

Universidad Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



**Universidad
Zamorano®**

Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de galletas a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con
sustitución parcial de harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y
harina de grillo (*Acheta domesticus*)**

Estudiante

Mynor David González Maldonado

Antony Steven Maeda Alvizurez

Asesores

Sandra Espinoza, M.Sc.

Adriana Hernández Santana, D.Sc.

Honduras, noviembre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Materiales y Métodos	14
Ubicación del Experimento	14
Fases de la Investigación	14
Fase I: Elaboración y Evaluación Sensorial de Galletas con Sustitución Parcial de Harina de Amaranto y Harina de Grillo en Diferentes Niveles	14
Análisis Sensorial	22
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	23
Fase II: Análisis Físicoquímico de las Galletas	23
Análisis Químicos	23
Proteína Cruda (AOAC 2001.11)	24
Fibra Dietética (AOAC 985.29)	25
Análisis Físicos	26
Color	26
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	27
Etiquetado Nutricional	27
Resultados y Discusión	28
Fase I: Elaboración y evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo en diferentes niveles	28

Análisis Microbiológicos.....	28
Análisis sensorial	31
Me Gustó en General	35
Análisis Físicoquímicos.....	36
Análisis Físicos.....	37
Color de la Galleta.....	39
Análisis Químicos	40
Etiqueta Nutricional	45
Conclusiones	47
Recomendaciones.....	48
Referencias.....	49
Anexos.....	54

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Parámetros microbiológicos para la harina de grillo según el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188.....	15
Cuadro 2 Parámetros microbiológicos para la harina de amaranto según la Norma Peruana (MINSA, 2003)	15
Cuadro 3 Formulación de las galletas elaborada en la PIA	18
Cuadro 4 <i>Reformulación de las galletas elaboradas en la PIA</i>	19
Cuadro 5 Formulación de las galletas de chocolate con harina de grillo y amaranto	20
Cuadro 6 Resultados del recuento de Mohos, Escherichia coli, Enterobacterias y Salmonella spp. realizados a la harina de grillo	29
Cuadro 7 Resultados del recuento de Mohos, Escherichia coli, Enterobacterias y Salmonella spp. realizados a la Harina de amaranto	30
Cuadro 8 Análisis sensorial de los atributos color, olor y sabor de los cuatro tratamientos y el control de las galletas a base de harina de trigo con sustitución parcial de harina de grillo y harina de amaranto	34
Cuadro 9 Análisis sensorial de los atributos textura y me gustó en general de los cuatro tratamientos y el control de las galletas a base de harina de trigo con sustitución parcial de harina de grillo y harina de amaranto.....	35
Cuadro 10 Análisis de correlación entre los atributos sensoriales de las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo	36
Cuadro 11 Resultados de análisis de textura de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30% de harina de amaranto y 7% de harina de grillo	38
Cuadro 12 Resultados de color de la galleta control y el tratamiento T2 con 30% de harina de amaranto y 7% de harina de grillo.....	40

Cuadro 13 Resultados de actividad de agua y ceniza de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30% de harina de amaranto y 7% de harina de grillo	41
Cuadro 14 Resultados de proteína de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30% de harina de amaranto y 7% de harina de grillo en 100 gramos	43
Cuadro 15 Resultados de fibra de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30% de harina de amaranto y 7% de harina de grillo.....	44

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso para la elaboración de las galletas con sustitución parcial de harina de amaranto y grillo.....	22
Figura 2 Etiqueta nutricional de la galleta sustituida parcialmente con 30% de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo	46

Índice de Anexos

Anexo A Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 1 con sustitución de 7 % harina de grillo y 20 % harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto.....	54
Anexo B Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 2 con sustitución de 7 % harina de grillo y 30 % harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto.....	55
Anexo C Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 3 con sustitución de 11 % harina de grillo y 20 % harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto.....	56
Anexo D Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 4 con sustitución de 11 % harina de grillo y 30 % harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto.....	57
Anexo E Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento control sin sustitución de harina de grillo y harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto	58
Anexo F Carta de autorización para participación en la prueba sensorial	59
Anexo G Carta de solicitud de permiso al director de la Escuela Francisco Morazán	60
Anexo H <i>Boleta de evaluación sensorial de las galletas</i>	61

Resumen

En Guatemala, la desnutrición continúa siendo un problema crítico con 31.7 % de retraso de crecimiento en escolares (6 a 9 años) según el censo escolar de 2024. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar galletas a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con sustitución parcial de harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) y harina de grillo (*Acheta domesticus*) para incrementar su contenido de proteína y fibra, evaluar su aceptación sensorial y características fisicoquímicas. Se elaboraron cuatro formulaciones con diferentes niveles de sustitución (7 % y 11 % de harina de grillo [HG]; 20 % y 30 % de amaranto [HA]) más un control sin sustitución. Ambas harinas se sometieron a análisis microbiológicos garantizando su inocuidad. Se realizó una prueba sensorial afectiva de las galletas con 92 niños de 10 a 12 años, utilizando una escala hedónica de 5 puntos evaluando color, olor, sabor, textura y aceptación general; se usó un diseño de Bloques Completos al Azar, ANDEVA y separación de medias DUNCAN. Las formulaciones con 7 % HG obtuvieron las mayores puntuaciones en aceptación general, además del control, los porcentajes más altos de HG redujeron la aceptación de sabor y olor. En el análisis fisicoquímico del tratamiento más aceptado (30 % HA y 7 % HG) frente al control, se usó una comparación de muestras independientes con una prueba t Student y mostró mayor contenido de proteína y fibra, presentado oscurecimiento y reducción de la dureza, cohesividad y adhesividad. Los resultados evidencian una alternativa innovadora y sostenible para diversificar la dieta de población escolar en Guatemala.

Palabras clave: Alimentos sostenibles, galletas proteicas, proteína alternativas, proteína de insectos

Abstract

In Guatemala, malnutrition continues to be a critical problem, with 31.7 % of schoolchildren (aged 6 to 9) suffering from stunted growth, according to the school census for 2024. The objective of this research was to develop wheat flour (*Triticum aestivum*) cookies with partial substitution of amaranth flour (*Amaranthus hypochondriacus*) and cricket flour (*Acheta domesticus*) to increase their protein and fiber content, evaluate their sensory acceptance, and physicochemical characteristics. Four formulations were prepared with different substitution levels (7 % and 11 % cricket flour [CF]; 20 % and 30 % amaranth [AF]) plus a control without substitution. Both flours underwent microbiological analysis to ensure their safety. An affective sensory test of the cookies was conducted with 92 children aged 10 to 12 years, using a 5-point hedonic scale to evaluate color, smell, taste, texture, and overall acceptance; a Randomized Complete Block Design, ANOVA, and DUNCAN's mean separation were used. The formulations with 7 % CF obtained the highest scores in overall acceptance. In addition to the control, the highest percentages of CF reduced the acceptance of taste and smell. In the physicochemical analysis of the most accepted treatment (30 % AF and 7 % CF) compared to the control, an independent samples t-test was used and showed higher protein and fiber content, with darkening and reduction in hardness, cohesiveness, and adhesiveness. The results show an innovative and sustainable alternative for diversifying the diet of the school population in Guatemala.

Keywords: Alternative proteins, insect protein, protein cookies, sustainable foods.

Introducción

En Guatemala, la desnutrición continúa siendo uno de los problemas más apremiantes en salud pública. Según un censo del 2024 de la Secretaría Alimentaria y Nutricional de la Presidencia de la República de Guatemala menciona que, de 380,594 niños evaluados de educación primaria de 6 a 9 años, el 31.7 % fueron clasificados con retardo en talla o desnutrición crónica, este porcentaje de retardo en talla está dado por 24.9 % con retardo en talla moderado y 6.8 % con retardo en talla severo (Ministerio de Educación de Guatemala, 2025). Esta problemática persiste durante la etapa escolar, donde los niños requieren una nutrición adecuada para cumplir con las demandas de crecimiento y aprendizaje. En este contexto, se hace evidente la necesidad de diseñar soluciones alimenticias innovadoras y sostenibles que puedan integrarse fácilmente en la dieta de niñas y niños en edad escolar.

La desnutrición crónica no se explica únicamente por un déficit de proteína y fibra en la dieta, sino por múltiples causas relacionadas con la pobreza, la inseguridad alimentaria, las infecciones recurrentes, la falta de acceso a servicios de salud y agua potable, y la limitada diversidad de alimentos disponibles en los hogares (Ministerio de Educación de Guatemala, 2025). Señalando que el retraso en talla se establece principalmente durante los primeros mil días de vida, etapa en la cual el crecimiento es más sensible a deficiencias nutricionales y ambientales (Victora et al., 2021). En la niñez escolar (6 – 12 años), aunque la talla baja ya no suele revertirse, sí es posible mejorar el estado nutricional, la energía disponible y el rendimiento escolar mediante intervenciones alimentarias que incrementen la calidad proteica y la ingesta de micronutrientes esenciales (Crookston et al., 2013).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023) menciona que las proteínas son esenciales para el desarrollo de los tejidos, la formación de enzimas, hormonas, y el fortalecimiento del sistema inmunológico; los requerimientos diarios oscilan entre 0.95 y 1.1 gramos por kilogramo de peso corporal. Sin embargo, en muchas familias guatemaltecas, este nutriente esencial es insuficiente debido a limitaciones económicas y de acceso a alimentos de calidad.

Por ello, la producción e incorporación de ingredientes como la harina de grillo y amaranto disponibles en Guatemala, ricas en proteínas de alta calidad, puede ser una solución efectiva para mejorar la dieta en escolares asegurando que reciben lo necesario para su desarrollo saludable.

Por otra parte, la fibra dietética son polímeros u oligómeros de carbohidratos que no se digieren ni absorben en el intestino delgado humano (Institute of Food Science and Technology [IFST], 2023). La Organización Mundial de la Salud (2023), menciona en sus directrices que niños de 6 a 9 años deben consumir al menos 21 g de fibra por día, mientras que, de 10 años o más, se requiere al menos 25 g diarios. Además, según Brauchla et al. (2013), la fibra en niños está asociada a reducir el riesgo de sufrir estreñimiento y enfermedades gastrointestinales, por lo que nace la necesidad de mejorar la calidad de sus dietas integrando ingredientes como harina de amaranto alta en fibra.

