acuerdo con Conde Carrión (2016) la composición nutricional de las semillas de Chía son las siguientes (Tabla 3):

Tabla 4. Composición nutricional de las semillas de Chía.

<i>Componentes</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Energía (Kcal/100 gramos)	550
Proteínas	19-23
Lípidos	30-35
Carbohidratos	9-41
Fibra	18-30

Fuente: (Conde Carrión 2016).

1.7.2. **Propiedades funcionales de la Chía**

La chía es un grano apreciado por su gran contenido de ácidos grasos, entre ellos el omega 3 útil para contrarrestar los triglicéridos, de igual manera se relaciona con la pérdida de peso en el ser humano, las semillas de chía contienen una gran cantidad de compuestos con potente actividad antioxidante, entre los más destacados se encuentra el ácido clorogénico, el ácido cafeico, miricetina, quercetina y kaempferol. La importancia de los compuestos antioxidantes radica en su protección frente a la oxidación lipídica que afecta tanto la calidad de los alimentos como la salud de los consumidores, con el posible deterioro de las características organolépticas, funcionales y nutricional

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1.Lugar de investigación

El trabajo de investigación se realizó en la planta de granos y cereales de la Facultad de Ciencias Tecnológicas (Figura 1) planta en la cual, se llevó a cabo el proceso de recepción de la materia prima, mientras que la nixtamalización en el comedor estudiantil de la (UNAG), para la obtención de la harina de teosinte se realizó el proceso de deshidratación realizando el proceso de envasado al vacío en la planta de hortofrutícola, de la Facultad de Ciencias Tecnológicas, la preparación de la galleta se llevó a cabo en el laboratorio de acuícola que está ubicado en el área de la Facultad de Ciencias Tecnológicas.



Figura 2. Planta procesadora de granos y cereales y Laboratorio acuícola

Fuente: (Google maps 2024).

4.2. Materiales y equipo

Material vegetal y animal: Para la obtención de la harina de teosinte se basó en la metodología de (Herrera R 2022) con leves modificaciones, el teosinte será recolectó en el municipio de Gualaco, Olancho, Las Minas, Olanchito, Yoro, Pueblo Viejo, Guata, Olancho, Honduras. Las semillas recolectadas fueron tratadas con agua y cal viva a las que seguidamente se les dará cocción mediante hidrólisis alcalina , posteriormente serán secadas a temperatura ambiente colocándolas en bandejas de acero inoxidable, seguidamente serán deshidratadas en una maquina industrial con calor a contracorriente por convección y vapor seco a 55 °c por 5 horas, tomando medida de la humedad antes y después del proceso empleando un medidor de humedad finalizado el secado serán trituradas haciendo uso de un molino de discos de 5 caballos de potencia para la obtención de la harina la cual consecutivamente será tamizada hasta 150 µm de tamaño de partícula empleando un tamiz, finalizando con el empaque al vacío utilizando una empacadora industrial modelo, la harina de teosinte en bolsas plásticas de polietileno. Por otro lado, el resto de ingredientes (Tabla 4) serán adquiridos en tiendas locales de la ciudad de Catacamas.

Tabla 5. Materias primas requeridas para la producción de las galletas integrales.

<i>Materia prima</i>	<i>Marca</i>
Harina de teosinte	Comercial
Harina de trigo integral	Comercial
Margarina	Comercial
Azúcar glas	Comercial
Huevos	Comercial

Leche	Comercial
Soda	Comercial
Vainilla	Comercial
Semillas de chía	Comercial

Fuente propia

Materiales complementarios: Sartenes de cocina, bandejas para hornear, mesas, papel toalla, cucharas de acero inoxidable, estufa, cuchillos de acero inoxidable, molino.

Equipos e instrumentos: Balanza analítica, termómetro, medidor de humedad.

4.3. Metodología

La investigación se llevó a cabo en tres etapas (Figura 3):

