

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**APROVECHAMIENTO DEL GUAPINOL (*Hymenaea courbaril*) PARA EL
DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN**

POR:

NESTOR ISSAI RODRIGUEZ VILLANUEVA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

APROVECHAMIENTO DEL GUAPINOL (*Hymenaea courbaril*) PARA EL
DESARROLLO DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN

POR

NESTOR ISSAI RODRIGUEZ VILLANUEVA

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES

ASESOR PRINCIPAL

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGIA ALIMENTARIA**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS

NOVIEMBRE 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuente de fortaleza, sabiduría y guía constante durante todo este proceso académico y personal.

A mis padres, por su apoyo incondicional, sacrificio y amor, pilares fundamentales que me impulsan a seguir adelante con determinación y humildad.

A mis docentes y asesores, por sus valiosas enseñanzas y orientación que me permitieron culminar con éxito este proyecto.

Y a todos aquellos que creen en la capacidad de la ciencia y la tecnología alimentaria para transformar los recursos naturales en productos que beneficien la salud y el desarrollo sostenible.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG) por la formación integral, el apoyo institucional y el acompañamiento brindado durante el proceso académico y de investigación.

Mi agradecimiento también a la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS) por facilitar los espacios, recursos y apoyo científico que hicieron posible la realización de los análisis experimentales y sensoriales de este trabajo.

Finalmente, a mi familia, por su paciencia, comprensión y amor, por ser la inspiración que me impulsa a superarme cada día.

TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Alimentos funcionales.....	4
3.2. Tendencias de los alimentos funcionales	4
3.3. Producto de panificación.....	5
3.4. Pan funcional.....	6
3.5. Harinas alternativas.....	6
3.6. Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>).....	7
3.7. Características botánicas y distribución geográfica	7
3.8. Composición nutricional	8
3.9. Usos tradicionales y potenciales del Guapinol.....	10
3.10. Sucedáneos de harina de trigo	11
3.11. Evaluación sensorial.....	12
3.12. Análisis fisicoquímicos	13

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Lugar de investigación	14
4.2 Materiales y equipo	14
4.3 Método	15
4.4 Metodología	16
Fase I. Preparación y recolección de materia prima	16
Fase II. Formulación de la galleta	16
Formula base:	16
Fase III. Diseño experimental:	20
Fase IV. Evaluación del producto.....	20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1. Análisis fisicoquímicos	22
5.2. Análisis sensorial	25
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES	29
VIII. BIBLIOGRAFÍAS	30
ANEXOS	36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Botánica del guapinol.....	7
Tabla 2. Composición proximal de la pulpa.....	9
Tabla 3. Materiales y métodos.	15
Tabla 4. Tabla experimental de diseño de bloques completamente aleatorizado.	19
Tabla 5. Resultados de los análisis fisicoquímicos	24
Tabla 6. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la galleta	24
Tabla 7. Resultados de las pruebas sensoriales	27

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Instrumento sensorial y orden de servido	36
Anexo 2. Flujograma de procesos.	41
Anexo 3. Extracción de la harina.....	42
Anexo 4. Análisis físicoquímicos.	43
Anexo 5 Preparación de la galleta.	44
Anexo 6: Aplicación de la prueba sensorial	45

RODRIGUEZ VILLANUEVA, N. I.; (2025) Aprovechamiento del Guapinol (*Hymenaea courbaril*) para el desarrollo de un producto de panificación. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura Catacamas, Olancho, Honduras. 43 PP.

RESUMEN

El presente estudio describe el aprovechamiento del guapinol (*Hymenaea courbaril*) para el desarrollo de un producto de panificación tipo galleta, como alternativa innovadora y sostenible dentro del campo de los alimentos funcionales. El objetivo principal fue evaluar el potencial del guapinol como sustituto parcial de la harina de trigo, mediante el análisis de sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y su posible aporte nutricional. La harina de guapinol se obtuvo a partir de la pulpa deshidratada y molida, presentando 8.87 % de humedad, 3.23 % de cenizas, 21.53 % de acidez titulable, pH 5.52, 9 °Brix y una viscosidad de 830.8 mPa·s. Estos valores reflejan buena estabilidad, contenido de minerales y una adecuada aptitud tecnológica para su uso en panificación. Se elaboraron cuatro tratamientos: T1 (0 % harina de guapinol como control), T2 (10 %), T3 (20 %) y T4 (30 %). Las formulaciones fueron evaluadas mediante análisis fisicoquímicos y una prueba sensorial con 75 panelistas no entrenados, utilizando una escala hedónica de 9 puntos. Los resultados sensoriales mostraron que los tratamientos con 10 % y 20 % de sustitución alcanzaron mayor aceptación general, destacando su color y textura crujiente. Desde el punto de vista tecnológico, la sustitución parcial de harina de trigo por harina de guapinol mantuvo la estructura del producto y mejoró el aporte de fibra y compuestos antioxidantes. Este estudio demuestra que el guapinol puede considerarse un ingrediente funcional prometedor para la industria alimentaria, promoviendo el uso sostenible de recursos nativos y aportando valor agregado a las comunidades rurales.

Palabras clave: Guapinol, panificación, harina funcional, análisis sensorial, compuestos bioactivos, sostenibilidad alimentaria.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los alimentos funcionales han llamado la atención por sus posibles beneficios para la salud más allá de la nutrición básica, ya que sirven como ricas fuentes de proteínas, carbohidratos, vitaminas y fibra dietética (Vignesh et al., 2024). Estos ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades (Al-sheraji et al., 2013).

Gracias a las nuevas expectativas de los consumidores respecto a este tipo de alimentos han dado lugar al desarrollo de nuevos productos funcionales (Alvídrez-Morales, González-Martínez, & Jiménez-Salas, 2002). Esta tendencia ha llevado al consumidor a buscar productos saludables en el mercado como el yogurt vegetal (Holwerda, 2018).

De acuerdo con (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008); la *Hymenaea courbaril* es también conocida por varios nombres comunes como algarrobo, Guapinol, entre otros, asimismo, este árbol genera vainas grandes y duras, conteniendo una pulpa de olor penetrante pero comestible y semillas grandes. Además, se le atribuyen propiedades curativas como antidiarreico, elimina el dolor de estómago, antidiabético y antirreumático, algunas culturas lo utilizan para combatir la disentería, infecciones urinarias y la hipertensión (Quezada, 2020).

La pulpa de Guapinol tiene alto contenido de fibra, de igual manera, posee fitoquímicos con potencial funcional, entre ellos compuestos antioxidantes y polifenoles que pueden emplearse como ingrediente funcional en el diseño de nuevos productos, asimismo, posee alta capacidad de absorción de agua (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

Entre estos nuevos productos, se encuentra el desarrollo de un producto de panificación a base de Guapinol (*Hymenaea courbaril*) como una oportunidad innovadora de aprovechar los Recursos naturales de manera sostenible, respondiendo a la demanda de alimentos saludables de parte de los consumidores. La introducción de este producto en el mercado podría no solo diversificar el uso del Guapinol, sino también proporcionar un alimento potencialmente funcional con beneficios para la salud.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un producto de panificación utilizando el fruto de Guapinol (*Hymenaea courbaril*) como sucedáneo de la harina de trigo, evaluando sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Explorar el potencial del Guapinol (*Hymenaea courbaril*) para su aprovechamiento en el desarrollo de un producto de panificación a través del análisis de sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, con el propósito de evaluar su viabilidad y aceptación en la industria alimentaria.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar cómo la harina de Guapinol influye en el sabor, textura, aroma y aceptación del pan mediante pruebas sensoriales con consumidores.
- Analizar la harina de guapinol mediante pruebas fisicoquímicas con el fin de evaluar su viabilidad como sustituto parcial de la harina de trigo.
- Comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones para identificar el porcentaje óptimo de sustitución que permita conservar características sensoriales agradables y aporte valor nutricional al producto.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales son considerados como alimentos o componentes de la dieta, que se consumen como parte de una dieta normal y que más allá de la nutrición básica aportan componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades, entre estos alimentos se encuentran los de origen natural, que son aquellos a los que no se les ha añadido, eliminado o modificado un componente por medios biotecnológicos (Perdigón et al., 2009).

Entre los alimentos funcionales, se destacan aquellos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, los alimentos que han sido adicionados de sustancias biológicamente activas como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos (Perdigón et al., 2009).

3.2. Tendencias de los alimentos funcionales

En las últimas décadas, la suposición de que la nutrición es uno de los principales factores detrás de la buena salud está científicamente comprobado, por tal razón el consumidor moderno es cada vez más consciente de que "el hombre es lo que come", y ha comenzado a buscar respuestas alternas y variadas, dependiendo de la edad y el sexo, en términos de nutrición molecular (Nakai et al., 2017).