El proyecto propuso el desarrollo de galletas nutritivas mediante sustituciones parciales de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de grillo (*Acheta domestica*) y harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), aprovechando los aportes nutricionales de estos ingredientes y sus beneficios en términos de sostenibilidad. Los grillos son una fuente excepcional de proteínas de alta calidad, con contenidos significativos de aminoácidos esenciales como leucina e isoleucina, necesarios para el desarrollo muscular y la reparación celular (van Huis et al., 2021). Aporta ácidos grasos insaturados, hierro y zinc, micronutrientes fundamentales para combatir la anemia y fortalecer el sistema inmunológico, especialmente en niños en crecimiento (Southey, 2023). Por su parte, el amaranto es considerado un "pseudocereal", destacado por ser una fuente rica en lisina y fibra dietética, contiene antioxidantes que protegen contra el estrés oxidativo (González-Campins et al., 2024). Además, da un aporte de minerales como calcio, hierro, fósforo, potasio y magnesio, junto a ácidos grasos insaturados como omega 3 y 6, al igual, antioxidantes como escualeno y compuestos fenólicos, que favorecen la salud cardiovascular, ósea y celular.

El diseño de dichas galletas se centró en satisfacer algunas de las necesidades nutricionales de niñas y niños guatemaltecos en etapa escolar, entre los 6 y 12 años, principalmente en proteína y

fibra, satisfaciendo un 12 % y 14 % respectivamente del valor diario por porción. De acuerdo con investigaciones recientes, el consumo de alimentos ricos en proteínas de alta calidad y micronutrientes esenciales está asociado con mejoras significativas en la memoria, la atención y el rendimiento académico (Eilander et al., 2010). Sin embargo, uno de los mayores desafíos es superar la barrera de aceptación sensorial relacionadas con el uso de ingredientes no tradicionales como lo son los insectos y plantas consideradas malezas en algunos lugares como el amaranto. Para enmascarar esto, se incluye en la formulación el uso de chocolate como saborizante, atractivo para los niños, que enmascara los sabores no convencionales del grillo y asegura un producto final agradable al paladar (Rossi et al., 2022).

Además de su aporte de proteína y fibra, el proyecto responde a la necesidad de promover la sostenibilidad alimentaria; la producción de insectos como los grillos genera menores emisiones de gases de efecto invernadero (Van Huis, 2022). Asimismo, el uso de amaranto, un cultivo resistente a condiciones climáticas adversas contribuye a diversificar las fuentes alimenticias y a reducir la dependencia de monocultivos como el maíz y el trigo, que enfrentan desafíos crecientes debido al cambio climático.

El uso de galletas como vehículo de consumo se justificó por su portabilidad, agrado por parte de los consumidores objetivos y larga vida útil que se puede tener, lo que las hizo prácticas para su inclusión en la dieta diaria de los niños, ya fuera como complemento o merienda (FAO, 2023). Desde el punto de vista nutricional, las galletas presentan un medio eficaz para suministrar energía, proteínas y fibra, elementos esenciales para el desarrollo de los escolares (González-Campins et al., 2024).

Debido a todo esto, se plantearon los siguientes objetivos: evaluar la aceptación sensorial de las galletas elaboradas con sustituciones parciales de harina de grillo y de amaranto; evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de grillo y amaranto en la textura y el color de las galletas; y determinar el aporte nutricional en fibra y proteína de las galletas con mayor aceptación.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a 30 km de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Las galletas fueron elaboradas en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ) y los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). La elaboración de la etiqueta nutricional se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Humana de Zamorano (LNHZ). El análisis sensorial se realizó en la escuela Francisco Morazán ubicada en la aldea El Jicarito, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Fases de la Investigación

Esta investigación fue llevada a cabo en dos fases: Fase I: Elaboración y evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo en diferentes niveles; Fase II: Análisis fisicoquímico de las galletas.

Fase I: Elaboración y Evaluación Sensorial de Galletas con Sustitución Parcial de Harina de Amaranto y Harina de Grillo en Diferentes Niveles

En la fase I previo a la elaboración y evaluación sensorial de las galletas, se realizaron pruebas microbiológicas para *Salmonella*, *E. coli*, enterobacterias, levaduras y mohos para las harinas de grillo y amaranto con base en el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188, el cual establece los parámetros microbiológicos para el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) en su presentación en polvo, mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Parámetros microbiológicos para la harina de grillo según el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188

Análisis	Límite satisfactorio	Insatisfactorio
<i>Salmonella</i>	Ausente en 25 g	Presente en 25 g
<i>E. coli</i>	≤50 UFC/g	>50 UFC/g
<i>Enterobacterias</i>	<100 UFC/g	>100 UFC/g
Levaduras y mohos	≤100 UFC/g	>100 UFC/g

Nota. UFC: Unidad Formadora de Colonia, g: Gramos

Para el análisis microbiológico de la harina de amaranto, se tomó como referencia los valores límites de tolerancia definidos por la Norma Sanitaria MINSa (2003), cuyos parámetros se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Parámetros microbiológicos para la harina de amaranto según la Norma Sanitaria MINSa (2003)

Análisis	Límite satisfactorio	Insatisfactorio
<i>Salmonella</i>	Ausente en 25 g	Presente en 25 g
<i>E. coli</i>	≤10 UFC/g	>10 UFC/g
<i>Enterobacterias</i>	<100 UFC/g	>100 UFC/g
Levaduras y mohos	<10 ⁴ UFC/g	>10 ⁴ UFC/g

Nota. UFC: Unidad Formadora de Colonia, g: Gramos.

Los análisis microbiológicos se realizaron siguiendo la metodología estándar empleada en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ), descrita a continuación:

Salmonella.

Previo a la realización del análisis fue necesario desinfectar el área de trabajo con alcohol al 70 %. Para la determinación se emplearon 25 g de cada una de las harinas analizadas. En la etapa de preenriquecimiento, las muestras previamente pesadas fueron mezcladas con 225 ml de agua peptonada tamponada en bolsas estériles de Stomacher®. Posteriormente, fueron homogenizadas durante dos minutos a 150 rpm y se incubaron a 35 ± 2 °C por 24 horas. Transcurrido este tiempo, se efectuaron los enriquecimientos selectivos, transfiriéndose 0.1 ml del cultivo preenriquecido a 10 ml de caldo Rappaport-Vassiliadis y 1 ml del mismo cultivo a 10 ml de caldo tetrationato, incubándose ambos a 35 ± 2 °C.

Después de la incubación, se realizó el aislamiento diferencial en agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD), agar Sulfito Bismuto (ASB) y agar Entérico Hektoen (AEH). Fueron incubados en posición invertida a 35 ± 2 °C durante 24 horas. De las placas se seleccionaron al menos dos colonias sospechosas, las cuales fueron transferidas a medios diferenciales para pruebas bioquímicas: Agar Triple Azúcar Hierro (TSI), Agar Lisina Hierro (LIA) y caldo urea, incubándose a 35 ± 2 °C durante 24 horas.

En la prueba serológica, se mezclaron 0.5 ml de cada cultivo con antisueros somáticos y flagelar polivalentes de *Salmonella*, previamente diluidos junto con antígeno formalina en tubos de ensayo serológicos. Adicionalmente, se preparó una solución control con 0.5 ml de solución salina fisiológica formalinizada y 0.5 ml del cultivo formalinizado. La mezcla fue incubada en baño maría a 48 – 50 °C, se observaron los resultados a los 15 minutos para verificar la presencia de floculación y se registraron los resultados definitivos a 1 hora después. Los análisis permitieron establecer la presencia o ausencia de *Salmonella* en las harinas de grillo y amaranto.

Escherichia Coli.

El análisis de *Escherichia coli* comenzó con el rotulado de las placas Petri, indicando el tratamiento, el medio de cultivo, la fecha y las iniciales de quien realizó la inoculación. Posteriormente, se pesaron 10 g de la muestra, que fueron homogenizados en 90 ml de buffer fosfato estéril dentro de una bolsa plástica estéril, obteniéndose la dilución inicial 10^{-1} . La mezcla se procesó en un Stomacher® 400 durante dos minutos a 150 rpm para lograr la dispersión uniforme de los microorganismos.

De la dilución 10^{-1} se tomó 1 ml con pipeta estéril y se inoculó en la placa Petri, el procedimiento se repitió para obtener la 10^{-3} . De cada dilución (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) se inoculó 1 ml en las placas Petri estériles correspondientes. Luego, se adicionaron aproximadamente 15 ml de Agar Bilis Rojo Violeta con MUG (ABRV-MUG) fundido a 45 °C, mezclando suavemente hasta la solidificación.

Una vez solidificado el medio, las placas se invirtieron (tapa hacia abajo) y se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Al finalizar, se realizó el conteo de las colonias características bajo luz ultravioleta a 265 nm. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (UFC/g), verificando el cumplimiento de los criterios microbiológicos establecidos en la normativa aplicable.

Enterobacterias.

Para el análisis de enterobacterias, se siguió un procedimiento similar al utilizado para *E. coli*. Las muestras fueron diluidas en buffer fosfato e inoculadas en placas con Agar Bilis Rojo Violeta con Glucosa (ABRG). Las placas fueron incubadas a 35 °C durante 24 horas. Los resultados permitieron determinar la presencia de enterobacterias en ambas harinas.

Mohos y Levaduras.

El análisis de mohos y levaduras se realizó utilizando Agar Rosa de Bengala con Cloranfenicol (ARBC) como medio de cultivo. Para la preparación de la muestra, se pesaron 10 g de cada harina y se homogenizaron en 90 ml de buffer fosfato estéril, obteniéndose la dilución inicial 10^{-1} . A partir de esta, se prepararon diluciones seriadas: de la 10^{-1} se tomó 1 ml y se transfirió a un tubo con 9 ml de buffer fosfato estéril, agitándose en vortex durante 1 minuto para obtener la dilución 10^{-2} ; posteriormente, del mismo modo, se preparó la dilución 10^{-3} .

De cada dilución (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}), se inoculó 1 ml en placas Petri estériles, a las cuales se adicionaron aproximadamente 15 ml de ARBC fundido a 45 °C. Las placas se agitaron suavemente con movimientos en forma de ocho para asegurar la homogenización de la muestra y se dejaron solidificar.

Una vez solidificado el medio, las placas se invirtieron (tapa hacia abajo) y se incubaron a 27 °C durante 5 días, se registraron los recuentos de colonias, verificando que no se superaran los límites microbiológicos establecidos.

Posteriormente, se procedió al desarrollo de galletas utilizando harina de trigo como base, con sustituciones parciales de harina de grillo (7 % y 11 %) y de amaranto (20 % y 30 %).

Formulación de las Galletas.