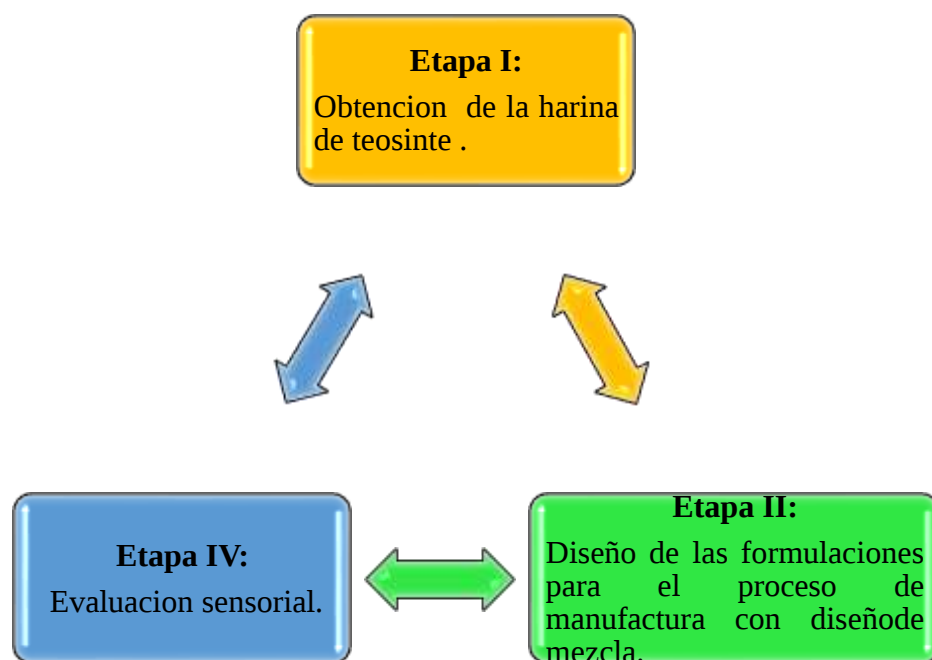


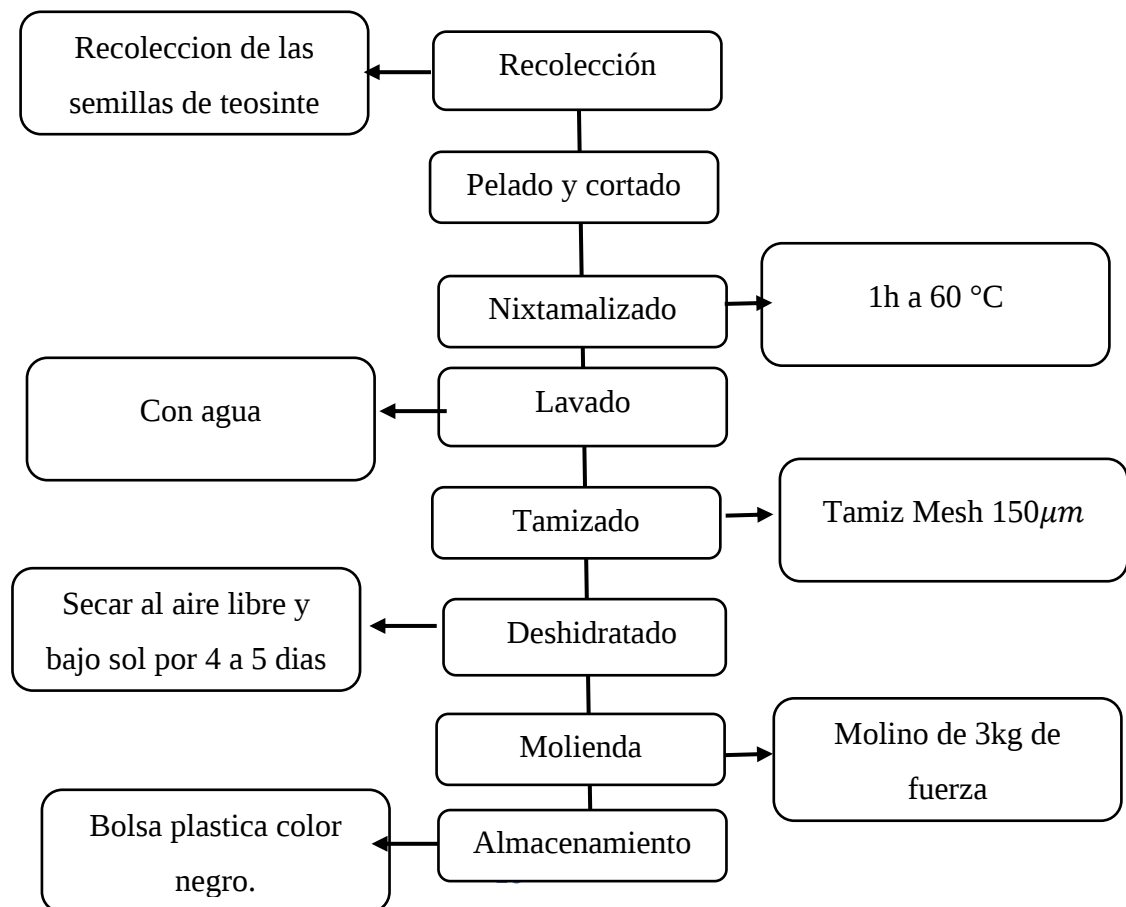
Figura 3. Etapas de la investigación.

Descripción de las etapas:

4.3.1. Etapa I: Obtención de la harina de teosinte.

Para la obtención de la harina de teosinte se llevó a cabo una serie de pasos el cual es recolectar las semillas luego pasara por un pelado y secado, posteriormente pasara por un nixtamalizado, por un lavado con agua por repetidas ocasiones luego se deberán secar a temperatura ambiente durante tres días consecutivos, se somera por el deshidratador industrial por 4h, posteriormente las semillas serán molidas en un molino el cual el resultado será la obtención de polvo de la harina de teosinte y se pasara por un tamiz 150 μm , como último paso se utilizará en la elaboración de la galleta integral.