En la actualidad uno de los determinantes fundamentales relacionados con el estilo de vida que influye directamente en el estado de la salud y en el normal funcionamiento del cuerpo de las personas es precisamente la alimentación y los hábitos alimentarios saludables, siendo la malnutrición y el sedentarismo relacionados con nuestro estilo de vida dos de las grandes enfermedades del siglo XXI conforme a la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Ortega & Flores, 2019).

Según Culhane, (2015); en el año 2008 el 59 % de los hombres adultos y el 48 % de las mujeres adultas de 27 países de la Unión Europea tenían sobrepeso u obesidad. La ciencia de la nutrición ha centrado gran parte de su historia en el papel de los nutrientes esenciales en la prevención de deficiencias, a su vez, se deben garantizar niveles inalterados de nutrientes clave o componentes funcionales en relación con la disminución del gasto energético (Culhane, 2015).

Los alimentos funcionales se caracterizan por contener diversos componentes, algunos de los cuales se clasifican como nutrientes, y afectan diversas funciones importantes en el cuerpo produciendo bienestar y salud o disminución del riesgo de algunas enfermedades (Roberfroid, 2011). En consecuencia, estos alimentos, además de saciar el hambre y proporcionar nutrientes que son necesarios para el organismo, también prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición y mejorar el cuerpo a nivel físico y mental (Menrad, 2003).

Una visión global generada por las tendencias en la ciencia de los alimentos reza que un producto alimenticio puede ser definido como alimento funcional si tiene componentes con funciones beneficiosas, saludables o que previenen una enfermedad y si dicho alimento cumple alguna de las siguientes descripciones: a) es un alimento natural; b) es un alimento al que se ha añadido un componente; c) es un alimento del que se ha extraído un componente; d) es un alimento en el que se ha modificado la naturaleza de uno o más de sus componentes; e) es un alimento en el que se ha modificado la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes o, f) cualquier combinación de las posibilidades antes mencionadas (Roberfroid, 2011).

3.3. Producto de panificación

Según la Federación Española, (2017), el pan es un alimento básico elaborado a partir de harina, agua y levadura, sometido a un proceso de fermentación y cocción. Su composición puede variar dependiendo de los ingredientes utilizados, lo que influye en su textura, sabor y valor nutricional.

El pan es una fuente importante de carbohidratos complejos, fibra y proteínas, además de contener micronutrientes esenciales como hierro, magnesio y vitaminas del grupo B. Su

consumo ha sido tradicionalmente asociado con la dieta mediterránea y otras culturas alimentarias en todo el mundo.

3.4. Pan funcional

La tendencia en panificación ha evolucionado hacia productos que ofrecen beneficios adicionales para la salud. Entre estos se encuentran los panes enriquecidos con fibra, proteínas, antioxidantes y probióticos, diseñados para mejorar la digestión, reducir el colesterol y fortalecer el sistema inmunológico (Martínez, 2023).

Pan con fibra soluble: Elaborado con harina de avena o salvado de trigo, contribuye a la salud digestiva y al control del colesterol.

Pan con probióticos: Incorporación de microorganismos beneficiosos como *Lactobacillus* para mejorar el microbiota intestinal.

Pan con antioxidantes: Uso de ingredientes como cúrcuma, semillas de chía o frutos secos para potenciar la protección celular.

3.5. Harinas alternativas

Diversas investigaciones han explorado la incorporación de harinas alternativas en productos de panificación con el fin de mejorar su valor nutricional y funcional. Por ejemplo, Vásquez, (2016), demostró que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinoa incrementa el contenido proteico del pan y favorece sus propiedades texturales. De manera similar, Zuleta, (2012), señaló que la harina de algarroba aporta elevados niveles de fibra y minerales, lo que la convierte en una opción prometedora para la elaboración de panes funcionales. Asimismo, Escalante, (2018), evaluó la sustitución parcial de harina de trigo con harina de vaina de mezquite, encontrando que esta contribuye a mejorar el contenido proteico del pan y, además, a reducir su índice glucémico.

3.6. Guapinol (*Hymenaea courbaril*)

3.7. Características botánicas y distribución geográfica

El *Hymenaea courbaril*., conocido comúnmente como algarrobo, Guapinol, locust, jatobá o courbaril entre muchos otros, es un imponente árbol forestal que produce vainas grandes y muy duras conteniendo una pulpa de un olor penetrante pero comestible y semillas de gran tamaño (Tamayo, González, & Garcés, 2008).

En Costa Rica, es popularmente conocido como Guapinol, aunque también llamado algarrobo y nancitón. La etimología, Guapinol, proviene del lenguaje náhuatl, que significa árbol que produce pinol (quauitl: árbol y pinolli: aserrín o pinol) (León & Poveda, 2000).

Hymenaea se caracteriza por ser un árbol semicaducifolio, con 8 a 15 m de altura y de 40 a 80 cm de diámetro, alcanzando hasta 20 m de altura y 200 cm de diámetro (Toro et al., 2018). El fruto del Guapinol, que mide entre 5 y 12 centímetros, presenta una vaina de color café oscuro tirando a rojo.

Dentro de esta vaina se encuentran de 4 a 6 semillas cubiertas por una pulpa comestible y dulce, de color amarillo café, que se presta para la elaboración de batidos y otras preparaciones culinarias (Quezada, 2020).

Tabla 1. Botánica del guapinol

Partes	Descripción
Tronco	Recto, cilíndrico
Ramificación	Racimosa e irregular.
Copa.	Grande y redondeada, con follaje denso
Corteza.	Con espesura de hasta 10 mm

La corteza externa	Es grisácea-clara, casi lisa a áspera, con pequeños surcos superficiales
La corteza interna	Es rosada y exuda resina de color vino.
Hojas	Alternas, compuestas, coriáceas, con dos folíolos brillantes, de bases desiguales, con 6 a 14 cm de longitud por 3 a 5 cm de ancho.
Frutos	Vaina leñosa, indehiscente, medio cilíndrica, dura, poco comprimida, de coloración marrón brillante, internamente revestida por pulpa carnosa, farinácea con olor dulce característico y comestible.

Fuente: (Verga et al; 2009).

El centro de origen de la especie se situó en las zonas costeras del Oriente Medio. Sin embargo, más recientemente se considera que proviene de una flora xerotrópica, situándose el género como originario de la península Arábiga (Tous- Marti & Batlle-Caravaca, 1990). Sin embargo, en nuestra región, históricamente ha sido el único miembro nativo de este género en América (Zamora, 2010).

3.8. Composición nutricional

Además de su valor alimentario, se le atribuyen propiedades medicinales a la corteza y hojas del Guapinol. Se ha utilizado tradicionalmente para detener diarreas, aliviando dolores de estómago y demostrando ser un antidiabético y antirreumático efectivo, además, algunas culturas, se emplea para combatir la disentería, infecciones urinarias y la hipertensión (Quezada, 2020).

Tabla 2. Composición proximal de la pulpa

Producto	Composición
Agua	14.6 %
Proteína	5.9 %
Grasa	2.2 %
Carbohidratos Totales	75.3 %
Fibra	13.4 %
Calcio	28 mg
Fósforo	14. 3 mg
Hierro	3.2 mg
â caroteno	*ND
Tiamina	0.23 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	4.1 mg
Ácido Ascórbico	11 mg

*ND = No Determinado

Fuente: (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

El Guapinol también contiene terpenos, y químicos fenólicos, los cuales son responsables de proteger el árbol del ataque de hongos en la selva, de hecho, es uno de los pocos árboles en la selva que luce una corteza completamente limpia por sus propiedades antifúngicas (Rain Tree Nutrition, 2007).

Además de las propiedades antimicóticas, se ha documentado también que *Hymenaea courbaril* tiene actividad contra un amplio rango de levaduras incluyendo *Cándida*. Otros estudios clínicos que han sido desarrollados desde los 70's han mostrado que tiene propiedades antimicrobianas, molusquicidas y actividades antibacteriales, incluyendo acciones *in vitro* contra organismos tales como *E. coli*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* y *Bacillus*, además, de esto un extracto acuoso de hojas de las hojas de Guapinol ha demostrado una significativa actividad hipoglicémica, produciendo una reducción significativa de los niveles de azúcar en la sangre, lo cual valida otros usos tradicionales (Rain Tree Nutrition, 2007).

Según Haber, (2003); la fibra de algarroba contiene fundamentalmente celulosa, pectina, hemicelulosa y lignina, que benefician la flora intestinal, disminuyendo las bacterias e incrementando los lactobacilos. Además, la pectina, conocida como espesante, tiene otras propiedades: laxante, coagulante, bactericida, preventiva del cáncer, reductora del colesterol, ayuda a la formación de las membranas celulares, elimina metales pesados y sustancias tóxicas del organismo y protege la mucosa intestinal (Theuwissen & Mensink, 2008). Contiene también polifenoles insolubles en agua, por lo que su composición no es comparable a la de otras fuentes habituales de fibra alimentaria (Pedaúy, 2007). La fracción hidrosoluble abarca carbohidratos simples como sacarosa, glucosa, fructosa y pinitol, un derivado de inositol (Haber, 2003).