La formulación base de las galletas fue proporcionada por la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), obteniéndose así la composición presentada en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Formulación de las galletas elaborada en la PIA

Ingredientes	Cantidad (%)
Harina de trigo	47.85
Azúcar	22.43
Margarina	22.42
Huevo	6.42
Polvo de hornear	0.30
Sal	0.30
Vainilla	0.28
Total	100.00

Nota. Tomado de Planta de Innovación de Alimentos (PIA)

Comenzando con esta formulación, se reformuló a una galleta de chocolate con menor contenido de azúcar para obtener una galleta base que no se viera muy afectada sensorialmente con las sustituciones parciales de harina de amaranto y grillo disponibles en Guatemala que se realizarían posteriormente. Según la Federación de Asociaciones de Celíacos de España (2024), la harina de amaranto cuenta con un sabor suave y terroso. Por otro lado, según Bartkiene et al. (2022), la harina de grillo en niveles de 10 % y 15 % en productos de panificación presentan características sensoriales de acidez y amargor intenso. Debido a ello, se cambió el uso de vainilla por chocolate, dado que este ingrediente ayuda a enmascarar los sabores no deseables como el amargor, que coincide con la investigación de Truong et al. (2021), quienes concluyeron que el chocolate produce una menor percepción de amargor. Se redujo el porcentaje de azúcar con el fin de evitar un aumento excesivo en el contenido de azúcares, y al mismo tiempo, potenciar la capacidad del chocolate para contrarrestar las notas amargas que podían aportar las harinas evaluadas. Además de mejorar el perfil sensorial, el chocolate en chispas contiene entre un 45 % y 60 % de cacao, que aporta pequeñas cantidades de minerales (hierro, magnesio, zinc), así como compuestos antioxidantes como flavonoides y

polifenoles, que protegen las células frente al daño oxidativo (Martín, 2022). Dicha reformulación se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4

Reformulación de las galletas elaboradas en la PIA

Ingredientes	Cantidad sin Reformular (%)	Cantidad Reformulada (%)
Harina de trigo	47.85	47.85
Azúcar	22.43	10.00
Margarina	22.42	22.42
Huevo	6.42	6.42
Polvo de hornear	0.30	0.30
Sal	0.30	0.30
Chocolate	0.28	12.71
Total	100.00	100.00

Ya teniendo la reformulación que será utilizada como control, se realizó la sustitución de la harina de trigo por harina de grillo en los niveles (7 % y 11 %), y una segunda sustitución de la harina de trigo por harina de amaranto en los niveles (20 % y 30 %). Estos niveles fueron seleccionados tomando en consideración las condiciones relativas al contenido de nutrientes que establece el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10 Etiquetado Nutricional de Productos Alimenticios Preenvasados para Consumo Humano para la Población a partir de tres años (RTCA-EN). Estimando que, al utilizar estos niveles de sustitución y los Valores de Referencia de Nutrientes (VRN), este producto, según la declaración de propiedades del Anexo E es considerado excelente fuente de proteína y fibra, ya que, los tratamientos a evaluar contaron teóricamente con más de 6 g por 100 g de alimento y considerados fuente de proteína y fibra con no menos de 10 % del VRN por porción de 55 g.

Para la estimación teórica del aporte energético, proteína y fibra con base en 100 g y 55 g (porción) de los cuatro tratamientos se usó la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP], 2012), y las etiquetas nutricionales de las harinas evaluadas, ya que, estas no se

encuentran agregadas en la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica para observar su composición. Los respectivos aportes se ven reflejados en los Anexos A, B, C, D y E.

Luego de las sustituciones parciales con las harinas de amaranto y grillo, se definieron cuatro tratamientos experimentales y un control (Cuadro 5). Los cuales, fueron evaluados mediante un análisis sensorial afectivo aplicado en la Escuela Francisco Morazán, aldea El Jicarito, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Cuadro 5

Formulación de las galletas de chocolate con harina de grillo y amaranto

Ingredientes	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	Control (%)
HG	7.00	7.00	11.00	11.00	0.00
HA	20.00	30.00	20.00	30.00	0.00
Harina de trigo	20.85	10.85	16.85	6.85	47.85
Azúcar	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Margarina	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42
Huevo	6.42	6.42	6.42	6.42	6.42
Polvo de hornear	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Chocolate	12.71	12.71	12.71	12.71	12.71
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota. HG: Harina de grillo, HA: Harina de amaranto, %: Porcentaje T1: Tratamiento 1, T2: Tratamiento 2, T3: Tratamiento 3, T4: Tratamiento 4.

Para la elaboración de las galletas se siguió el proceso descrito a continuación:

Pesado.

Se pesaron por separado los ingredientes líquidos (huevo) y los secos (harina de grillo, harina de amaranto, harina de trigo, azúcar, chocolate, polvo de hornear y sal). Se utilizó una balanza marca Fisherbrand® modelo FPRS4201.

Cremado.

Se cremó el azúcar con la margarina a velocidad tres durante 10 minutos, obteniendo una mezcla homogénea sin presencia de cristales de azúcar a simple vista.

Mezclado.

Se llevó a cabo por cinco minutos a velocidad tres en una batidora marca Kitchenaid® modelo Batidora Profesional de 6.9 L. Se mezclaron todos los ingredientes secos, y después se agregaron los semisólidos. Se mezcló hasta obtener una pasta homogénea.

Amasado y Aplanado.

En una bandeja de horneado se colocó una capa de papel encerado, luego se colocó la masa y se amasó por un tiempo de dos minutos, buscando darle una forma redonda. Después, se cubrió con otra hoja de papel encerado y se aplanó de manera homogénea, con el fin de darle un grosor de aproximadamente 0.5 cm a toda la lámina.

Moldeado.

Con la ayuda de un molde para galletas en forma de estrella se procedió al moldeado de las galletas y se colocaron en una bandeja con una capa de papel encerado para horneado.

Horneado.

Se realizó a una temperatura de 150 °C por un periodo de 12 minutos, en un horno de convección modelo Turbolino a gas, marca Alpha Turbolino®.

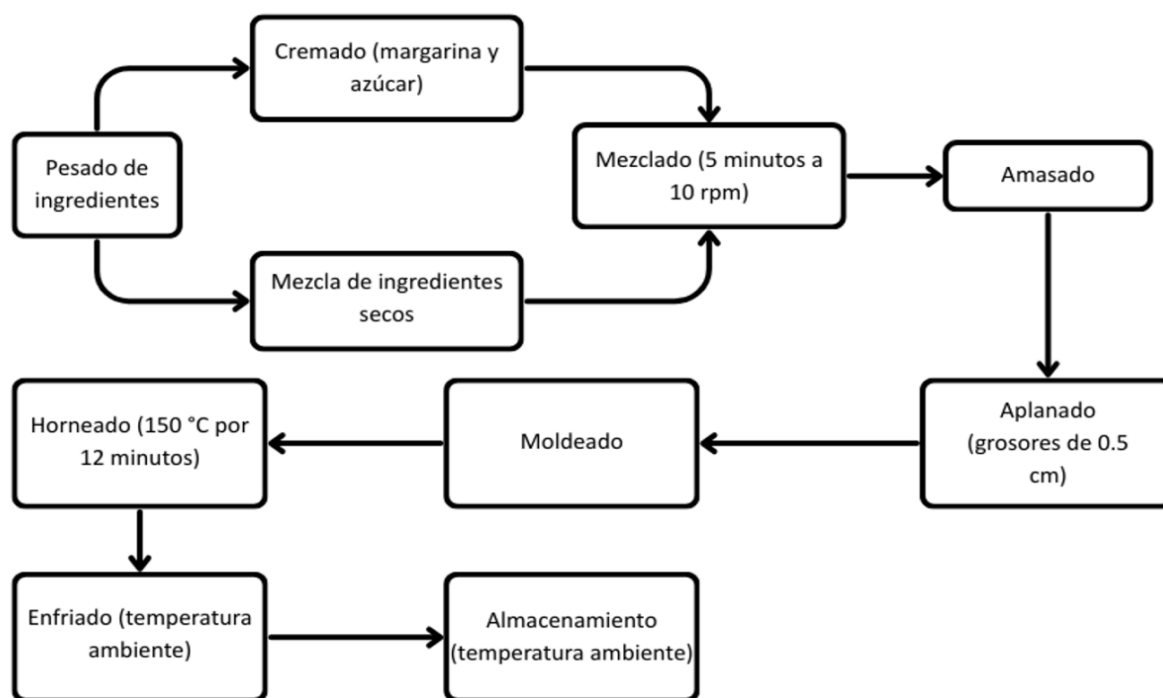
Enfriado.

Luego del horneado, las galletas se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, para su posterior empaque en bolsas Ziploc debidamente etiquetadas.

Para la elaboración de las galletas, se siguió el flujo de proceso mostrado en la Figura 1. En este se destaca los tiempos, revoluciones y temperaturas utilizadas en todo el proceso.

Figura 1

Flujo de proceso para la elaboración de las galletas con sustitución parcial de harina de amaranto y grillo



Análisis Sensorial

Previo al análisis sensorial, con el apoyo del director de la Escuela Francisco Morazán de la aldea El Jicarito del municipio de San Antonio de Oriente, se convocó y se impartió a los padres una charla, para hacer de su conocimiento la metodología y objetivos de la investigación. Se dejó a su criterio y libertad la autorización para que su niño participara en el análisis sensorial a través de la firma del consentimiento informado (Anexo F).

En el análisis sensorial afectivo, se llevó a cabo una prueba de aceptación con la participación de 92 niños de quinto grado de primaria con edades entre 10 y 12 años. Se evaluaron los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general de cuatro tratamientos y un control. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos, ayudando a cumplir con el objetivo de determinar el grado de

aceptación de las galletas. Al momento de la evaluación sensorial se instruyó y guió a los panelistas sobre el correcto llenado de las boletas.

En la escala hedónica utilizada, la primera categoría, representada por el número 1, indicó "No me gustó nada"; la segunda categoría, ilustrada con el número 2, reflejó "No me gustó"; la tercera categoría, mostrada con el número 3, representó "Ni me gusta, ni me disgusta"; la cuarta categoría, representada por el número 4, se interpretó como "Me gustó" y finalmente, la quinta categoría, ilustrada con el número 5, significó "Me gusta mucho", reflejando un alto grado de aceptación hacia el producto.

Los resultados obtenidos permitieron identificar la formulación con mayor aceptación por parte de los niños, la cual fue utilizada como base para los análisis fisicoquímicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) para evaluar cuatro tratamientos (formulaciones con harina de grillo 7 y 11 % y harina de amaranto al 20 y 30 %) y un control con tres repeticiones. El análisis de los datos se realizó mediante el programa SAS® (Statistical Analysis System), versión 9.4, utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias mediante la prueba DUNCAN con una probabilidad de ($p \leq 0.05$). El objetivo de identificar el impacto de las proporciones de estos ingredientes en la aceptabilidad sensorial del producto. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación para explorar la influencia entre los atributos sensoriales evaluados color, olor, sabor y textura, con respecto a la aceptación general del producto.