Figura 4. Proceso de obtención del Teosinte.



4.3.2. Etapa II: Diseño de las formulaciones para el proceso de manufactura.

La segunda etapa se enfocará, en el desarrollo de formulaciones mediante un diseño de mezclas para determinar los valores máximos y mínimos de cada ingrediente (Tabla 5), para una adecuada conjugación de cada ingrediente, por lo que los valores se detallan a continuación:

Tabla 6. para la elaboración de las galletas integrales.

<i>Materia prima</i>	<i>Límite mínimo (%)</i>	<i>Límite máximo (%)</i>
Harina de teosinte	20	25
Harina de trigo integral	50	55

Tabla 7. Ingredientes fijos.

<i>Materia prima</i>	<i>Mínimo (%)</i>
Leche	0.5
Margarina	0.4
Soda	0.4
Azúcar	0.5
Vainilla	0.3
Huevo	0.4

A. Proceso de elaboración de las galletas integrales

El proceso de manufactura para la elaboración de las galletas se fundamentara en lo propuesto por Yacila Sarango (2020) con leves modificaciones. Por lo que, el proceso de elaboración de las galletas integrales se muestra a continuación (Figura 5):

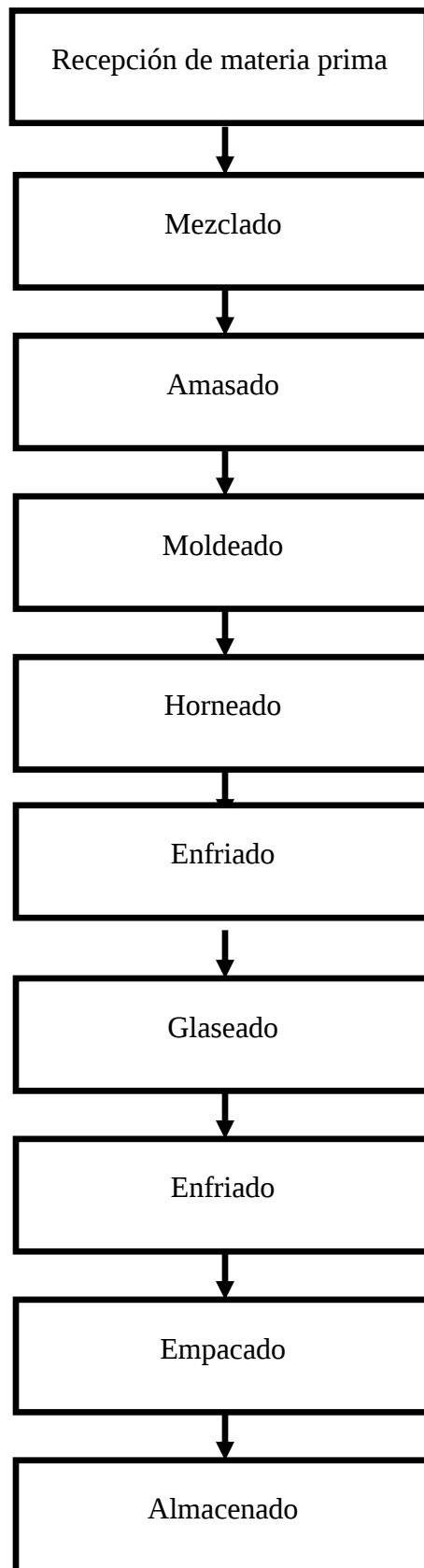
A continuación, se muestran las diferentes corridas experimentales que se obtuvieron utilizando el programa STATGRAPHICS en el cual se utilizó un diseño de mezclas optimizado simplex.

Tabla 8. Diseño de mezclas simplex.

Harina de teosinte	Harina de trigo	Leche	Margarina	Soda	Vainilla	azúcar	Huevo
0.25	0.50	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4
0.24	0.51	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4
0.23	0.53	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4
0.2	0.55	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4

Fuente propia

Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de las galletas integrales.



Descripción del proceso:

- **Recepción de la materia prima:** Se obtuvo las materias primas requeridas para el proceso de elaboración de las galletas integrales, verificando el buen estado de las mismas con el fin de evitar un efecto negativo en el producto final. Posteriormente se realizará el pesado de cada ingrediente utilizando una balanza analítica.
- **Mezclado:** Para una correcta homogenización de la mezcla, se utilizó una batidora incorporando a paso gradual cada ingrediente (huevos, polvo para hornear etc.) finalizando con la incorporación de las harinas (teosinte y trigo), dejando mezclar durante cinco minutos.
- **Amasado:** Obtenida la masa, de manera manual se amasará hasta la obtención de una masa suave.
- **Moldeado:** Posteriormente será distribuido en bandejas de acero inoxidable haciendo uso de un rodillo, para cortarlo y moldearlo en círculos medianos, forma que tendrá el producto final, la masa previamente cortada será colocada en bandejas de acero inoxidable.
- **Horneado:** Se someterá la masa moldeada a una temperatura de 180 °C durante 20 minutos, hasta su completa cocción.