3.9. Usos tradicionales y potenciales del Guapinol

Uno de los principales usos tradicionales que se le conoce al Guapinol se encuentra en la pulpa comestible que rodea a las semillas, es conocida como uno de los alimentos vegetales más ricos gracias a su alta concentración de almidón y proteínas, la cual inicia su aparición como un alimento muy importante en la dieta de muchos pueblos indígenas (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008). La pulpa es dulce, se consume cruda, se incorpora como harina en galletas y sopas, o se mezcla con aguapara preparar una bebida llamada atole y a los niños se les da con leche por ser un excelente alimento, también, puede constituir un alimento concentrado de primera calidad para animales (Barrero-Barrero, 2004).

Las semillas medicinalmente se han usado en casos similares a la savia, adicionalmente, se ha usado para tratar bronquitis, catarros, cistitis, diarrea, dispepsia, fracturas, indigestión,

laringitis, malaria, reumatismo, úlceras, enfermedades venéreas, dolores de cabeza, artritis, magulladuras, espasmos, como expectorante, licor, purgativo, sedativo, tónico estomacal, vermífugo y antiséptico, lo que convierte al Guapinol en una excelente alternativa como aditivo alimentario (Zamora, 2004).

La fibra de Guapinol también presenta efectos antioxidantes en sistemas de alimentos y puede prolongar la conservación de los mismos. En el caso de las galletas, por ejemplo, la fibra de Guapinol mostró un efecto antioxidante y una prolongación de la conservación próxima a la del tocoferol cuando se empleaba en las concentraciones adecuadas para productos alimenticios (Haber, 2003).

La riqueza de la fibra encontrada en la pulpa del Guapinol y las propiedades beneficiosas sobre la salud del hombre por el contenido de agentes antioxidantes, la hacen una excelente alternativa en el área de ingredientes naturales para ser utilizada en la preparación de alimentos funciones. También puede ser utilizado en la conservación de los productos de panadería, debido su capacidad de retención de agua, lo que permite prolongar la suavidad de los productos al retardarse la pérdida de humedad (Haber, 2003).

Las semillas del Guapinol son ricas en galactomano, una goma muy parecida a la del garrofin, utilizada como espesante y gelificante, en la industria de alimentos en el área de cárnicos y helados. Su uso hasta ahora ha sido poco explorado por lo que se puede investigar su aplicación en otros alimentos que requieran mejorar las propiedades de retención de agua (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

3.10. Sucedáneos de harina de trigo

La sustitución parcial o total de la harina de trigo por harinas alternativas ha ganado interés debido a razones de salud, sostenibilidad y restricciones dietéticas. Según (Vásquez, 2016), la incorporación de harinas compuestas, como la harina de quinoa, mejora las propiedades nutricionales del pan, aumentando el contenido proteico y la biodisponibilidad de minerales esenciales.

Según Lara, (2017), destacan que las harinas alternativas, como la de papa y la de sorgo, ofrecen ventajas funcionales al reducir el índice glucémico y mejorar la textura del producto final. Además, (Rodríguez-Sandoval, 2012), evaluaron el uso de harinas compuestas de quinoa-trigo y papa-trigo, encontrando que estas mezclas mejoran las propiedades termo mecánicas de la masa y las características físicas del pan.

Según Lara, (2017), estudiaron la sustitución parcial de harina de trigo con harina de mezquite, demostrando que esta alternativa no solo mejora el perfil nutricional del pan, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al utilizar recursos locales y menos procesados.

3.11. Evaluación sensorial

Los análisis sensoriales son una parte fundamental en la evaluación de productos alimenticios, ya que permiten medir de manera objetiva la percepción de los consumidores sobre distintos atributos como el sabor, aroma, textura y color (Viejo, 2024).

Conocer la información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad por parte de los consumidores, permite el desarrollo de nuevos alimentos, la mejora de la calidad de los existentes, entre otros; para esto es necesario aplicar el análisis sensorial (AS), específicamente los métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Ramírez-Navas, y otros, 2018).

Las pruebas descriptivas son una herramienta fundamental para la evaluación sensorial ya que se refieren a aquellas pruebas donde el juez establece los descriptores que definen las características sensoriales de un producto y así cuantifican las diferencias existentes entre varios productos (Cárdenas, y otros, 2018).

Generalmente la escala más utilizada es la escala hedónica de 9 puntos, se ha utilizado extensamente en una amplia variedad de productos y con un éxito considerable (Viejo, 2024).

3.12. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos son esenciales para evaluar la calidad, estabilidad y composición nutricional del pan. Entre los parámetros más comunes se encuentran la humedad, contenido de cenizas, proteínas, lípidos, carbohidratos y fibra dietética. Estos estudios permiten establecer la calidad del producto y verificar el cumplimiento de normativas alimentarias (Cacak Pietrzak, 2024).

Según Kalinová, (2014), el contenido de humedad en el pan es un factor clave para determinar su vida útil, ya que influye en la frescura y el desarrollo de mohos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Lugar de investigación

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Especializada de las Américas, (UDELAS), institución de educación superior comprometida con la formación académica, la investigación científica y el desarrollo social en diversas áreas del conocimiento, especialmente en salud, educación y tecnología aplicada. UDELAS está ubicada en la Vía Simón Bolívar, El Cangrejo, Ciudad de Panamá.

4.2 Materiales y equipo

Los materiales y equipos utilizados en el desarrollo de la investigación corresponden a la preparación de la harina de guapinol, la elaboración de las galletas y la ejecución de los análisis fisicoquímicos y sensoriales. Los elementos empleados fueron los siguientes:

Tabla 3. Materiales y métodos.

Análisis / Proceso	Materiales Utilizados	Equipos Empleados
Obtención de la harina de guapinol	Frutos de guapinol, agua	Molino, tamiz N°60, bandejas
Determinación de humedad	Muestra de harina, cápsulas de aluminio	Estufa de secado (105 °C), balanza analítica
Determinación de cenizas	Muestra de harina	Mufla (550 °C), crisol, balanza
Determinación de grasa (Extracto etéreo)	Muestra de harina, éter de petróleo	Sistema Soxhlet, balanza, baño maría
Determinación de acidez titulable	Muestra, NaOH 0.1N, fenolftaleína	Bureta, vaso de precipitado, agitador
Medición de pH	Muestra en suspensión acuosa	Potenciómetro calibrado
Medición de °Brix	Muestra de harina o extracto soluble	Refractómetro digital
Determinación de viscosidad	Suspensión al 8.3 % de harina en agua	Viscosímetro Brookfield
Formulación de galletas	Harina de trigo, harina de guapinol, mantequilla, azúcar, huevo, vainilla, polvo de hornear	Batidora, horno (180°C), bandejas
Evaluación sensorial	Muestras de galletas por tratamiento, fichas de evaluación	Área iluminada, mesas y sillas, lápices
Análisis estadístico	Datos sensoriales y fisicoquímicos	Software estadístico (Excel/ Infostad)

Fuente: Propia.

4.3 Método

El estudio utilizó un enfoque descriptivo y cuantitativo, ya que permitió analizar de forma clara y objetiva el comportamiento de las galletas elaboradas con harina de guapinol. Este método facilitó trabajar con datos medibles y comparar los tratamientos sin interpretaciones subjetivas. Su propósito fue describir y evaluar los cambios en las características fisicoquímicas y sensoriales del producto.

También se eligió un diseño transversal, ya que toda la información se recolectó en un solo momento. Este enfoque resultó adecuado para la investigación porque permitió obtener una visión general del estado del producto y de la aceptación de los panelistas, sin necesidad de realizar seguimiento en diferentes periodos.

En conjunto, este enfoque me ayudó a obtener una imagen clara y objetiva del potencial del guapinol como sustituto parcial de la harina de trigo dentro de un producto de panificación.

4.4 Metodología

Para el desarrollo de la investigación se emplearán diferentes fases experimentales descritas a continuación.

Fase I. Preparación y recolección de materia prima

La pulpa del Guapinol es rica en fibra insoluble y fenoles que le confieren propiedades benéficas al organismo. Lo que la convierte en una excelente fuente de compuestos bioactivos. Por ello se recolectaron frutas de esta variedad de Guapinol a la cual se le dará el manejo adecuado para la realización de las diferentes pruebas y tratamientos, mediante el desarrollo de procesos de recepción, selección, lavado, caracterización de la fruta (medir dimensiones, pesos del fruto con cáscara y de la pulpa, análisis fisicoquímicos), preparación de la pulpa (separación de pulpa y semilla,).