Fase II: Análisis Fisicoquímico de las Galletas

Análisis Químicos

Se realizaron análisis fisicoquímicos al control y al tratamiento con mayor aceptación obtenido del análisis sensorial de la Fase I, realizando tres repeticiones de estos. Los análisis incluyeron los siguientes parámetros, empleando métodos oficiales:

Actividad de Agua (a_w).

Se determinó utilizando el higrómetro de punto de rocío GOYOJO (GOYOJO Water Activity Meter), modelo GY1. Previo al uso del equipo se calibró con la solución de a_w conocida de 0.50, posteriormente se molieron las muestras y se las introdujo en la cámara de medición. El análisis se realizó con tres repeticiones para la galleta control y el tratamiento seleccionado.

Proteína Cruda (AOAC 2001.11).

Se determinó el porcentaje de proteína siguiendo el método AOAC 2001.11 el cual determina el nitrógeno orgánico presente en la estructura de las proteínas. Este método se divide en cuatro partes: Digestión, neutralización, destilación y titulación. Primero, las muestras se homogenizaron y se pesaron, 0.25 g de muestra envuelta en papel encerado de bajo contenido de nitrógeno y se transfirió a tubos de ensayo de 250 ml previamente identificados. A cada tubo se le agregaron dos tabletas catalizadoras Kjeltabs y 15 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 95 % esto de acuerdo con el contenido de grasa de las muestras (>10%). Los tubos se colocaron en el digestor FOSS Tecator® 2020, previamente calentado a 320 °C, y se digirieron las muestras durante una hora hasta que el contenido adquirió coloración verde.

Posteriormente, se dejaron enfriar los tubos por 30 minutos cubiertos con papel aluminio para evitar pérdidas de nitrógeno. Completada la digestión se realizó la destilación, con el equipo FOSS Kjeltec® 8100 para realizar la neutralización y 12 ml de ácido sulfúrico, empleando 80 ml de agua destilada, 50 ml de NaOH al 40 % y 30 ml de ácido bórico al 4 % como indicador. El amoníaco liberado se acopió en un matraz Erlenmeyer de 300 ml con ácido bórico. Por último, se tituló la muestra destilada con ácido clorhídrico (HCl) al 0.1 M y se tituló cada muestra sobre el agitador magnético hasta obtener un color rosa pálido. Se introdujo el peso de la muestra y el volumen del ácido gastado en la titulación a la Ecuación 1 para calcular la cantidad de nitrógeno y posteriormente determinar el contenido de proteína cruda de las muestras.

$$\%N = NHCL \times \frac{(\text{Vol.ácido gastado} - \text{vol.blanco})}{\text{g de muestra}} \times \frac{14 G}{1000} \times 100 \quad [1]$$

$$\%Proteína = \%N \times 6.25$$

Donde:

N: Nitrógeno orgánico

N: Normalidad del ácido clorhídrico (HCl)

Fibra Dietética (AOAC 985.29).

La determinación de la fibra dietética se realizó por el método enzimático gravimétrico AOAC 985.29. Previamente, las muestras se homogenizaron, al tener muestras con un valor superior al 10 % de grasa, se procedió al desengrasado de las muestras mediante decantación con ayuda de “beakers” y filtros dentro de la campana extractora de gases por la aplicación de 60 a 80 ml de hexano. Se dejó decantando en la campana hasta que se terminó de volatilizar el hexano.

Posteriormente, las muestras fueron secadas en un horno al vacío a 70 °C durante 1 hora y almacenadas en el desecador hasta alcanzar peso contante. Para cada análisis se pesaron 1.0000 ± 0.0050 g de muestra en un vaso de precipitación Berzelius de 600 ml. Luego, se agregaron 50 ml de solución de tampón fosfato 0.08 M pH 6.0 a cada vaso de precipitación y se mezclaron con ayuda de un agitador magnético. La digestión enzimática se inició con la incorporación de 100 µL de solución α-amilasa termoestable, incubando las muestras en baño maría a 95 °C durante 30 minutos cubiertas con papel aluminio agitando suavemente los vasos de precipitación cada cinco minutos, luego se retiró el papel aluminio y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posterior a ello, se ajustó a 7.5 ± 0.2 con NaOH 0.275 M y se agregaron 100 µL de proteasa (50 mg/ml) al vaso de precipitación. Seguidamente, el vaso de precipitación fue cubierto nuevamente con papel aluminio y se incubó en baño María a 60 °C por 30 minutos con agitación continua. Se retiró el papel aluminio y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Después se añadieron 10 ml de solución de HCl 0.325 M, y se ajustó el pH en un rango de 4.0 - 4.6. se añadieron 100 µL de solución de amilogucosidasa se cubrió nuevamente con papel

aluminio y se incubó por 30 minutos en baño María a una temperatura de 60 °C agitando constantemente.

Luego se agregaron 280 ml de etanol al 95 % precalentado a 60 °C. Las muestras se dejaron reposar 1 hora a temperatura ambiente y se filtraron al vacío en crisoles Gooch con cama de célite previamente tarada. En los crisoles se distribuyó el célite usando 15 ml de etanol al 78 %. Se vertió el contenido del vaso de precipitación en el crisol y se filtró al vacío. Posteriormente, se realizó un lavado con etanol al 78 % y mecánicamente con una espátula para retirar todo el material adherido a las paredes del vaso de precipitado. Los crisoles con el residuo se secaron en un horno de convección a 105 °C durante la noche, se enfriaron en el desecador y se pesaron para obtener la fibra bruta. Para finalizar, se pesó el crisol y se realizó el cálculo del porcentaje de fibra dietética.

Análisis de Cenizas

De acuerdo con el método AOAC 923.03. Se incineraron los crisoles a 550 °C por 12 horas y se pesaron después de ser enfriados en un desecador. Se pesaron 3 ± 0.0050 g de la muestra en cada crisol con tres repeticiones y se procedió a incinerar la muestra en la mufla Syron Thermolyne® a 550 °C por seis horas. Posteriormente, se apagó el incinerador, se dejaron enfriar las muestras a menos de 100 °C, se pasaron a un desecador por 15 minutos a temperatura ambiente y se pesaron.

Análisis Físicos

Textura: Perfil de Textura (Brookfield CT3/Instron), Metodología ASTM E83.

Se realizó con el texturómetro de Brookfield CT3® siguiendo el método ASTM E83. En este análisis se obtuvo la fuerza (Newton) necesaria para fracturar totalmente las galletas

Color: Sistema de Espacio de color Hunter Lab (AN 1018.00).

Se utilizó el colorímetro ColorFlex Hunter®; mediante el método AN 1018.00. La escala utilizada fue $L^* a^* b^*$. La "L*" indica la claridad (luminosidad), donde 100 es blanco y 0 es negro. El "a*" es un indicador de cromaticidad y representa la tonalidad de verde a rojo, donde el mayor valor (+60) representa la tonalidad del rojo y el menor (-60) el color verde. Mientras que, "b*" indica que al

obtener valores mayores (+60) el color es de tonalidad amarillo y color azul con valores negativos (-60).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se realizaron tres repeticiones de cada análisis químico y físico al tratamiento con mayor aceptación obtenido del análisis sensorial de la Fase I y al control. Los resultados fueron analizados en el programa SAS® (Statistical Analysis System), versión 9.4. Se utilizó un diseño de comparación de muestras independientes con dos tratamientos y tres repeticiones, obteniendo así un total de 6 unidades experimentales. Se utilizó una prueba t de estudiante a una probabilidad de ($p \leq 0.05$).

Etiquetado Nutricional

Para la elaboración de la etiqueta nutricional del tratamiento con mayor aceptación se utilizó el software “The Food Processor I SQL” de etiquetado del Laboratorio de Nutrición Humana de Zamorano (LNHZ). En este programa se ingresaron los ingredientes y las cantidades exactas que componían dicho tratamiento, para obtener de manera automatizada la etiqueta nutricional con base a una porción de 55 g, que dicta el Anexo F del RTCA-EN.

Resultados y Discusión

Fase I: Elaboración y evaluación sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo en diferentes niveles

En la fase I de la investigación se realizó la elaboración de las galletas con las formulaciones correspondientes a cada tratamiento y control, para posteriormente realizar una evaluación sensorial.

Análisis Microbiológicos

El análisis microbiológico de las materias primas constituye una etapa fundamental en el aseguramiento de la inocuidad alimentaria, ya que, permite identificar la posible presencia de microorganismos patógenos o indicadores que podrían comprometer la calidad del producto final y la salud del consumidor. De acuerdo con van Huis et al. (2021) y Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (2018), el control microbiológico en ingredientes alimentarios, especialmente en aquellos considerados emergentes como las harinas de insectos, es indispensable debido a su potencial riesgo microbiológico, el cual puede variar según las condiciones de cría, procesamiento y almacenamiento. Además, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020) destaca que la vigilancia microbiológica en productos de origen no convencional, como insectos comestibles y pseudocereales, forma parte de las estrategias preventivas recomendadas para garantizar la seguridad en los sistemas alimentarios modernos. Estos controles permiten establecer criterios de aceptación que aseguren que las materias primas sean aptas para el consumo humano y no representen una fuente de contaminación para los alimentos procesados.

En este estudio, se evaluaron microbiológicamente las dos harinas empleadas en la formulación de galletas: harina de grillo y harina de amaranto.

Los resultados correspondientes a la harina de grillo fueron evaluados con base en el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188, el cual establece los parámetros microbiológicos permitidos para el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) en sus presentaciones congelada, desecada o en polvo.

En el Cuadro 6 se muestran los resultados obtenidos en la harina de grillo, se detectó la presencia de *Salmonella* en 25 g de muestra, incumpliendo con los límites establecidos por la normativa europea, que establece la ausencia total de este patógeno en productos alimentarios listos para el consumo (Bianchi et al., 2023). Por otro lado, se denota que los otros microorganismos evaluados (*E. coli*, enterobacterias, mohos y levaduras) se encuentran por debajo de los límites establecidos por la misma norma. La presencia de *Salmonella* invalidó la inocuidad de esta materia prima, estos resultados representan un riesgo inaceptable para la salud pública y limita su recomendación como ingrediente alimentario seguro (Osimani et al., 2018). De acuerdo con estos hallazgos se enfatiza en la necesidad de fortalecer los procesos de control y las prácticas de higiene durante la obtención y procesamiento de la harina de grillo.