- **Enfriado:** Concluido el proceso de horneado, las galletas se dejarán enfriar a temperatura ambiente, hasta que se encuentren aclimatadas.
- **Empacado:** Haciendo uso de bolsas de plástico, las galletas serán empacadas herméticamente en una presentación de 10 unidades.
- **Almacenado:** Los empaques serán almacenados en una zona fresca, libre de humedad y un área libre de contaminación, para asegurar la calidad inocuidad del mismo.

4.3.3. Etapa III: Evaluación sensorial.

Los diferentes tratamientos fueron evaluados mediante análisis sensorial a escala piloto, en el cual se evaluarán características organolépticas tales como textura, color, aroma, sabor, aceptabilidad general; se emplearán 50 jueces afectivos tomadas aleatoriamente entre docentes y trabajadores con edad entre los 23 años a 50 años. Se utilizará una escala hedónica de cinco puntos estructurada (Tabla 6), siendo 1 la puntuación más baja y 5 la puntuación más alta que recibiría cada tratamiento acorde a las preferencias de los jueces.

Tabla 9. Escala hedónica de cinco puntos.

<i>Puntaje</i>	<i>Significado</i>
1	Me disgusta mucho

2	Me disgusta ligeramente
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta ligeramente
5	Me gusta mucho

(María Espinoza Manfugás 2017).

4.4. Análisis estadístico

Para la evaluación de los datos obtenidos, se utilizará una prueba de comparación múltiple Tukey con un nivel de significancia del 5%, y con el paquete estadístico InFostat, se ejecutará pruebas de normalidad para conocer si los resultados cumplen con una distribución normal mediante la prueba Shapiro Wilk, se evaluará el índice de aceptabilidad de los cuatro tratamientos.

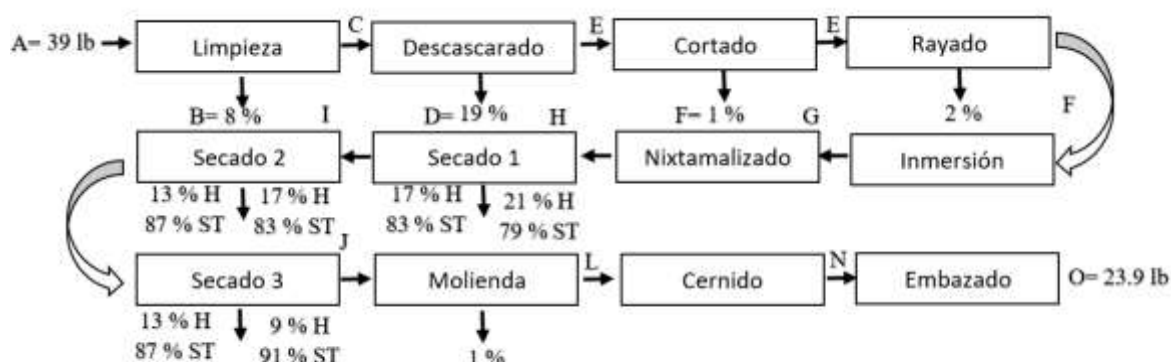
V. RESULTADOS Y DISCUCIONN

5.1. Etapa 1: Obtención de la harina de teosinte

Para la obtención de la harina de teosinte, primer se obtuvo la bellota de teosinte (Fruto), considerando su índice de madurez fisiológico y se verificara por el cambio de color de la misma, el secado del pedúnculo y tamaño, luego se rompió su cariósido, separando el exocarpio del pericarpio, seguidamente se cortaron en laminas delgadas, continuando con el proceso de secado fue de 5 días. Luego se realizó la nixtamalización para eliminar el Ciano glucósido.

Para la nixtamalización se utilizó 15 LTS de agua para 23L de teosinte, 1.15 L de hidróxido de calcio Ca (OH)_2 mediante la nixtamalización se mantuvo en agitación constante hasta ebullición por 15min, posteriormente se lavó el teosinte, y se colocó en bandejas para secarlo a temperatura ambiente durante 3 días, asimismo se deshidrato el teosinte durante 8 horas. Finalizando con la trituración haciendo uso de un molino eléctrico para la obtención de la harina la cual consecutivamente fue tamizada finalizando con la elaboración de las galletas

Figura 6. Cálculo de operaciones unitarias



Los resultados de rendimiento harinero del teosinte son menores al 80 % debido a que se somete a procesos de deshidratación múltiples por escala, tanto antes de la nixtamalización como posterior a la misma, lo cual incrementa el porcentaje de mermas. (Herrera A. , 2023)

5.2. Etapa II: Diseño de las formulaciones para el proceso de manufactura con diseño de mezcla.

La segunda etapa se enfocó, en el desarrollo de formulaciones mediante un diseño de mezclas simplex para determinar los valores máximos y mínimos de las harinas empleadas para una adecuada conjugación donde el resto de ingredientes se dejó constante, para poder determinar cómo influyen el porcentaje de inclusión de cada harina en las características de las galletas elaborada, para las corridas experimentales se realizaron mediante el programa estadístico STATGRAPHICS, el cual se obtuvieron 4 formulaciones de galletas totalmente diferentes.