Fase II. Formulación de la galleta

Para evaluar la influencia de la harina de Guapinol en la panificación, se desarrolló diferentes formulaciones experimentales en las que se sustituirá la harina de trigo en proporciones del 10%, 20% y 30%. Se mantuvo una formula base que incluye harina de trigo, agua, levadura, azúcar, sal y grasa, con el fin de garantizar una estructura de masa adecuada. El proceso de amasado se realizó en una batidora de brazo mecánico hasta alcanzar una textura homogénea. Posteriormente, la masa será dejada en reposo para fermentar a 30°C durante una hora y, finalmente, los panes serán horneados a 180°C por 25 minutos. Tras el horneado, se dejó enfriar a temperatura ambiente antes de proceder a los análisis.

Formula base:

Galletas de Mantequilla

Ingredientes:

- 125 g de mantequilla (a temperatura ambiente)
- 100 g de azúcar
- 1 huevo
- 3 g de esencia de vainilla
- 200 g de harina de trigo
- 3 g de polvo de hornear
- 1 g de sal

Descripción de etapas de la elaboración del pan.

- **Recolección de la fruta.**

Se recolectaron las frutas en barrio El Espino, Catacamas, Olancho, a partir de 100 unidades de Guapinol, maduros y libres de daños físicos, biológicos o microbiológicos.

- **Preparación de la pulpa**

En esta etapa se procedió a lavar, caracterizar físicamente la vaina y luego extraer la pulpa de Guapinol. Para la extracción se necesita romper la vaina y remover la pulpa de las semillas, siguiendo el procedimiento elaborado por (Marcia Fuentes, 2023).

- **Análisis fisicoquímicos de la harina de guapinol**

Se realizaron determinaciones de parámetros fisicoquímicos fundamentales con el propósito de caracterizar la harina y evaluar su potencial nutricional y funcional (Cacak Pietrzak, 2024).

- **Determinación de humedad**

Se pesaron 5 g de muestra en cápsulas de aluminio previamente taradas y se llevaron a estufa a 105 °C hasta peso constante (Nielsen, 2017).

Fórmula para el cálculo de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = (P_i - P_f) / P_i * 100.$$

donde:

P_i= masa inicial de la muestra (g)

P_f = masa final después del secado (g)

- **Determinación de cenizas**

Se incineraron 3 g de muestra en una mufla a 550 °C por 5 horas, hasta obtener un residuo blanco o gris claro (Nielsen, 2017).

Fórmula para el cálculo de cenizas:

$$\% \text{ Ceniza} = (P_f - P_t) / P_m * 100.$$

donde:

P_f= peso del crisol con cenizas (g)

P_t= peso del crisol vacío (g)

P_m = peso de la muestra inicial (g)

- **Determinación de lípidos (extracto etéreo)**

Se empleó el método Soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente durante 6 horas. El extracto graso se evaporó y pesó para calcular el porcentaje de grasa total.

- **Determinación de acidez**

Se tomaron 5 g de muestra y se titularon con NaOH 0.1 N utilizando fenolftaleína como indicador (Nielsen, 2017).

ecuación ajustada es:

$$\% \text{ Acidez} = V \cdot N \cdot 64.04 / m \cdot 100$$

donde:

V= volumen de NaOH (mL)

N= normalidad del NaOH

m = masa de la muestra (g)

- **Determinación de viscosidad**

Se preparó una suspensión al 8.3 % de harina en agua destilada y se determinó la viscosidad empleando un viscosímetro Brookfield a temperatura ambiente (25 °C), expresando los resultados en mPa·s (Marcia Fuentes, 2023).

- **Determinación de °Brix y pH**

El pH se midió con un potenciómetro calibrado, y el °Brix con un refractómetro digital, registrando los valores promedio de tres repeticiones (Marcia Fuentes, 2023).

Tabla 4. Tabla experimental de diseño de bloques completamente aleatorizado.

Tratamiento	Harina de guapinol	Harina de trigo
T1	Control	100%
T2	10 %	90%
T3	20%	80%
T4	30%	70%

Fuente: Propia.

Fase III. Diseño experimental:

Se empleo un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) con cuatro tratamientos. T1 (Control): 0 % harina de guapinol / 100 % harina de trigo, T2: 10 % harina de guapinol / 90 % harina de trigo, T3: 20 % harina de guapinol / 80 % harina de trigo, T4: 30 % harina de guapinol / 70 % harina de trigo. Cada tratamiento se realizará triplicado.

Fase IV. Evaluación del producto

Durante esta fase se realizó una evaluación integral del pan elaborado con harina de guapinol para determinar su viabilidad como producto funcional y su aceptación por parte del consumidor. Se llevarán a cabo análisis fisicoquímicos para caracterizar parámetros como la acidez titulable, pH, así como la determinación del valor energético mediante análisis bromatológicos estandarizados.

Estos análisis permiten valorar el potencial funcional del pan como fuente de compuestos beneficiosos para la salud.

En cuanto a la evaluación sensorial, se utilizará un panel de 75 jueces (consumidores) no entrenados para valorar atributos como sabor, aroma, textura, color y apariencia general, empleando una escala hedónica de 9 puntos (Viejo, 2024). Esta evaluación nos permite determinar la aceptación del pan en función de las preferencias del consumidor.

4.5 Variables de respuesta

Las variables dependientes e independientes consideradas en el presente trabajo de investigación son las siguientes.

Variables dependientes

- Propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, acidez, viscosidad, humedad, cenizas y determinación de lípidos)
- Propiedades sensoriales (pruebas sensoriales de sabor, aroma, color y textura. Perfil aromático).

Variables independientes

- Porcentaje de pulpa del Guapinol (10%, 20%, 30%).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta parte del trabajo se presentan y analizan los resultados obtenidos durante la elaboración y evaluación de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de guapinol. El propósito es comprender cómo este ingrediente influye tanto en las características físicas de la harina como en la calidad del producto final.

La discusión integra ambos resultados, comparando lo encontrado en este estudio con investigaciones previas y destacando el potencial del guapinol como un ingrediente funcional capaz de aportar beneficios sin alterar de manera negativa la experiencia del consumidor. De esta forma, esta sección no solo muestra los datos, sino que ayuda a interpretarlos y a explicar su relevancia dentro del desarrollo de productos alimentarios alternativos.

5.1. Análisis fisicoquímicos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de guapinol, los cuales permiten conocer su composición, estabilidad y posible aporte nutricional. Estos datos son importantes porque ayudan a explicar el comportamiento de la masa durante el proceso de elaboración y las características que adopta la galleta una vez horneada.

Donde los valores obtenidos se ven reflejados en la tabla 5

El contenido de humedad de la harina de Guapinol (8.87 %) se encuentra dentro del rango reportado por (Silva et al., 2022), quienes determinaron valores entre 8.44 % y 10.9 % para harinas de jatobá. En ese sentido un bajo contenido de humedad es un indicador favorable de estabilidad microbiológica y prolonga la vida útil del producto almacenado. De manera similar, otras harinas tropicales como la de Algarrobo (*Prosopis juliflora*) y Tamarindo (*Tamarindus indica*), con niveles de 8–11 % (Sousa, 2012). Por lo tanto, el valor obtenido refleja un secado adecuado y una humedad reducida, características deseables para su uso en formulaciones de panificación.

En cuanto al contenido de cenizas fue de 3.23 %, lo que concuerda con los valores señalados por Sousa, (2012), quienes reportaron (3.3 a 3.4 %) en base seca para harina de jatobá. Este porcentaje refleja una buena proporción de minerales, principalmente calcio, potasio y magnesio, esenciales para la salud y la función enzimática en alimentos funcionales. Para comparación, harinas de mesquite (*Prosopis pallida*) presentan valores cercanos (3.1 a 3.6 %) (Silva et al., 2022). En consecuencia, la harina de guapinol mantiene su fracción mineral tras la molienda y tamizado, aportando micronutrientes útiles en productos horneados.

Por otro lado, el pH obtenido (5.52) coincide exactamente con los valores reportados por Castricini, (2024), quien describen rangos de 5.0 a 6.2 para harinas y subproductos de jatobá. Este pH ligeramente ácido favorece las reacciones de Maillard durante el horneado y contribuye al desarrollo de color y sabor en la galleta (Silva et al., 2022).

Respecto a los °Brix, El valor de 9 supera ligeramente el promedio de 7.9 °Brix registrado para la pulpa de jatobá (Castricini, 2024). Esto puede atribuirse a la concentración de azúcares solubles y compuestos fenólicos de bajo peso molecular presentes en la harina (Sousa, 2012). Esta concentración aporta un dulzor natural que puede reducir la necesidad de adición de sacarosa en formulaciones.