Cuadro 6

Resultados del recuento de Mohos, Escherichia coli, Enterobacterias y Salmonella spp. realizados a la harina de grillo

Muestra	Microorganismo			
	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)	<i>Enterobacterias</i> (UFC/g)	<i>Salmonella</i>
Harina de Grillo	<10 UFC	<10 UFC	44 UFC	Presente en 25 g
Máximo permitido*	≤10 UFC	≤100 UFC	<100 UFC	Ausente en 25 g

Nota. Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188. Nota: UFC: Unidad Formadora de Colonia, g: Gramo

El Cuadro 7, muestra los resultados de las pruebas microbiológicas realizadas a la harina de amaranto y de acuerdo con lo establecido en Norma Sanitaria MINSa (2003), se observó que los recuentos de *enterobacterias* se mantuvieron dentro del límite máximo (<100 UFC/g), los niveles de *Escherichia coli* fueron inferiores a 10 UFC/g. Esto se ajusta a los criterios de inocuidad estipulados para harinas y derivados. Se detectó la presencia de *Salmonella* en 25 g de muestra, representando inconformidad con los parámetros establecidos, ya que dicho patógeno debe estar ausente en productos destinados al consumo humano (FAO, 2020). Por lo tanto, a pesar de haber cumplido con

los demás criterios microbiológicos, la harina de amaranto no fue apta para su uso alimentario debido a la presencia de *Salmonella*, la cual compromete su inocuidad.

Cuadro 7

Resultados del recuento de Mohos, Escherichia coli, Enterobacterias y Salmonella spp. realizados a la Harina de amaranto

Muestra	Microorganismo			
	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)	<i>Enterobacterias</i> (UFC/g)	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>
Harina de Amaranto	≤10 UFC	<10 UFC	17 UFC	Presente en 25 g
Máximo permitido*	≤10 UFC	<100 UFC	<10 ⁴ UFC	Ausente en 25 g

Nota. Norma Sanitaria MINSa, 2003. Nota: UFC: Unidad Formadora de Colonia, g: Gramo

Dado que la presencia de *Salmonella* representa un riesgo crítico para la salud pública, se decidió implementar un tratamiento correctivo de descontaminación microbiológica. Se aplicaron dos ciclos de autoclavado a 120 °C por 15 minutos, procedimiento respaldado por estudios de validación de tratamientos térmicos en alimentos de baja humedad, los cuales han demostrado que intervenciones térmicas bien diseñadas pueden inactivar eficazmente a *Salmonella* en matrices secas, siempre que se garantice una adecuada transferencia térmica (Yang y Tang, 2023); así lo respaldan las recomendaciones del Código de Práctica para Alimentos de Baja Humedad (OMS, 2023). Para ello, las harinas fueron extendidas en bandejas formando una lámina delgada, lo cual facilitó una distribución homogénea del calor.

Después de someter las harinas a un tratamiento térmico en autoclave, se observó que la harina de grillo retuvo humedad, lo que generó condiciones favorables para el crecimiento de hongos. En consecuencia, se realizó un proceso adicional de secado en horno a 120 °C durante 10 minutos, sin ventilación forzada, con el fin de reducir la humedad superficial sin afectar las características nutricionales, como sugieren estudios sobre técnicas de secado en matrices similares (Selaledi y Mabelebele, 2021).

Una vez completados ambos tratamientos térmicos, se volvió a realizar el análisis microbiológico específico para *Salmonella* spp. en ambas harinas, obteniéndose como resultado la ausencia de *Salmonella* en 25 g. Todo el procedimiento se ejecutó bajo condiciones asépticas para evitar recontaminación, siguiendo las buenas prácticas recomendadas por OMS (2023). Con base en estos resultados, se concluyó que las harinas, tras el tratamiento, cumplieron con los requisitos microbiológicos establecidos, y fueron aptas para su uso en la elaboración de galletas.

Análisis sensorial

En el análisis sensorial se evaluaron las galletas a base de harina de trigo con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo; se puede observar que los resultados para cada atributo se encuentran entre las categorías de 4. Me gusta y 5. Me gusta mucho, los coeficientes de variación para los atributos oscilaron entre 22.36 y 28.79 %, los cuales, son menores a 30 % que es el valor permisible para una evaluación sensorial, indicando que existe una variabilidad moderada en el estudio.

Color.

Según Pathare et al. (2013), el color es uno de los atributos más importantes en productos de panificación, ya que, constituye la primera impresión que los consumidores tienen sobre la calidad y frescura del alimento. En el Cuadro 8 se puede observar que el tratamiento control no presentó diferencias significativas con el tratamiento T1 (7 % HG + 20 % HA) mostrando los valores más altos en aceptación, pero si es diferente significativamente de los tratamientos T2 (7 % HG + 30 % HA), T3 (11 % HG + 20 % HA) y T4 (11 % HG + 30 % HA).

Estos resultados obtenidos podrían deberse principalmente a la incorporación de la harina de grillo y amaranto, las cuales, disminuyeron la aceptación visual al hacer que las galletas presentaran una coloración más oscura. En la harina de grillo podría estar relacionado con una mayor intensidad de la reacción de Maillard, que está asociada con la formación de compuestos de aroma y color, así como, con una mayor concentración de acrilamida en el producto final (Bartkiene et al., 2022). Por

otro lado, el contenido de ácido aspártico + asparagina en la harina de grillo puede ser del 7.52 % (Osimani et al., 2018) y este último aminoácido es el principal precursor de la formación de acrilamida, pudiendo otorgar ese color oscuro. Por otro lado, Coțovanu y Mironeasa (2021), mencionan que, a mayor concentración de harina de amaranto en productos de panificación, mayor será su coloración (café oscuro), debido al contenido de proteínas que provoca el pardeamiento de Maillard durante el horneado.

Olor.

Según Pyrski et al. (2018), el olor es una percepción atribuida a la presencia de moléculas volátiles que captan los receptores olfativos, que desencadenan una respuesta neurológica en el cerebro. En el Cuadro 8 se puede observar que para este atributo el tratamiento Control, T1 (7 % HG + 20 % HA), T2 (7 % HG + 30 % HA), y T4 (11 % HG + 30 % HA) no presentaron diferencias significativas entre ellos, únicamente mostraron ser diferentes al T3 (11 % HG + 20 % HA), con menor puntuación.

Dichos resultados pueden verse influenciados debido que, a niveles más altos de sustitución de harina de grillo (11 %), la intensidad de notas aromáticas características de los insectos podría haber reducido la aceptación en cuanto al olor, como indica Ribeiro et al. (2024), en productos a base de insectos comestibles. Por otro lado, Reale et al. (2023) reportan que entre los Productos de la Reacción de Maillard (MRP) presentes en la harina de grillo se encuentran principalmente las pirazinas, compuestos heterocíclicos volátiles que aportan notas aromáticas tostadas a nuez y con matices similares a café o cacao, lo cual podría contribuir a modificar el perfil sensorial percibido por los panelistas. Aunque el tratamiento T3 y T4 contaban con el mismo porcentaje de HG, estos presentaron diferencias significativas, que puede deberse a la variante en el porcentaje de HA, la cual, aporta su propio perfil de volátiles y compuestos precursores de la reacción de Maillard que, al aumentar su proporción, pueden modular la composición y la intensidad de los aromas liberados durante el horneado.

Sabor.

La evaluación sensorial define el sabor como una percepción química, resultante de estímulos que activan los receptores gustativos en la lengua, capaces de detectar los cinco gustos básicos: dulce, salado, amargo, ácido y umami (Apesteuguía, 2024). Por otra parte, en el Cuadro 8 se observa que entre el tratamiento Control y T1 (7 % HG + 20 % HA), no existió diferencias significativas en sabor, pero si mostró diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Aunque la harina de amaranto se caracteriza por aportar sabores ligeramente terrosos o con notas tostadas/ a nuez, los resultados del atributo sabor en esta investigación pueden deberse más al sabor que proporciona la harina de grillo. Esto se debe a que esta puede aportar sabores amargos, ácidos y notas tostadas cuando se utiliza en altos porcentajes (>10 %), lo cual, responde que los tratamientos con mayor valoración en el análisis sensorial fue el control (0 % HG) y T1 (7 % HG), y los menos valorados son los T3 y T4 con 11 % de HG en la formulación.

Dichos resultados tienen similitud con la investigación de Khalil et al. (2025), que reportaron sabores indeseables o con retrogusto en barras nutritivas con 7 % de HG, y que estos sabores incrementan a medida que sube el porcentaje de harina de grillo en la composición del alimento. Aunque T2 (7 % HG + 30 % HA) y T4 (11 % HG + 30 % HA) tienen diferente proporción de harina de grillo, ambos contienen la misma elevada proporción de harina de amaranto (30 %), el cual aporta compuestos y matices sensoriales (notas tostadas/ a nuez) que pueden enmascarar o modular el efecto de las notas amargas o ácidas procedentes del grillo, lo que conllevó a tener una valoración estadísticamente igual.

Cuadro 8

Análisis sensorial de los atributos color, olor y sabor de los cuatro tratamientos y el control de las galletas a base de harina de trigo con sustitución parcial de harina de grillo y harina de amaranto

Tratamiento	Atributos		
	Color \pm D.E.	Olor \pm D.E.	Sabor \pm D.E.
Control	4.61 \pm 0.77 A	4.04 \pm 1.29 A	4.67 \pm 0.74 A
T1	4.33 \pm 1.20 AB	4.18 \pm 1.30 A	4.48 \pm 0.99 AB
T2	4.28 \pm 1.15 B	4.12 \pm 1.18 A	4.20 \pm 1.26 BC
T3	3.95 \pm 1.13 C	3.54 \pm 1.43 B	3.75 \pm 1.46 D
T4	3.99 \pm 1.24 C	3.91 \pm 1.27 A	4.08 \pm 1.20 C
C.V. (%)	23.31	28.79	25.1

Nota. A-B-C-D indican diferencias significativas de las medias entre tratamientos ($P < 0.05$). D.E: Desviación estándar. C.V. (%): Coeficiente de variación. Control: 0% harina de grillo + 0% harina de amaranto. T1: 7% de harina de grillo + 20% de harina de amaranto. T2: 7% de harina de grillo + 30% de harina de amaranto. T3: 11% de harina de grillo + 20% de harina de amaranto. T4: 11% de harina de grillo + 30% de harina de amaranto. Escala hedónica de 5 puntos, donde 1: No me gustó nada, 3: Ni me gusta ni me disgusta y 5: Me gustó mucho.

Textura.