La siguiente tabla nos muestra las formulaciones que se realizaron

Tabla 10 Representación de las 4 formulaciones.

Ingredientes	Formulaciones			
	T1	T2	T3	T4
Harina de teosinte (g).	25	24	23	20
Harina de trigo integral(g).	50	51	53	55
Margarina (g).	4	4	4	4
Leche(g).	5	5	5	5
Azúcar glas(g).	5	5	5	5
Soda(g).	4	4	4	4
Huevo (g).	4	4	4	4
Vainilla (g).	3	3	3	3
Total	100	100	100	100

Fuente propia

5.3. Etapa III: Pruebas sensoriales

La evaluación sensorial consistió en servir las muestras de galleta (identificando por su codificación) el T1 su codificación fue (689) 25 % de harina de teosinte y 50 % de harina de trigo, el T2 su codificación fue (546) 24 % de harina de teosinte y 51% de harina de trigo, el T3 su codificación fue (342) 23 % de harina de teosinte y 53 % de harina de trigo y el T4 su codificación fue (456) 20 % de harina de teosinte y 55 % de harina de trigo, se utilizaron 50 jueces siendo personal de la Universidad Nacional de Agricultura. Luego se evaluaron pruebas de aceptación del producto mediante una escala hedónica de 5 puntos. La prueba de aceptación busco evaluar cuanto gusto el producto a los jueces no entrenados.

5.4. Análisis de datos

5.4.1. Análisis de las características organolépticas de las galletas

Tabla 11 cuadro de medias por tratamiento.

Tratamientos	Características sensoriales				
	Aroma	Sabor	Textura	Color	Aceptabilidad
T1	4.56 ± 0.67 ^a	4.66 ± 0.56 ^a	4.44 ± 0.67 ^a	4.30 ± 0.81 ^a	4.56 ± 0.58 ^a
T2	3.02 ± 1.08 ^c	2.54 ± 1.23 ^c	2.72 ± 1.26 ^b	2.60 ± 1.34 ^b	2.46 ± 1.13 ^c
T3	3.80 ± 0.88 ^b	4.12 ± 0.80 ^b	4.08 ± 0.85 ^a	4.10 ± 0.79 ^a	3.94 ± 0.77 ^b
T4	2.34 ± 1.19 ^d	2.06 ± 0.87 ^d	2.08 ± 1.24 ^c	1.96 ± 1.07 ^c	1.76 ± 0.92 ^d

Fuente: Propia

Los resultados representados en la tabla 11 nos muestra si hay o no diferencia estadística entre los tratamientos utilizando el método estadístico ANAVA. Dado que al tener los tratamientos con letras iguales nos da a entender que son estadísticamente iguales, a lo contrario si tiene letras distintas nos muestra que no son estadísticamente iguales. De mostrando análisis de las características organolépticas de las galletas que, en las características de aroma, sabor, y aceptación los cuatro tratamientos son estadísticamente distintos, a diferencia de la textura y el color, donde se nota que el T1 y T3 son estadísticamente iguales a diferencia de los demás tratamientos, reflejando que no hay diferencia entre ellos para los panelistas.

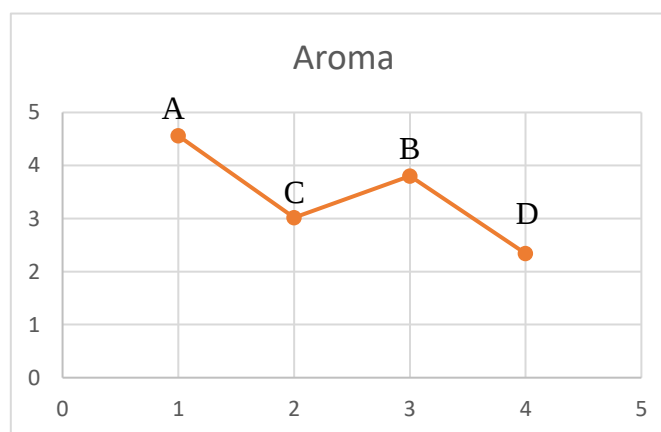


Figura 7 Análisis de las características organolépticas del aroma

Tabla 11: Los resultados demuestran las características sensoriales evaluadas de las galletas, con respecto al aroma se puede observar que el T1 fue el que 25 % de teosinte y 50 % de harina de trigo, obtuvo la nota más alta con 4.56 de promedio ($P > 0.005$). Las diferencias entre tratamientos se puede observar clara mente en la figura 6 donde se puede observar que el T1 sobrepasa el promedio que es 3.11 y se puede observar que el tratamiento T4 obtuvo la menor nota encontrando una diferencia significativa entre los cuatros tratamientos.