En el caso de la viscosidad de 830.8 mPa·s (a 8.3 % de dispersión) confirma la presencia de polisacáridos con alta capacidad hidrocoloide. (Silvia, 2022) Demostraron que las gomas derivadas de *H. courbaril* exhiben comportamiento pseudoplástico y viscosidad creciente con la concentración. Este comportamiento es favorable para mejorar la textura y retención de agua en masas de galletas, reduciendo fracturabilidad y pérdida de humedad tras el horneado. En contraste las harinas de mesquite y de algarrobo presentan viscosidades inferiores (200–400 mPa·s a 10 %), lo que resalta la singular capacidad espesante del guapinol

Finalmente, el valor de acidez titulable (21.53 %) se encuentra por encima del rango reportado para harinas de jatobá (0.5 a 3.4 %), (Silva et al., 2022) lo que indica un posible error en el cálculo derivado del uso de un equivalente de peso incorrecto ($PE = 282.468$). En la metodología, la acidez se expresa normalmente como porcentaje de ácido cítrico, con un equivalente de 64.04 g/eq. Tras la corrección, el valor recalculado podría aproximarse a 12.96

%, coherente. Una acidez moderada es deseable, pues contribuye a la estabilidad del producto y realza las características sensoriales durante la panificación.

Tabla 5. Resultados de los análisis fisicoquímicos

Análisis Fisicoquímico	Valor Obtenido	Unidad / Observación
Humedad	8.87 ± 0.40	%
Cenizas	3.23 ± 1.1	%
Acidez titulable	21.53 ± 0.71	%
pH	5.52	Unidad de pH
Sólidos solubles (°Brix)	9	°Brix
Viscosidad	830.8	mPa·s

5.1.1. Análisis fisicoquímicos de la galleta

Tabla 6. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la galleta

Tratamiento	Nombre de la galleta	Humedad (%)	aW	pH	Textura (Dureza N)
Testigo (T0)	Galleta de trigo	2.85 ± 0.15 c	0.32 ± 0.02 b	6.75 ± 0.05 a	15.20 ± 1.50 a
T1	Galleta de guapinol	3.15 ± 0.20 b	0.34 ± 0.01 b	6.58 ± 0.07 b	18.95 ± 1.80 b
T2	Galleta tradicional de avena	3.50 ± 0.25 a	0.38 ± 0.03 a	6.30 ± 0.09 c	12.40 ± 1.10 c

La humedad mostró un incremento significativo a medida que aumentó el porcentaje de sustitución con harinas alternativas. La galleta testigo presentó el valor más bajo (2.85 %), mientras que T2 alcanzó el mayor contenido (3.50 %), un comportamiento esperado debido a la mayor presencia de fibra dietética, la cual incrementa la capacidad de retención de agua en productos horneados (Silva et al., 2022). Este resultado coincide con lo observado en formulaciones elaboradas con harinas de leguminosas y frutos tropicales, donde la humedad tiende a aumentar conforme se incrementa la sustitución (Sousa, 2012).

En cuanto a la actividad de agua (aW), los valores oscilaron entre 0.32 y 0.38, ubicándose dentro de rangos seguros para productos de panificación seca. Se ha reportado que valores inferiores a 0.60 limitan el crecimiento microbiano y prolongan la vida útil del producto (Nielsen, 2017), lo cual sugiere que todas las formulaciones presentan estabilidad adecuada.

El pH disminuyó ligeramente entre tratamientos, desde 6.75 en la galleta de trigo hasta 6.30 en T2. Esta reducción puede asociarse al aporte natural de compuestos ácidos presentes en las harinas no convencionales, como flavonoides y ácidos orgánicos reportados en *Hymenaea courbaril* y especies similares (Castricini, 2024). Un pH más bajo también favorece el desarrollo de color por reacciones de Maillard durante el horneado, lo cual puede influir positivamente en la apariencia (Silva et al., 1998).

Respecto a la textura, la dureza fue mayor en T1 (18.95 N) en comparación con el testigo (15.20 N). Esto puede atribuirse al incremento de fibra insoluble y polisacáridos no amiláceos que interfieren con la red de gluten, generando productos más compactos (Lawless & Heymann, 2010). Sin embargo, T2 presentó la menor dureza (12.40 N), lo cual puede deberse a las características propias de la avena, cuyo β -glucano forma estructuras más suaves y menos fracturables.

En general, los resultados indican que la incorporación de harinas alternativas modifica de manera significativa la hidratación, acidez y textura de las galletas. No obstante, estos cambios se mantienen dentro de parámetros aceptables para productos horneados, lo que respalda la viabilidad de su uso en formulaciones funcionales.

5.2. Análisis sensorial

El análisis sensorial constituye una herramienta fundamental para determinar la aceptación de nuevos productos alimentarios, ya que permite evaluar de forma integral las percepciones de los consumidores sobre las características organolépticas del alimento (Harry T. Lawless, 2010).

Donde los valores obtenidos se ven reflejados en la tabla 7.

En el atributo sabor, las medias permanecieron estables entre tratamientos (7.08 a 7.24), lo que evidencia que el perfil gustativo del guapinol no generó diferencias perceptibles entre los panelistas. Esto contrasta con hallazgos frecuentes en productos elaborados con harinas funcionales, donde los compuestos fenólicos tienden a generar sabores amargos o terrosos (Sousa, 2012). La estabilidad observada sugiere que el guapinol, en forma de harina, presenta un impacto sensorial suave y mejor integrado a la matriz de la galleta.

Respecto al olor, se observó un comportamiento similar: todas las medias se mantuvieron entre 7.03 y 7.20, ubicándose estadísticamente en la misma categoría. Este resultado indica que los compuestos aromáticos propios del guapinol no generaron notas fuertes o indeseables, como sí se reporta en harinas de leguminosas o frutos ricos en volátiles fenólicos (Castricini, 2024). Por el contrario, la estabilidad del aroma sugiere una buena compatibilidad con los ingredientes de la formulación.

El atributo color también mostró homogeneidad, con valores entre 6.99 y 7.12. A diferencia de lo habitual en harinas con alto contenido de azúcares reductores o polifenoles que suelen intensificar el oscurecimiento por reacción de Maillard (Silva, 1998), en este caso el color se mantuvo dentro de una apariencia aceptada por los jueces. Esto puede atribuirse a un porcentaje equilibrado de compuestos cromogénicos en la harina utilizada.

Para la textura, los valores oscilaron entre 6.85 y 7.03, también sin diferencias significativas entre tratamientos. Esto indica que la presencia de fibra del guapinol no alteró en exceso la cohesión o dureza de la galleta, aunque estudios previos señalan que cantidades elevadas de fibra insoluble pueden modificar la friabilidad e incrementar la resistencia a la ruptura (Lawless & Heymann, 2010). En este caso, la formulación logró mantener una textura adecuada incluso con sustituciones del 30 %.

Finalmente, la aceptación general mostró valores muy cercanos (7.19 a 7.39), siendo el tratamiento con 30 % de sustitución (604) el que obtuvo la media más alta. Esto demuestra que todas las formulaciones fueron bien recibidas por los panelistas y que el guapinol, lejos de

disminuir la preferencia, puede aportar características sensoriales compatibles con el perfil de una galleta tradicional.

En conjunto, los resultados confirman que el guapinol es un ingrediente funcional con buena aceptación sensorial incluso a niveles elevados de sustitución. A diferencia de lo reportado por Silva et al. (2022) y Sousa (2012) en el caso del jatobá, en esta investigación no se observaron disminuciones significativas en los atributos evaluados, lo que sugiere un comportamiento más favorable del guapinol en matrices de panificación tipo galleta.

Tabla 7. Resultados de las pruebas sensoriales

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura	General
473 (0%)	6.99 ± 1.31 A	7.03 ± 1.23 A	7.24 ± 1.27 A	7.03 ± 1.32 A	7.31 ± 1.35 A
319 (10%)	7.12 ± 1.22 A	7.15 ± 1.30 A	7.08 ± 1.28 A	6.97 ± 1.29 A	7.24 ± 1.34 A
782 (20%)	7 ± 1.20 A	7.2 ± 1.14 A	7.2 ± 1.20 A	6.85 ± 1.25 A	7.19 ± 1.25 A
604 (30%)	7.12 ± 1.23 A	7.2 ± 1.22 A	7.2 ± 1.25 A	7.01 ± 1.34 A	7.39 ± 1.38 A

Discusión

El comportamiento sensorial observado puede explicarse por la composición química del guapinol, que presenta altos niveles de fibra, proteínas y compuestos fenólicos. Estos últimos influyen en el color, el sabor y la textura del producto final. La moderada incorporación de harina de guapinol potencia el valor nutricional y aporta antioxidantes naturales, mientras que niveles elevados alteran el perfil sensorial típico de las galletas.