La textura se define como el conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de un alimento por medio de la piel y músculos sensitivos de la cavidad bucal, sin incluir las sensaciones de temperatura y dolor (Innovation4food, 2011). Para este atributo se puede observar en el Cuadro 9 que estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el análisis sensorial, por lo que, se puede decir que todos los tratamientos obtuvieron la misma aceptación para el atributo de textura.

En un análisis sensorial, Meilgaard et al. (2007) menciona que los panelistas tienden a priorizar atributos como sabor y olor por encima de la textura. Por otro lado, Blanco et al. (2017) encontraron que galletas con diferentes fibras presentaron dureza distinta instrumentalmente, pero sin afectar la aceptabilidad sensorial. Por lo tanto, la incorporación de las harinas evaluadas en las galletas, aunque, cambiaron algunas propiedades instrumentales como dureza, esta no impactó negativamente en la percepción de textura por parte de los panelistas.

Me Gustó en General

También llamado aceptación general, que se refiere al grado global de agrado que un consumidor experimenta en respuesta a un alimento, integrado a partir de múltiples atributos sensorial como sabor, color, olor y textura. Es uno de los indicadores más relevantes en evaluación sensorial, ya que, predice la probabilidad de compra y preferencia del consumidor en el mercado (Fiorentini et al., 2020). En el Cuadro 9 se puede observar que el tratamiento Control, no presentó diferencias estadísticas significativas T1 y T2, obtuvieron la valoración más alta en el análisis sensorial en el atributo Me gustó en general, sin embargo, se observó que la aceptación general tiende a reducirse a medida que aumenta la inclusión de harina de grillo en la formulación como sucedió en los tratamiento T3 y T4 con mayor contenido de HG (11 %) no presentaron diferencias significativas con respecto al tratamiento T2, pero si contra el tratamiento Control y T1.

Cuadro 9

Análisis sensorial de los atributos textura y me gustó en general de los cuatro tratamientos y el control de las galletas a base de harina de trigo con sustitución parcial de harina de grillo y harina de amaranto

Tratamiento	Atributos	
	Textura \pm D.E. (NS)	MG_General \pm D.E.
Control	4.18 \pm 1.13	4.63 \pm 0.74 A
T1	4.38 \pm 0.96	4.49 \pm 1.03 A
T2	4.36 \pm 1.17	4.35 \pm 1.17 AB
T3	4.05 \pm 1.22	4.13 \pm 1.22 B
T4	4.11 \pm 1.24	4.16 \pm 1.08 B
C.V. (%)	24.18	22.36

Nota. A-B indican diferencias significativas de las medias entre tratamientos ($P < 0.05$). NS: No hay diferencia estadística significativa ($P > 0.05$)

D.E: Desviación estándar. MG_General: Me Gustó en General. C.V. (%): Coeficiente de variación. Control: 0% harina de grillo + 0% harina de amaranto. T1: 7% de harina de grillo + 20% de harina de amaranto. T2: 7% de harina de grillo + 30% de harina de amaranto. T3: 11% de harina de grillo + 20% de harina de amaranto. T4: 11% de harina de grillo + 30% de harina de amaranto. Escala hedónica de 5 puntos, donde 1: No me gustó nada, 3: Ni me gusta ni me disgusta y 5: Me gustó mucho.

En el Cuadro 10 se puede observar el análisis de correlación entre Me gustó en general, con respecto a los atributos de color, olor, sabor y textura. Teniendo como valor $p < 0.0001$, indicando que la percepción de cada atributo influyó en Me gustó en general de las galletas a base de harina de trigo con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo. Tomando en cuenta la magnitud de la correlación, se puede observar que los atributos color (0.64931), olor (0.61533) y Sabor (0.73665) presentaron una correlación media positiva ($\geq 0.60 - 0.79$), mientras que la textura (0.59086) presentó una correlación baja positiva (≤ 0.60), entendiendo que, el color, olor y sabor fueron los atributos que más tuvieron influencia en la valoración de Me Gustó en General, el color olor y sabor presentaron correlación media positiva sobre el atributo sabor.

Cuadro 10

Análisis de correlación entre los atributos sensoriales de las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de amaranto y harina de grillo

Coeficientes de correlación Pearson, N = 460 Prob > r suponiendo H0: Rho=0					
	Color	Olor	Sabor	Textura	MG_General
Color	1	0.55234 <.0001	0.54594 <.0001	0.53353 <.0001	0.64931 <.0001
Olor	0.55234 <.0001	1	0.56843 <.0001	0.50212 <.0001	0.61533 <.0001
Sabor	0.54594 <.0001	0.56843 <.0001	1	0.504 <.0001	0.73665 <.0001
Textura	0.53353 <.0001	0.50212 <.0001	0.504 <.0001	1	0.59086 <.0001
MG_General	0.64931 <.0001	0.61533 <.0001	0.73665 <.0001	0.59086 <.0001	1

Nota. MG_General: Me gustó en general. N: Número total de observaciones.

Análisis Físicoquímicos

Los análisis físicoquímicos evaluados en este estudio se aplicaron únicamente al tratamiento T2 y al control. El T2 (7 % HG y 30 % HA) fue seleccionado debido a su mayor proporción de harina de amaranto, ya que este incremento se consideró relevante por aportar un perfil nutricional más completo con mayor contenido teórico de proteínas, fibra y minerales. Aunque el análisis sensorial no

mostro diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T2, se eligió el T2 por su mayor potencial nutricional, manteniendo una buena aceptación por parte de los escolares.

Análisis Físicos

Textura de la Galleta.

Para este análisis se midieron parámetros como dureza, cohesividad y adhesividad a la galleta control y al tratamiento T2. Estos parámetros son clave en la caracterización sensorial de productos horneados, ya que, influyen directamente en la percepción de frescura, calidad y aceptabilidad del producto final.

EL Cuadro 11 se muestran los resultados respecto a la dureza, que es la fuerza máxima obtenida durante la primera parte de compresión, simulando el primer mordisco, se observaron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento T2 y el Control ($p < 0.0001$). La galleta control presentó un valor promedio más alto, en comparación con la galleta con 7 % HG, 30 % HA, que indica que las sustituciones parciales de harina de grillo y amaranto tiene afectación significativa sobre la textura. A diferencia del gluten, las proteínas presentes en la harina de insecto no forman redes elásticas ni cohesionadas que retengan aire o agua durante el horneado (Aleman et al., 2022). Además, la harina de grillo aporta lípidos que actúan como lubricantes y limitan puentes proteicos, también aporta componentes bioactivos que modifican la estructura de la masa, reduciendo su capacidad de retención de agua y, en consecuencia, su rigidez (Khatun et al., 2022). Por otro lado, la harina de amaranto no aportó rigidez estructural, esto puede explicarse por la ausencia de gluten en su estructura, lo cual es consistente a lo expresado por Coşovanu et al. (2020), las proteínas de harinas alternativas como lo es la harina de grillo y amaranto no logran formar una matriz densa, favoreciendo una fractura con menor fuerza. Esto explica porque el control presenta mayor dureza a la compresión, respecto al tratamiento 2.

En cuanto a la cohesividad y adhesividad, los valores reportados para el tratamiento y para el control presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0003$ y $p < 0.0001$,

respectivamente). La disminución en la cohesividad sugiere una menor capacidad de las partículas para mantenerse unidas lo que resultó en una textura más suave y menos densa, esto puede atribuirse a la ausencia de gluten en las harinas sustituidas, ya que la función de este componente proteico es formar redes viscoelásticas que aportan estabilidad y elasticidad a los productos horneados (Stanciu et al., 2024). El grillo a pesar de ser rico en proteínas, estas son no-glutinosas que no replican la funcionalidad del gluten en la masa (Bresciani et al., 2022), lo que impidió el desarrollo de una estructura similar a la del control.

La adhesividad también se redujo significativamente en las formulaciones con harina de grillo y amaranto respecto al control, lo cual indica una menor tendencia del producto a adherirse a superficies, en este caso superficies como los dientes o el paladar, durante la masticación. Esta característica puede ser ventajosa desde una perspectiva sensorial, ya que una menor adhesividad se asocia comúnmente con una textura más limpia y agradable en boca. Tanto la harina de grillo como la de amaranto aportan menos almidón gelatinizado y modifican el equilibrio hídrico de la masa, factores que influyen directamente en la adhesividad del producto final (Bresciani et al., 2022).

Cuadro 11

Resultados de análisis de textura de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo

Tratamiento	Dureza (N)	Cohesividad (N)	Adhesividad (mJ)
	Media±D.E	Media±D.E	Media±D.E
T2 (30 % HA, 7 %HG)	14.97± 0.71	0.04±0.003	0.43 ± 0.042
Control	30.36 ± 1.24	0.15 ± 0.015	4.71 ± 0.468
Probabilidad	p < 0.0001	p < 0.0003	p < 0.0001
CV (%)	4.73	9.96	9.93

Nota. D.E: Desviación Estándar. N: Newtons. CV: Coeficiente de Variación. %: Porcentaje. T2: Tratamiento 2. HA: Harina de Amaranto. HG: Harina de Grillo. mJ: milijoules.

Color de la Galleta.

En el Cuadro 12 se pueden observar los resultados de análisis de color para la galleta control y el tratamiento que contenía 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo. Se observaron diferencias significativas en los valores de L^* , a^* y b^* .

Con respecto al valor L^* , el control presentó una luminosidad mayor (67.49) en comparación con el tratamiento 2 (42.04). Esta diferencia indica que la incorporación de harinas alternativas (amaranto y grillo) disminuye la luminosidad del producto, haciéndolo más oscuro. El resultado se atribuye al reemplazo parcial de harina de trigo, la cual aporta tonalidades más claras, y a la presencia de pigmentos naturales en las harinas de sustitución. Este oscurecimiento se ha reportado en estudios que utilizaron harina de grillo en productos horneados, donde se observó una disminución significativa de la luminosidad L^* debido a reacciones de Maillard intensificadas por el contenido proteico de los insectos (Pauter et al., 2018).

En el valor a^* , el control el tratamiento con amaranto y grillo mostró un valor más alto (12.12) en comparación con el control (10.51). Este incremento hacia tonalidades rojas se relaciona con la presencia de compuestos bioactivos y pigmentos, como carotenoides y melaninas de insecto, presentes en la harina de grillo (Aleman et al., 2022).

En el valor b^* , también se observó una diferencia significativa: el control obtuvo un valor de (29.55), frente al tratamiento con amaranto y grillo (25.44). Esto refleja una disminución en la tendencia hacia tonos amarillos, posiblemente por la interacción de las proteínas e hidratos de carbono de las harinas con pigmentos oscuros durante el horneado, lo cual también se asocia a reacciones de Maillard. Estos resultados coinciden con lo reportado en estudios previos, donde la sustitución parcial de harina de trigo por harinas no convencionales tiende a oscurecer los productos y modificar el matiz rojo-amarillo de la miga (Pauter et al., 2018).