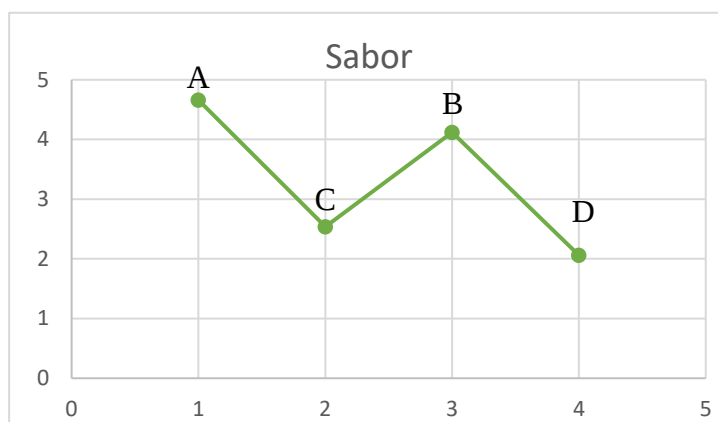


Figura 8 Análisis de las características organolépticas del sabor

Tabla 11: Los resultados demuestran las características sensoriales evaluadas de las galletas, con respecto al aroma se puede observar que el T1 fue el que 25 % de teosinte y 50 % de harina de trigo, obtuvo la nota más alta con 4.66 de promedio ($P > 0.005$). Las diferencias entre tratamientos se puede observar clara mente en la figura 7 donde se puede observar que el T1 sobrepasa el promedio que es 2.4 y se puede observar que el tratamiento T4 obtuvo la menor nota encontrando una diferencia significativa entre los cuatros tratamientos.

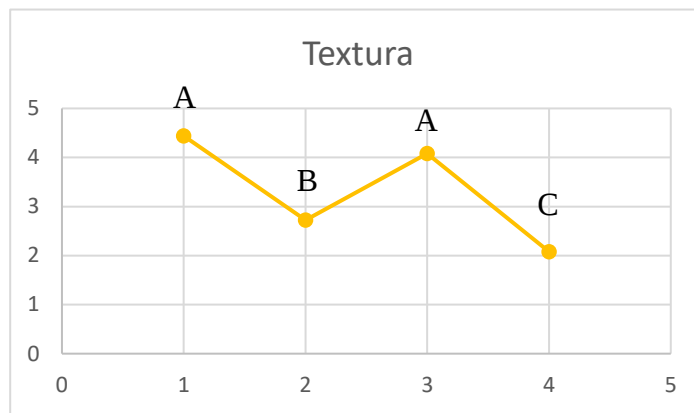


Figura 9 Análisis de las características organolépticas de la textura.

Tabla 11: Los resultados demuestran las características sensoriales evaluadas en las galletas, donde se refleja que T1 y T3 son estadísticamente iguales, en diferencia al T2 Y T4 que son completamente diferentes entre sí, reflejado en la Tabla 8, lo cual el T1 sobrepasa el promedio que es 2.6.

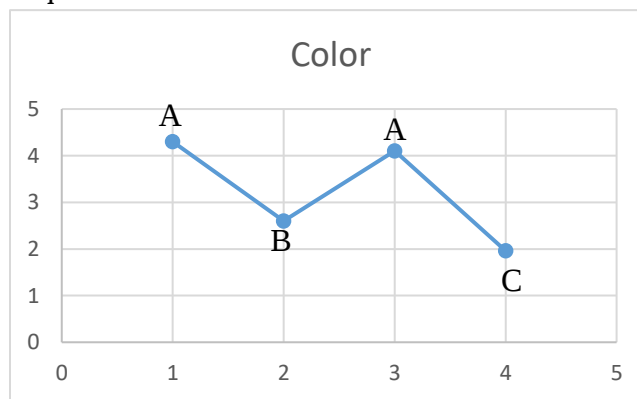


Figura 10 Análisis de las características organolépticas del color.

Tabla 11: Los resultados demuestran las características sensoriales evaluadas en las galletas, donde se refleja que T1 y T3 son estadísticamente iguales, en diferencia al T2 Y T4 que son completamente diferentes entre sí, reflejado en la Tabla 9, lo cual el T1 sobrepasa el promedio que es 2.5.