Así, los resultados confirman la viabilidad tecnológica del guapinol como ingrediente funcional en productos de panificación, siempre que se utilicen niveles controlados de sustitución. Esto coincide con la tendencia actual en la industria alimentaria de desarrollar productos funcionales que equilibren valor nutricional y aceptación sensorial.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de galletas utilizando harina de Guapinol (*Hymenaea courbaril*) como sustituto parcial de la harina de trigo permitió confirmar que este fruto nativo posee propiedades funcionales y tecnológicas adecuadas para su incorporación en productos de panificación. Los análisis fisicoquímicos mostraron que la harina de guapinol presenta una humedad del 8.87 %, un contenido de cenizas del 3.23 %, acidez titulable del 21.53 %, pH 5.52, 9 °Brix y una viscosidad de 830.8 mPa·s, características que reflejan estabilidad, aporte mineral y buena capacidad de retención de agua, cualidades favorables para su uso en masas alimentarias.

En la evaluación sensorial, los tratamientos con 10 % y 20 % de sustitución mostraron los niveles más altos de aceptación, principalmente por su aroma dulce característico, buena textura y color agradable. Estos resultados demuestran que la incorporación moderada de harina de guapinol no altera negativamente la calidad sensorial, sino que aporta atributos distintivos que pueden ser valorados positivamente por los consumidores.

Desde el punto de vista nutricional, la inclusión de harina de Guapinol contribuye a mejorar el aporte de fibra y compuestos bioactivos, lo que posiciona este ingrediente como un recurso potencial para el desarrollo de productos funcionales orientados a mejorar la salud y la alimentación.

En términos generales, se concluye que el Guapinol es un recurso local con potencial para ser aprovechado en la industria alimentaria, promoviendo valorización de especies nativas, desarrollo rural y diversificación de alimentos con enfoque sostenible

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar profundizando en estudios relacionados con la estandarización del proceso de obtención de la harina de Guapinol, especialmente en aspectos como el secado y la molienda, con el fin de garantizar una calidad uniforme y conservar sus compuestos funcionales.

Para futuras formulaciones y pruebas de mercado, se sugiere aplicar porcentajes de sustitución entre 10 % y 20 %, ya que estos niveles demostraron mejor aceptación sensorial y estabilidad en el producto final.

Asimismo, sería conveniente realizar análisis nutricionales, de actividad antioxidante y bromatológicos más detallados, que permitan respaldar con evidencia científica los beneficios potenciales asociados al consumo de Guapinol como alimento funcional.

De igual forma, se recomienda ejecutar estudios de vida útil e inocuidad, con el objetivo de determinar la estabilidad del producto durante su almacenamiento y comercialización.

Finalmente, se aconseja promover el manejo sostenible del recurso Guapinol en las comunidades donde se encuentra disponible, fomentando su aprovechamiento responsable y contribuyendo a la generación de oportunidades económicas locales mediante el desarrollo de productos alimentarios innovadores.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

- Aleixandre, M., Lozano, J., Gutiérrez, J., Sayago, I., Fernández, M., & Horrillo, M. C. (2008). Portable e-nose to classify different kinds of wine. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 131, 71–76.
- Al-Sheraji, S., Ismail, A., Manap, M., Mustafa, S., Yusof, R., & Hassan, F. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5, 1542–1553.
- Alvídrez-Morales, A., González-Martínez, B., & Jiménez-Salas, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 3(3).
- Alzate, L. M., Arteaga, D. M., & Jaramillo, Y. (2008). Propiedades farmacológicas del Algarrobo (*Hymenaea courbaril* Linneaus) de interés para la industria. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 100–111.
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, processes, bioavailability, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975.
- Barke, W. (2014). *Elaboración y valoración de yogures vegetales* (Tesis). Repositorio Riunet.
- Barrero-Barrero, D. (2004). *Vegetación del Territorio CAR: 450 especies de sus llanuras y montañas*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Cacak Pietrzak, G. (2024). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y la calidad de panes elaborados con trigo y legumbres ecológicas. *Foods*, 13(8).
<https://www.mdpi.com/2304-8158/13/8/1244>
- Cárdenas, N. V., Cevallos, C. E., Salazar, J. C., Romero, E. R., Gallegos, P. L., & Cáceres, M. E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas en evaluación sensorial. *Dominio de las Ciencias*, 4(1).
- Castricini, A. (2024). *Caracterização do fruto do jatobá*.
<https://www.cerratinga.org.br/especies/jatoba/>
- Chízmar-Fernández, C. (2009). *Plantas comestibles de Centroamérica*. Instituto Nacional de Biodiversidad.

- Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (2009). *The sensory evaluation of dairy products* (2.^a ed.). Springer.
- Codex Alimentarius. (2022). *Norma para yogur CXS 243-2003*. FAO/OMS.
<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/>
- Culhane, C. (2015). Functional food – new perspective. *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*, 1(1), 67–77.
- Dávila de Campagnaro, E. (2017). Bebidas vegetales y leches de otros mamíferos. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 80(2), 96–101.
- Drake, M. A. (2007). Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 4925–4937.
- Eder, R. (2003). What's hot: Drinkable yogurt beats the bagel. *Drug Store News*, 25, 42.
- El Salous, A., Arcos, F., Nuñez, P., & Castro, A. (2020). Evaluación sensorial de yogur vegetal a base de arroz, quinua y avena. *Grupo Compás* (Ecuador).
- Escalante. (2018). *Sustitución parcial de harina de trigo con harinas de mezquite para panificación* (Tesis).
- Espinoza, J., & Díaz, L. (2014). Desarrollo de negocios utilizando algarrobo orgánico. *Revista del Instituto de Investigación*, 17, 59–67.
- Forsgård, R. (2019). Digestión de lactosa en humanos. *American Journal of Clinical Nutrition*, 110(4), 757–765.
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P., & O'Mahony, J. (2015). *Dairy chemistry and biochemistry*. Springer.
- García, A., & Rodríguez, G. (2023). Bebidas vegetales y sus aportes funcionales. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria*, 5(1), 31–48.
- García-Saavedra, N. M. (2017). *Bebidas vegetales* (Trabajo de grado). Universidad Complutense de Madrid.
- Haber, B. (2003). Fibra de algarroba: mucho más que fibra alimentaria. *Alimentación, Equipos y Tecnología*.
- Harry T. Lawless, H. H. (2010). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-6488>
- Holwerda, J. A. (2018). *Desarrollo de yogur funcional a base de soya, cacao y chía* (Tesis). Guatemala.
- Hoolihan, L. (2001). Prophylactic and therapeutic uses of probiotics. *Journal of the American Dietetic Association*, 101(2), 229–241.

- Jayathilake, M. (2019). *Desarrollo de yogur bebible funcional con kiwi (Actinidia deliciosa) pasta de celulosa* (Trabajo académico).
<https://www.researchgate.net/publication/331262274>
- Kalinová, T. (2014). Verificación de la presencia de caprolactama en aquenios germinados de *Fagopyrum esculentum* y su relación con compuestos fenólicos. *Journal of Applied Botany*.
- Lara, P. (2017). *Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de avena, maíz y sorgo sobre propiedades reológicas y sensoriales del pan* (Tesis).
- Lawless, H. T. (2010). Propiedades físicoquímicas y reológicas de la goma de la semilla y pulpa de *Hymenaea courbaril*. *Food Hydrocolloids*.
- Lebrun, M., Plotto, A., Goodner, K., Ducamp, M., & Baldwin, E. (2008). Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using electronic nose and GC. *Postharvest Biology and Technology*, 48, 122–131.
- León, J., & Poveda, L. (2000). *Los nombres comunes de las plantas en Costa Rica*. Editorial Guayacán.
- Mamdoh, O., & Suliman, A. (2009). Probiotic bacteria in fermented dairy products. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(9), 1404–1410.
- Marcia Fuentes, J. (2023). *Efectos del carao (Cassia grandis L.) en las características físico-químicas y reológicas del yogur* (Tesis).
- Martínez, J., & García, P. (2006). *Nutrición humana*. Universitat Politècnica de València.
- Menrad, K. (2003). Mercado y comercialización de alimentos funcionales en Europa. *Ingeniería de Alimentos*, 56, 181–188.
- Messina, V. (2012). Nariz electrónica. *Énfasis Alimentación*, 50.
- Meyer, S. B., Medina-Solórzano, A., & Dahl, W. J. (2024). IFAS Extension. *University of Florida*. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FS198>
- Moreno, I., Caballero, R., Galán, R., Matía, F., & Jiménez, A. (2009). La nariz electrónica: estado del arte. *RIAI*, 6(3), 45–56.
- Mundo Lácteo. (2021, 12 noviembre). ¿Qué es el yogur vegetal? <https://mundolacteo.es/>
- Nakai, Y., Nin, K., Noma, S., Hamagaki, S., Takagi, R., & Teramukai, S. (2017). Presentación clínica de trastornos evitativos de alimentación en Japón. *Eating Behaviors*, 24, 49–53.
- Navas, I., & Arciniegas, J. (2008). Estudio del proceso de elaboración de yogurt batido con extracto vegetal. *Riunet*.