Cuadro 12

Resultados de color de la galleta control y el tratamiento T2 con 30% de harina de amaranto y 7% de harina de grillo

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media±D.E	Media±D.E	Media±D.E
T2	42.04 ± 0.34	12.12 ± 0.21	25.44 ± 0.52
Control	67.49 ± 0.09	10.51 ± 0.11	29.55 ± 0.35
Probabilidad	<0.0001	0.0003	0.0003
CV (%)	0.13	1.72	2.05

Nota. L*: luminosidad (0 = negro, 100 = blanco); a*: eje rojo-verde (positivo = rojo, negativo = verde); b*: eje amarillo-azul (positivo = amarillo, negativo = azul), D.E.: Desviación Estándar, CV: Coeficiente de Variación, %: Porcentaje. Control: 0 % harina de grillo + 0 % harina de amaranto. T2: 7 % de harina de grillo + 30 % de harina de amaranto.

Análisis Químicos

Análisis de Actividad de Agua (a_w).

En el Cuadro 13 se muestran los resultados de la actividad de agua y de cenizas. En cuanto a la actividad de agua (a_w), se considera un parámetro fundamental en la determinación de la vida útil de productos horneados. La a_w mide el grado de libertad del agua en el alimento, es decir, cuánta está disponible para reacciones químicas o para el desarrollo microbiano (Food and Drug Administration [FDA], 2014). En el control se registró una a_w promedio de 0.53 ± 0.02 , mientras que en la formulación con harina de grillo y amaranto se obtuvo una a_w promedio de 0.54 ± 0.00 . Se observa que la diferencia en la a_w no es estadísticamente significativa, por lo tanto, la inclusión de estas harinas no afecta de manera relevante la actividad de agua.

Estos resultados difieren con lo expuesto por Coțovanu y Mironeasa (2021) donde señalan que las harinas alternativas como lo es la harina de grillo, tiene la capacidad de incrementar significativamente la retención de agua, lo cual podría influir en la actividad de agua del producto final. Estos resultados se alinean con los resultados obtenidos por Balderrama y Cadima (2014), en donde la inclusión de harina de amaranto no afecto de manera significativa la actividad de agua ni comprometió la estabilidad microbiológica del producto. En productos como las galletas, valores inferiores a 0.60 son aceptables porque minimizan el riesgo de proliferación microbiana y aseguran la

estabilidad durante el almacenamiento (Cuadrado y Vélez, 2018). Tanto la proteína como la fibra de las harinas alternativas tienden a aumentar la capacidad de retención de agua, lo que influye en este parámetro (Coțovanu et al., 2020).

Análisis de Cenizas.

El análisis de las cenizas en un producto alimenticio permite estimar la cantidad total de minerales presentes en la muestra. En la formulación con amaranto y harina de grillo del tratamiento 2 se obtuvo $2.61 \% \pm 0.05 \%$, mientras que en el control un promedio de $1.37 \% \pm 0.06 \%$. Se observó que existen diferencias estadísticamente significativas entre el Control y el T2. Estos resultados evidencian que la incorporación de amaranto y harina de grillo incrementa notablemente el contenido mineral de la galleta. Un alto contenido de cenizas en la formulación tratada concuerda con reportes previos sobre la composición del amaranto y la harina de grillo. De acuerdo con Mykolenko et al. (2020), el amaranto es una rica fuente de minerales como calcio, magnesio, potasio, manganeso, cobre, hierro, selenio y molibdeno en comparación con cereales convencionales. De igual forma, Brena-Melendez et al. (2024) destacan que la harina de grillo es una fuente concentrada de proteínas y minerales esenciales (como hierro, fósforo y potasio), superando el perfil mineral de las harinas tradicionales.

Cuadro 13

Resultados de actividad de agua y ceniza de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo

Tratamiento	Actividad de agua	Ceniza (%)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T2	0.54 \pm 0.00	2.61 \pm 0.05
Control	0.53 \pm 0.02	1.37 \pm 0.06
Probabilidad	P > 0.5935	p < 0.0001
CV (%)	1.95	2.23

Nota: D.E.: Desviación Estándar, CV (%): Coeficiente de Variación, Control: 0 % harina de grillo + 0 % harina de amaranto. T2: 7 % de harina de grillo + 30 % de harina de amaranto.

Análisis de Proteína de la Galleta.

De acuerdo con LaPelusa y Kaushik (2022), las proteínas son el principal componente estructural de células y tejidos, indispensables para el crecimiento, la reparación muscular y el desarrollo de funciones enzimáticas y hormonales. Para los niños, las proteínas son esenciales para el desarrollo muscular y la salud general. También contribuyen al funcionamiento correcto del sistema inmunitario. Además, una ingesta adecuada de proteínas es importante para mejorar el rendimiento escolar de los niños, ya que contribuye a un mejor desarrollo cognitivo y la concentración (Critch, 2020). En el Cuadro 14 se presentan los valores de proteína obtenidos para la galleta control y el tratamiento con 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo. Estos resultados evidencian una diferencia significativa ($p < 0.0001$) entre ambos tratamientos, lo cual refleja el impacto directo de las harinas alternativas sobre el valor nutricional del producto.

La variación observada confirma que la incorporación de ingredientes como el amaranto y el grillo influye sustancialmente en el perfil proteico. Además, la baja variabilidad en los resultados respalda la consistencia del tratamiento y su potencial de replicabilidad en contextos de producción a mayor escala. Esta evidencia concuerda con lo reportado en estudios recientes sobre fuentes proteicas emergentes, que destacan el valor nutricional del grillo por su alto contenido en aminoácidos esenciales (Brena-Melendez et al., 2024) y del amaranto por su riqueza en lisina, metionina, cisteína e histidina (Toimbayeva et al., 2025).

Esta combinación de harinas permite una complementación proteica efectiva. Mientras, el amaranto fortalece el aporte de aminoácidos que suelen ser limitantes en cereales y leguminosas, la harina de grillo cubre carencias esenciales restantes, conformando un perfil proteico completo y equilibrado, acorde con las recomendaciones de calidad proteica de la FAO (2023). Desde un punto de vista práctico, una galleta fuente de proteína con 55 g por porción aporta en promedio 6.22 g de proteína, lo que representa aproximadamente a un 12 % del VD recomendado de acuerdo con el

Anexo E del RTCA-EN, siendo mayor a 10 % del VD para ser considerada fuente. En comparación, una porción de galleta equivale aproximadamente al aporte proteico de 7 g de proteína por porción de 28 g de carne. En otras palabras, consumir una porción de galleta que es fuente de proteína puede aportar una cantidad semejante a la de una porción pequeña de carne, posicionándola como una alternativa sostenible frente a las fuentes tradicionales de proteína animal.

Cuadro 14

Resultados de proteína de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo en 100 gramos

Tratamiento	Proteína (%)
	Media \pm D. E
T2	11.31 \pm 0.20
Control	6.18 \pm 0.02
Probabilidad	<0.0001
CV (%)	2.53

Nota: D.E.: Desviación Estándar, CV (%): Coeficiente de Variación, %: Porcentaje, HA: Harina de amaranto, HG: Harina de grillo, Control: 0 % harina de grillo + 0 % harina de amaranto. T2: 7 % de harina de grillo + 30 % de harina de amaranto.

En conjunto, los resultados permiten afirmar que el tratamiento evaluado mejora el contenido proteico del producto. Esto lo posiciona como una opción nutricionalmente mejorada, apta para integrarse en dietas con requerimientos especiales como las de niños o personas con restricciones en el consumo de carne.

Análisis de Fibra Dietética de la Galleta

En el Cuadro 15 se muestran los resultados del análisis de fibra dietética de la galleta. Para el contenido de fibra de las galletas, los resultados muestran que el tratamiento T2 (30 % HA + 7 % HG) presenta un porcentaje de fibra significativamente mayor en comparación con el Control. El análisis de la fibra mostró un resultado promedio de 6.29 \pm 0.19 (%), esto equivale a 3.46 g por porción de 55 g, lo que representa aproximadamente un 14 % del VD. Estos valores se alinean con la normativa del RTCA-EN, que lo clasifica como "Fuente". Teniendo en cuenta que la OMS (2023), menciona en sus

directrices que niños de 6 a 9 años deben consumir al menos 21 g de fibra por día, mientras que de 10 años o más, se requiere al menos 25 g diarios.

Enriquecer productos alimenticios con harina de amaranto y de grillo es una estrategia para mejorar su perfil nutricional, ya que, la harina de amaranto aporta fracciones insolubles, como celulosa y hemicelulosas, junto con una proporción soluble compuesta por pectinas y arabinosilanos. Por otro lado, la harina de grillo contribuye con quitina y complejos quitina-proteína, reconocidos como formas de fibra dietética insoluble. Esta combinación genera un efecto complementario que incrementa el contenido nutricional del producto final. En este sentido, Hamzehpour y Dastgerdi (2023) encontraron que al agregar 30 % de harina de amaranto en pasteles tuvieron los valores más altos en fibra, y la muestra de control tuvo los valores más bajos (control con 0 % de amaranto). Bello et al. (2022), demostraron que agregar harina de amaranto en pasta de sémola aumentó la fibra dietética de 6.8 g/100 g a 8.0 – 10.0 g/100 lo que representa un incremento relevante para el desarrollo de productos con mayor valor funcional, estos hallazgos respaldan que la utilización del amaranto como ingrediente alternativo es capaz de enriquecer las galletas con fibra.

Los insectos comestibles, como la harina de grillo, también se consideran una fuente potencial de proteínas y fibra dietética, y su incorporación a productos horneados podría mejorar su valor nutricional (Jakab et al., 2020). Estos hallazgos coinciden con los de este estudio, que incrementó el contenido de fibra de las galletas mediante la adición de harinas de amaranto y grillo, lo que destaca el potencial de utilizar estos ingredientes para desarrollar alimentos de alto valor nutricional.

Cuadro 15

Resultados de fibra de la galleta Control y el tratamiento T2 con 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo

Tratamiento	Fibra (%)
	Media±D.E
Tratamiento (30 % HA, 7 % HG)	6.29 ± 0.19
control	2.81 ± 0.08
Probabilidad	<0.0001
CV (%)	2.94

Nota: D.E.: Desviación Estándar, CV (%): Coeficiente de Variación, %: Porcentaje, Control: 0 % harina de grillo + 0 % harina de amaranto. T2: 7 % de harina de grillo + 30 % de harina de amaranto.