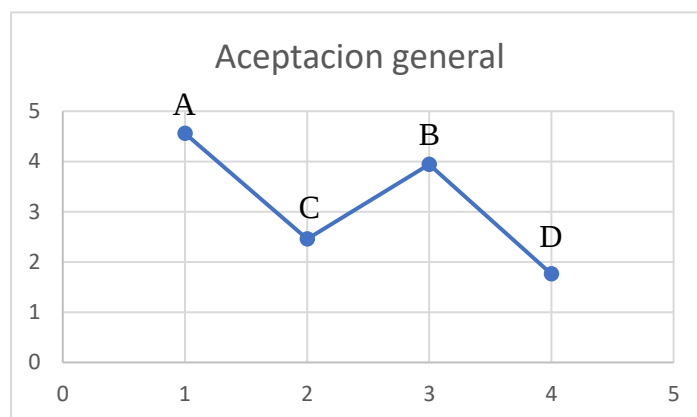


Figura 11 Evaluación de la aceptación general.

Tabla11: Los resultados demuestran las características sensoriales evaluadas de las galletas, en las cuales se adiciono teosinte y harina de trigo, el T1 contiene una concentración 25 % de harina de teosinte y 50 % de harina de trigo, el T2 con 24 % de harina de teosinte y 51 % de harina de trigo, y el T3 23 % de harina de teosinte y 53 % de harina de trigo y el T4 con 20 % de harina de teosinte y 55 % harina de trigo, en el caso de la aceptabilidad general se puede observar en la Tabla 11 que el T1 obtuvo la nota mas alta con 4.6 de promedio. Asimismo, para el T3 obtuvo un promedio de 3.9. ($P > 0.005$), observando que el T4 obtuvo la menor nota con 1.8 encontrando diferencia significativa entre el T1.

Índice de aceptabilidad

Según la Tabla 11: Con base a los datos obtenidos, fue posible calcular el índice de o tasa de aceptabilidad. Se puede observar en la Figura 10 que el índice de aceptabilidad para el T1 fue de 91 % donde se obtuvo la mayor aceptabilidad para los demás T2 fue de 60 %, T3 89% y el T4 52 % respetivamente.

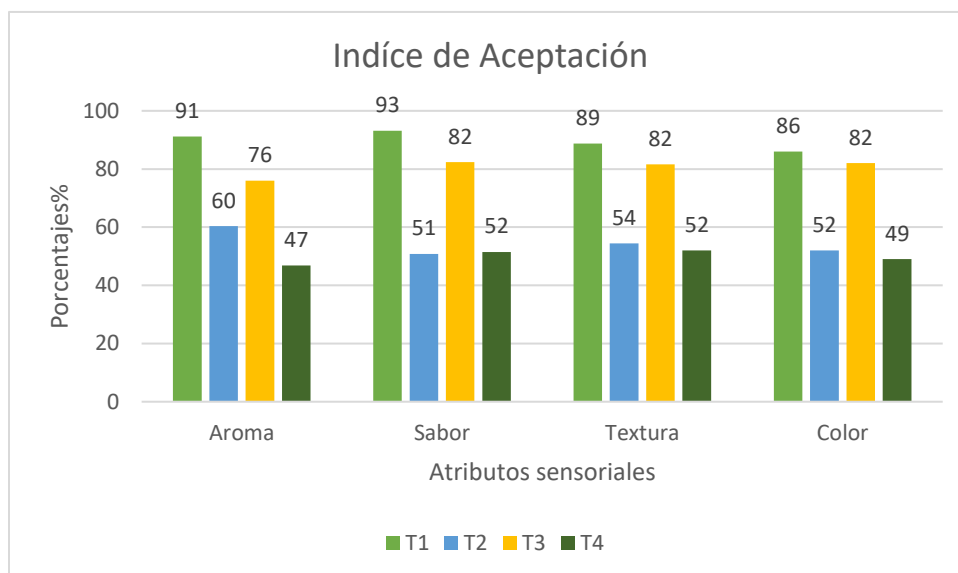


Figura 12. Índice de aceptabilidad de las características organolépticas por tratamiento

Según los resultados de (Bastias) muestran que la harina de esta especie de cícadadas es un alimento altamente calórico y con alto contenido de carbohidratos totales que se compone principalmente de almidón, destacando su alto contenido en amilopectina (relación 2:1 a amilasa) así como su alta concentración de almidón resistente (más del 50 %). La concentración de proteínas de la harina de teosinte era similar a la de otros cereales, que incluían ácido glutámico, leucina y especialmente lisina, aportando más del 25% de estos aminoácidos esenciales para un adulto de 70 kg. Alrededor del 75% de la fibra dietética total era insoluble) (Bastias, 2020)

VI. CONCLUSIONES

- Se elaboró la galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de teosinte siendo el T1 con el 25% de sustitución de teosinte la más aceptada por los consumidores.
- Se logró obtener la harina de teosinte por el método de extracción, secado y molturación.
- Se cuantifico el rendimiento harinero de la cariósida del teosinte con un valor de (60)
- Se evaluaron las características organolépticas de la galleta integral mediante una aplicación de pruebas sensoriales con una aceptación hedónica a las 4 formulaciones de 5 puntos a escala laboratorio, donde el T1 tuvo el mayor grado de aceptación con un puntaje de 4.56 puntos de 5 posibles.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis fisicoquímicos para evaluar la calidad nutricional del tratamiento con mayor aceptabilidad.
- Mejorar los parámetros de cocción ya que el teosinte tiene un comportamiento de horneado distinto a la harina integral de trigo.
- Realizar análisis bromatológico para mostrar la composición nutricional que ofrece la galleta.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Abbate, P. E. (2019). *El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo*. Georgia.