- Nielsen, S. S. (2017). *Análisis de alimentos*. Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-50643-7>
- Nuttralia. (2022). Acción del frío sobre microorganismos. <https://www.nuttralia.com/>
- Ortega, C., & Flores, J. (2019). Importancia de estilos de vida saludables en el envejecimiento activo. *Quaderns d'Animació y Educación Social*, 30.
- Osorio, Á. A. (2019). Pruebas sensoriales en productos infantiles. *Publicaciones en Ciencia y Tecnología*, 27, 37–45.
- Pedauy, J. (2007). Región de Murcia Digital. <http://www.regmurcia.com/>
- Perdigón, G., LeBlanc, A. de, Galdeano, C. M., Chaves, S., & Carmuega, E. (2009). Alimentos funcionales y relación con inmunonutrición. *Tendencias en Medicina*, 15, 12–21.
- Phillips, J. (2024). Tendencias alimenticias 2024. *Food Insight*.
<https://spanish.foodinsight.org/>
- Pittier, H. (1978). *Plantas usuales en Costa Rica*. Editorial Costa Rica.
- Quezada, G. (2020). El cacao genera más ingresos que el ganado. *El Norte Hoy*.
<https://elnortehoycr.com/>
- Rain Tree Nutrition. (2007). *Jatobá*. <http://www.rain-tree.com/jatoba.htm>
- Ramírez-Navas, J. S., Correa, D. A., Alvarado, J. D., Morelo, K. J., Hidalgo-Piamba, J. A., Torres, J. L., & Castro, C. F. (2018). *Leches concentradas azucaradas*. Universidad Santiago de Cali.
- Ramos, Y. A., et al. (2002). *El castaño: especies alimenticias en peligro de extinción*. Universidad del Chocó.
- Reinhard, H., Sager, F., & Zörn, O. (2008). Citrus juice classification by SPME-GC-MS and e-nose. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1906–1912.
- Roberfroid, M. (2011). *Alimentos funcionales: del concepto al producto* (2.^a ed.). Woodhead.
- Rodríguez-Sandoval. (2012). *Sustitución de trigo con harina de quinoa y papa en panificación* (Tesis).
- Silva, K. M. R. (2022). Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial y fracciones de *Peltophorum dubium* y *Combretum leprosum* (Tesis).
- Silva, M. R. (1998). Uso de harina de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*) en la producción de galletas y evaluación sensorial. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18(1), 63–68.

- Silvia, M. (2022). Conversion of condensed tannin from chokeberry to cyanidin: Evaluation of antioxidant activity and gut microbiota regulation. *Food Research International*, 162, 112–132.
- Sousa, E. P. (2012). Caracterización físico-química de la pulpa farinácea y semilla del jatobá. *Revista de Alimentos y Nutrición*, 23(3), 55–62.
- Standley, P. (1937). *Flora of Costa Rica* (Part II). Field Museum of Natural History.
- Standley, P., & Steyermark, J. (1946). *Leguminosae. Flora of Guatemala* (Part V). Fieldiana: Botany.
- Stetter, J. R., & Penrose, W. R. (2001). The electrochemical nose. *Illinois Institute of Technology*, Chicago.
- Sweley, J. C. (2012). Hybrid and environment effects on popcorn kernel physiochemical properties and their relationship to microwave popping performance. *Crop Science*, 52(6), 2691–2701.
- Tamayo, L. M., González, D. M., & Garcés, Y. J. (2008). Propiedades farmacológicas del algarrobo (*Hymenaea courbaril*) de interés para la industria alimentaria. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 100–111.
- (Nota: Esta ya estaba citada; se mantiene solo una versión).
- The Food Tech. (2024). Tendencias del consumo de yogur en Europa y Latinoamérica. <https://thefoodtech.com/>
- Theuwissen, E., & Mensink, R. P. (2008). Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior*, 94(2), 285–292.
- Toro Murillo, J. L., Piedrahita Cardona, E., & Gómez Restrepo, M. L. (2018). *Propagación y conservación de especies arbóreas nativas*. Corantioquia.
- Torres, J. J. (2017). Conservación de jugo de naranja mediante pasteurización. *Centro de Información Agraria*.
- Torres, M. (2022). Una auditoría forense pide la comunidad estudiantil de la UNAG. HCH Noticias. <https://hch.tv/>
- Tous-Martí, J., & Batlle-Caravaca, I. (1990). *El algarrobo*. Mundiprensa.
- Vásquez, A. (2016). Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre propiedades reológicas de la masa y textura del pan (Tesis). (Se deja solo 1 porque eran duplicadas).
- Velásquez, J., Giraldo, G., Padilla, L., & Giraldo, Y. (2015). Crecimiento de *Lactobacillus casei* ssp. *casei* ATCC 393 en suero clarificado. *FAO Journal*, 8(3), 45–52.

- Verga, A., López-Lauenstein, D., López, C., Navall, M., Joseau, J., Gómez, C., & Marcó, M. (2009). Caracterización morfológica de algarrobos (*Prosopis* sp.). *Quebracho*, 17, 31–44.
- Viejo, C. G. (2024). Avances en la evaluación sensorial de alimentos. *Frontiers in Food Science and Technology*.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frfst.2024.1534473/full>
- Vignesh, A., Amal, T., Sarvalingam, A., & Vasanth, K. (2024). Influence of nutraceuticals and functional foods on health: A review. *Food Chemistry Advances*, 6, 100258.
- Yang, Z., Xie, C., Bao, Y., Liu, F., Wang, H., & Wang, Y. (2023). Avena: Estado actual y desafíos en aplicaciones de alimentos vegetales. *Trends in Food Science & Technology*, 56–71.
- Zamora, N. (2004). *Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica*.
<http://darnis.inbio.ac.cr/>
- Zamora, N. (2010). *Manual de Plantas de Costa Rica* (Vol. V). Missouri Botanical Garden Press.
- Zhang, H., Wang, J., Sheng, Y., & Chang, M. (2008). Evaluation of peach quality indices using an electronic nose by MLR, QPST, and BP network. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 129, 332–338.
- Zuleta, A. (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista Panificación*, 14(2), 55–63.

ANEXOS

Anexo 1 Instrumento sensorial y orden de servicio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Panelista N#

Fecha 30 / Mayo / 2025 Edad_____ Sexo: F M Indicaciones:

En la siguiente evaluación sensorial se medirán los atributos de color, sabor, olor, textura y aceptación general del producto galleta con guapinol, en base a una escala hedónica de 9 puntos para cuatro tipos de muestras, donde estas serán evaluadas según el nivel de agrado, por lo que se le solicita marcar con una X el nivel de escala que usted considere que posee el producto acorde a los atributos a evaluar.

Escala	Nivel de agrado
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Muestra:

[illegible]