Altamirano, MFP. 2018. Estudio de *Triticum aestivum* para la concepción de un método estándar de extracción y caracterización de gliadinas. .

Arias, P. D. (2019). *Evaluación de cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de Pan Francés Integral*. COLOMBIA .

AVILA, M. J. (2020). *EL CULTIVO DEL TRIGO*. Mexico.

Bastias, J. M. (2020). *Harina de Teosinte (Dioon mejiae): Caracterización Nutricional y Fisicoquímica de la Harina de Semilla del Fósil Vivo en Honduras*. Honduras.

Bastias, M. (2020). *Según los resultados de (Bastias Montes) muestran que la harina de esta especie de cícadas es un alimento altamente calórico y con alto contenido de carbohidratos totales que se compone principalmente de almidón, destacando su alto contenido en amilopecti.*

Bastias Montes, J-M; Flores Varela, L-E; Reyes Calderón, O-A; Vidal San-Martín, C; Muñoz Fariña, O; Quevedo León, R; Acuña Nelson, S-M. 2020. Teosinte (*Dioon mejiae*) Flour: Nutritional and Physicochemical Characterization of the Seed Flour of the Living Fossil in Honduras. *Agronomy* 10(4):481. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040481>.

Bernardette, A. (2020). *Manual del Cultivo del Trigo*. Argentina.

Carbajal, A. (2021). *Fibra dietética*. Bolivia.

Conde Carrión, CS. 2016. Efecto de la inclusión de semillas de Chía (*Salvia hispanica* L.), temperatura y tiempo de horneado en la elaboración de galletas enriquecidas. Ayacucho, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. .

Escudero, A. (2019). *La fibra dietética*. España.

FAO. (2020). *Fichas Técnicas Procesados de Cereales*

FAO. (2021). *La Fibra Alimentaria Una Aliada De Nuestra Salud*. COLOMBIA.

García, E. F. (2022). *Elaboración de galletas a base de harina de trigo integral y frijol Honduras nutritivo*. PANAMA.

Herrera, A. (2022).

JIMÉNEZ, M. C. (2021). *PROPIEDADES NUTRICIONALES Y FUNCIONALES DE LAS DISTINTAS HARINAS UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PAN DE ALTO VALOR NUTRICIONAL*. ARGENTINA.

Lopez, A., Huerta, A., & Torrez, E. (2017). Chia(*Salvia hispanica* L.) situacion actual y tendencias futuras. *Revista Mexico de Ciencias Agricolas*, 13.

Ministerio, p. (2019). MINISTERIO DE PRODUCCION , COMERCIO EXTERIOR, INVERSIONES Y PESCA . 9.

Mundo, a. (2018). *Funcion de las mantrecas y aceites en la panificacion* .

Saguay, F. d. (2023).

Slavin, J. (2020). *Los Cereales Integrales*. Chile.

Valeria, C. T. (2018). *DETERMINACIÓN PROXIMAL DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES NUTRICIONALES DE HARINA DE MAÍZ, HARINA DE TRIGO INTEGRAL, AVENA, YUCA, ZANAHORIA AMARILLA, ZANAHORIA BLANCA Y CHOCHO*. MEXICO.

Zuniga, J. (2017). *TRIGO BLANCO VALOR NUTRITIVO Y POTENCIAL* .

Zúñiga, J. (2019). *TRIGO BLANCO, VALOR NUTRICIONAL Y POTENCIAL*. Chile.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Obtención de la harina de teosinte.



Imagen 1: Cosecha de las bellotas



Imagen 2: Se parición de las bellotas



Imagen 3: Pelado



Imagen 4: Fruto



Imagen 5: Pesado de la materia prima



Imagen 6: Incorporación de CaOH_2



Imagen 7: Incorporación del teosinte a la muestra al alcalina.



Imagen 8: Mezclado



Imagen 9: Lavado



Imagen 10: Deshidratado

Anexo 2: Elaboración de las galletas.



Imagen 11: Pesado de la materia prima



Imagen 12: Mezcla de los ingredientes



Imagen 13: Muestra de la harina



Imagen 14: Horneado de las galletas



Imagen 15: Producto Final

Anexo 3: Análisis sensoriales.



Imagen 16



Imagen 17



Imagen 18