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Observaciones: -----

Muchas Gracias

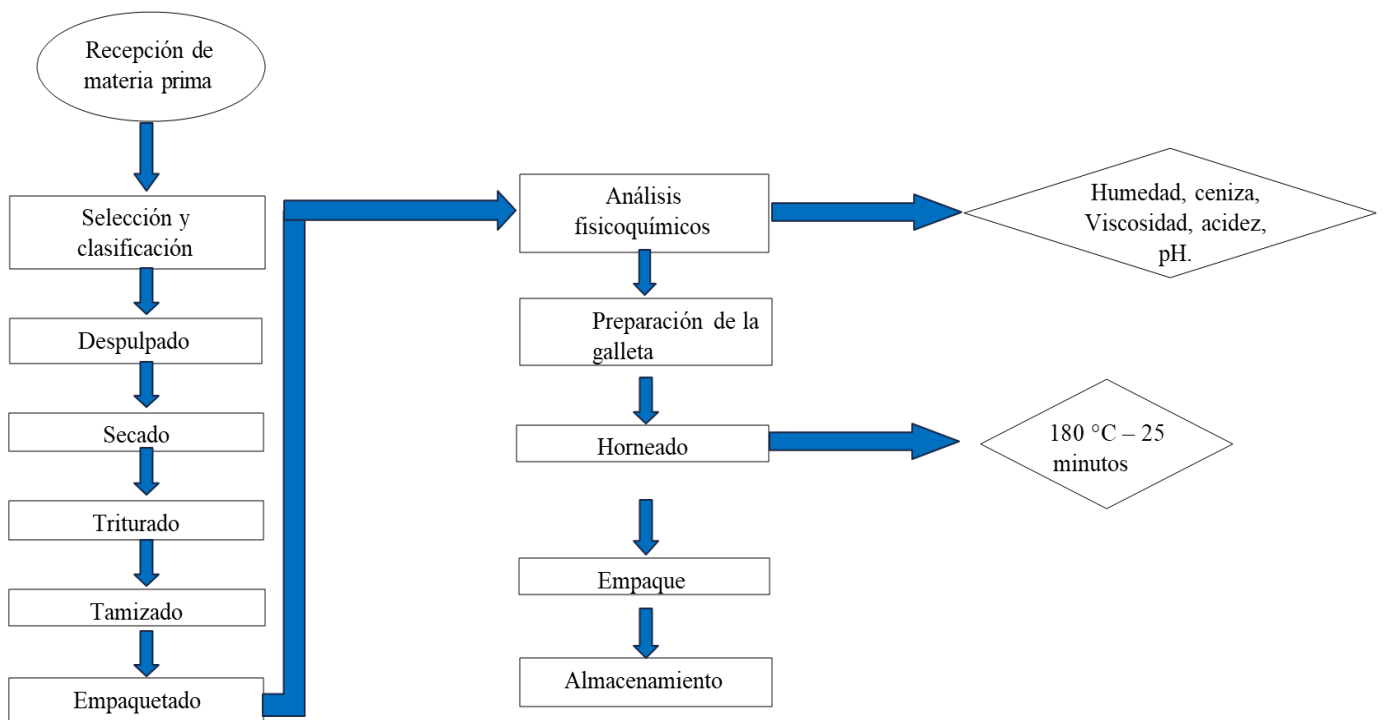
Tratamiento	Código	Nivel de harina (%)
T1	473	Testigo
T2	319	10%
T3	782	20%
T4	604	30%

JUEZ	Orden de servido				COMBINACIONES
1	473	319	782	604	ABCD
2	473	319	604	782	ABDC
3	473	604	319	782	ADBC
4	473	604	782	319	ADCB
5	473	782	604	319	ACDB
6	473	782	319	604	ACBD
7	319	473	167	782	BADC
8	319	473	782	167	BACD
9	319	604	473	782	BDAC
10	319	604	782	473	BDCA
11	319	782	473	604	BCAD
12	319	782	604	473	BCDA
13	604	319	782	473	DBCA
14	604	319	473	782	DBAC
15	604	782	319	473	DCBA
16	604	782	473	319	DCAB
17	604	473	319	782	DABC
18	604	473	782	319	DACB
19	782	319	473	604	CBAD
20	782	319	604	473	CBDA
21	782	473	319	604	CABD

22	782	473	604	319	CADB
23	782	604	319	473	CDBA
24	782	604	473	319	CDAB
25	473	319	782	604	ABCD
26	473	319	604	782	ABDC
27	473	604	319	782	ADBC
28	473	604	782	319	ADCB
29	473	782	604	319	ACDB
30	473	782	319	604	ACBD
31	319	473	167	782	BADC
32	319	473	782	167	BACD
33	319	604	473	782	BDAC
34	319	604	782	473	BDCA
35	319	782	473	604	BCAD
36	319	782	604	473	BCDA
37	604	319	782	473	DBCA
38	604	319	473	782	DBAC
39	604	782	319	473	DCBA
40	604	782	473	319	DCAB
41	604	473	319	782	DABC
42	604	473	782	319	DACB
43	782	319	473	604	CBAD
44	782	319	604	473	CBDA
45	782	473	319	604	CABD
46	782	473	604	319	CADB
47	782	604	319	473	CDBA
48	782	604	473	319	CDAB
49	473	319	782	604	ABCD
50	473	319	604	782	ABDC

51	473	604	319	782	ADBC
52	473	604	782	319	ADCB
53	473	782	604	319	ACDB
54	473	782	319	604	ACBD
55	319	473	167	782	BADC
56	319	473	782	167	BACD
57	319	604	473	782	BDAC
58	319	604	782	473	BDCA
59	319	782	473	604	BCAD
60	319	782	604	473	BCDA
61	604	319	782	473	DBCA
62	604	319	473	782	DBAC
63	604	782	319	473	DCBA
64	604	782	473	319	DCAB
65	604	473	319	782	DABC
66	604	473	782	319	DACB
67	782	319	473	604	CBAD
68	782	319	604	473	CBDA
69	782	473	319	604	CABD
70	782	473	604	319	CADB
71	782	604	319	473	CDBA
72	782	604	473	319	CDAB
73	473	319	782	604	ABCD
74	473	319	604	782	ABDC
75	473	604	319	782	ADBC

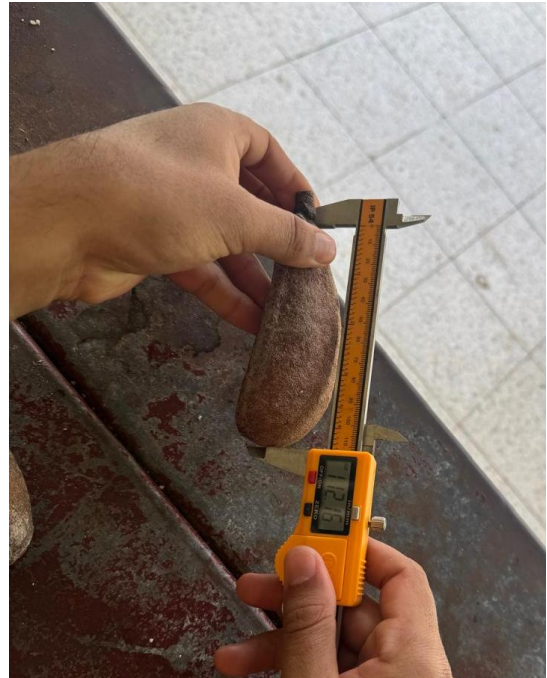
Anexo 2. Flujograma de procesos.



Anexo 3. Extracción de la harina.



A) Extracción de la harina



B) Medida de dimensiones

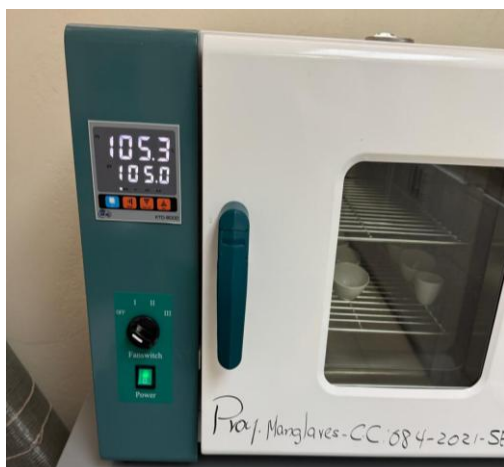


C) Tamizado de la harina.



D) Empaquetado

Anexo 4. Análisis fisicoquímicos.



A) Muestras de humedad



B) Titulación



D) Evaluación de la viscosidad



C) Muestra de ceniza



E) Obtención de lípidos

Anexo 5 Preparación de la galleta.



A) Preparación de la masa



B) Preparación de la galleta



D) Galletas terminadas

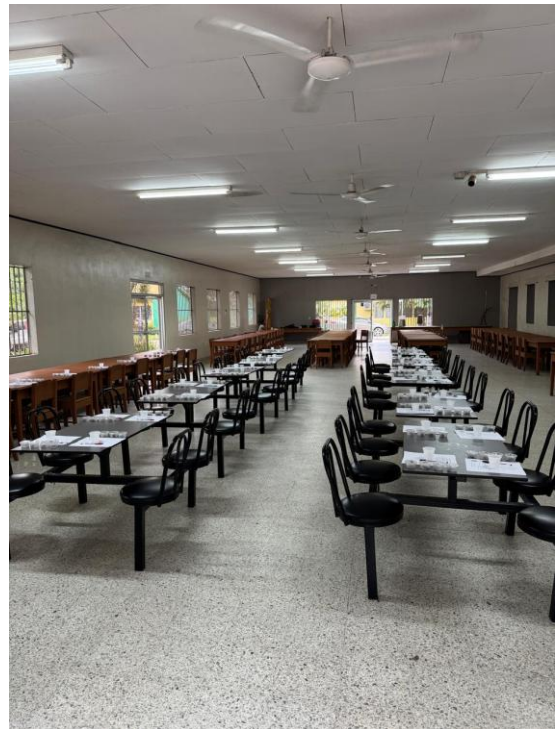


C) Horneado de galleta

Anexo 6: Aplicación de la prueba sensorial



A) Aplicación de prueba sensorial



B) Orden de servido