Etiqueta Nutricional

En la Figura 2 se puede observar la etiqueta nutricional realizada con el software “The Food Processor I SQL” para el tratamiento T2, donde se indica que el producto corresponde con la declaración de propiedades del Anexo E del RTCA-EN, como “Fuente” de proteína y “Fuente” de fibra, ya que, ambos nutrientes aportan más de 10 % del VD por porción para ser considerado fuente, debido a las sustituciones parciales que se le realizó con harina de amaranto y harina de grillo. Por otro lado, se tuvieron niveles altos en algunos nutrientes críticos, como el contenido de grasa saturada y azúcares añadidos que pueden repercutir en la salud de los escolares, llegando a considerarse el uso de sellos frontales en este producto para estos nutrientes críticos según lo que dictan los umbrales del Modelo de Perfil de Nutrientes [MPN] de la Organización Panamericana de la Salud (2016).

Figura 2

Etiqueta nutricional de la galleta sustituida parcialmente con 30 % de harina de amaranto y 7 % de harina de grillo

Nutrition Facts	
servings per container	
Serving size	(55g)
Amount per serving	
Calories	160
% Daily Value*	
Total Fat 9g	12%
Saturated Fat 4g	20%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 10mg	3%
Sodium 115mg	5%
Total Carbohydrate 15g	5%
Dietary Fiber 3g	11%
Total Sugars 9g	
Includes 5g Added Sugars	10%
Protein 6g	
Vitamin D 0mcg	0%
Calcium 35mg	2%
Iron 1mg	6%
Potassium 78mg	2%
*The % Daily Value tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.	

Conclusiones

Las galletas elaboradas con 7 % HG y 20 % HA y las elaboradas con 7 % HG + 30 % HA fueron las más aceptadas por los panelistas. Al incrementar el contenido de harina de grillo de 7 % a 11 % la aceptación de las galletas se redujo.

En las galletas con sustitución parcial de 7 % Harina de Grillo y 30 % Harina de Amaranto se redujo el valor L*, b* e incrementó el valor de a*, en cuanto a textura se presentaron menor dureza, cohesividad y adhesividad con respecto al control.

Las galletas por porción de 55 gramos con sustitución parcial de 7 % Harina de Grillo y 30 % Harina de Amaranto se consideran “Fuente” en proteína y fibra, según el RTCA de etiquetado nutricional (67.01.60:10).

Recomendaciones

Realizar un análisis de perfil de aminoácidos para determinar la calidad de proteína de las harinas de amaranto y grillo.

Realizar estudios de estabilidad o pruebas de vida útil, acompañados de la evaluación de diferentes materiales de empaque para la conservación de las galletas, sin repercutir las propiedades organolépticas.

Realizar un análisis de factibilidad económica y operativa, con el fin de determinar la viabilidad y rentabilidad de la producción del tratamiento seleccionado con mejor aceptación.

Analizar la composición mineral de las cenizas para identificar si el aumento en el porcentaje corresponde a un mayor aporte nutricional y no a impurezas.

Evaluar el uso de sabores dulces y familiares como chocolate con leche o fresa, como alternativas para enmascarar el sabor del grillo en las galletas, sin comprometer su valor nutricional.

Reformular buscando alternativas de edulcorantes no calóricos como estevia, y sustituir parcialmente la margarina por aceites vegetales líquidos ricos en ácidos grasos insaturados como aceite de canola, reduciendo el contenido de azúcares y grasas saturadas.

Referencias

- Aleman, R. S., Marcia, J., Pournaki, S. K., Borrás-Linares, I., Lozano-Sanchez, J. y Fernandez, I. M. (2022). *Formulation of Protein-Rich Chocolate Chip Cookies Using Cricket (Acheta domesticus) Powder*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/20/3275>
- Apesteuguía, J. (2024). *Evaluación sensorial*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/175738>
- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2018). *Contaminantes de procesos*. <https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/process-contaminants>
- Balderrama, J. G. P. y Cadima, S. C. C. (2014). *Water Adsorption Isotherms of Amaranth (Amaranthus caudatus) Flour*. Scientific Research Publishing. https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=42105&utm_source
- Bartkiene, E., Starkute, V., Katuskevicius, K., Laukyte, N., Fomkinas, M., Vysniauskas, E., Kasciukaityte, P., Radvilavicius, E., Rokaite, S., Medonas, D., Valantinaviciute, E., Mockus, E. y Zokaityte, E. (2022). The contribution of edible cricket flour to quality parameters and sensory characteristics of wheat bread. *Food Science & Nutrition*, 10(12), 4319–4330. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3024>
- Bello, L., Patiño, O., Cabello, J., Alvarez, J. y Carmona, R. (2022). Preparation of Functional Pasta Supplemented with Amaranth Pregelatinized Extruded Flour. *Frontiers*, 2. <https://www.frontiersin.org/journals/food-science-and-technology/articles/10.3389/frfst.2022.881714/full>
- Bianchi, D. M., Barzanti, P., Adriano, D., Martucci, F., Pitti, M., Ferraris, C., Floris, I., La Brasca, R., Ligotti, C., Morello, S., Scardino, G., Musolino, N., Tramuta, C., Maurella, C. y Decastelli, L. (2023). Food Safety Monitoring of Salmonella spp. In Northern Italy 2019-2021. *Pathogens*, 12(7), 963. <https://doi.org/10.3390/pathogens12070963>
- Blanco, M. S., Steffolani, M. E., León, A. E. y Ribotta, P. D. (2017). Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1607–1615. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7909>
- Brauchla, M., McCabe, G. P., Miller, K. B. y Kranz, S. (2013). The effect of high fiber snacks on digestive function and diet quality in a sample of school-age children. *Nutrition Journal*, 12(1), 153. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-12-153>
- Brena-Melendez, A., Garcia-Amezquita, L. E., Liceaga, A., Pascacio-Villafán, C. y Tejada-Ortigoza, V. (2024). Novel food ingredients: Evaluation of commercial processing conditions on nutritional and technological properties of edible cricket (Acheta domesticus) and its derived parts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 92, 103589. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103589>
- Bresciani, A., Cardone, G., Jucker, C., Savoldelli, S. y Marti, A. (2022). Technological Performance of Cricket Powder (Acheta domesticus L.) in Wheat-Based Formulations. *Insects*, 13(6), 546. <https://doi.org/10.3390/insects13060546>

- Coțovanu, I. y Mironeasa, S. (2021). Impact of Different Amaranth Particle Sizes Addition Level on Wheat Flour Dough Rheology and Bread Features. *Foods*, 10(7), 1539. <https://doi.org/10.3390/foods10071539>
- Coțovanu, I., Stoenescu, G. y Mironeasa, S. (2020). Amaranth influence on wheat flour dough rheology: Optimal particle size and amount of flour replacement. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(3), 366–373. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.3.366-373>
- Critch, J. N. (2020). School nutrition: Support for providing healthy food and beverage choices in schools. *Paediatrics & Child Health*, 25(1), 33–46. <https://doi.org/10.1093/pch/pxz102>
- Crookston, B. T., Schott, W., Cueto, S., Dearden, K. A., Engle, P., Georgiadis, A., Lundeen, E. A., Penny, M. E., Stein, A. D. y Behrman, J. R. (2013). Postinfancy growth, schooling, and cognitive achievement: Young Lives. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(6), 1555–1563. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.067561>
- Cuadrado, B. S. y Vélez, M. T. (2018). Contaminación microbiana en la industria de los alimentos. En L. Gomezcáceres Pérez (Ed.), *La industria de alimentos: desafíos para el siglo XXI*. Editorial CECAR. <https://doi.org/10.21892/9789585547025.5>
- Eilander, A., Gera, T., Sachdev, H. S., Transler, C., van der Knaap, H. C., Kok, F. J. y Osendarp, S. J. (2010). Multiple micronutrient supplementation for improving cognitive performance in children: Systematic review of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(1), 115–130. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28376>
- Federación de Asociaciones de Celíacos de España. (2024). *Harina de amaranto: tres veces más fibra que la harina de trigo y alto valor nutricional*. <https://celiacos.org/harina-de-amaranto-tres-veces-mas-fibra-que-la-harina-de-trigo-y-alto-valor-nutricional/>
- Fiorentini, M., Kinchla, A. J. y Nolden, A. A. (2020). Role of Sensory Evaluation in Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Analogs and Meat Extenders: A Scoping Review. *Foods*, 9(9), 1334. <https://doi.org/10.3390/foods9091334>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Insects for food and feed*. https://www.fao.org/edible-insects/en/?utm_source=chatgpt.com
- Food and Drug Administration. (2014). *Water Activity (aw) in Foods*. FDA. <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods>
- González-Campins, C., Soler, L. F., Guasch-Niubó, O., San Onofre, N., Alicia Aguilar Martínez, Martínez-García, A., Manera, M., Salvador, G. y Bach-Faig, A. (2024). *Nutritional Quality of the Mid-Afternoon Snack of Schooled Children between the Ages of 3 and 12 Years in Three Areas in Spain*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/12/1944>
- Hamzehpour, R. y Dastgerdi, A. A. (2023). The Effects of Quinoa and Amaranth Flour on the Qualitative Characteristics of Gluten-Free Cakes. *International Journal of Food Science*, 2023(1), 6042636. <https://doi.org/10.1155/2023/6042636>

- Innovation4food. (2011). *Textura y Parámetros Texturales de la Galleta*. <https://innovation4food.wordpress.com/2011/01/29/textura-y-parametros-texturales-de-la-galleta/>
- Institute of Food Science and Technology. (2023). *Dietary fibre*. https://www.ifst.org/resources/information-statements/dietary-fibre?utm_source=chatgpt.com
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica (2ª ed., reimpresión)*. <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
- Jakab, I., Tormási, J., Dhaygude, V., Mednyánszky, Z., Sipos, L. y Szedljak, I. (2020). Cricket flour-laden millet flour blends' physical and chemical composition and adaptation in dried pasta products. *Acta Alimentaria*, 49(1), 4–12. <https://doi.org/10.1556/066.2020.49.1.2>
- Khalil, R., Baba, Y., Kallas, Z., Haddarah, A. y Pujolà, M. (2025). Preferences of consumers engaged in sports towards high-protein snacks with cricket flour and carob: Determinant factors and hedonic evaluation. *Journal of Insects as Food and Feed*, 11(12). https://brill.com/view/journals/jiff/11/12/article-p2131_6.xml
- Khatun, H., Lievens, S., Smets, R., Akhtaruzzaman, M., van der Borght, M. y Claes, J. (2022). Optimizing the Rheological and Textural Properties of Chapatti Enriched with House Crickets (*Acheta domesticus*) Flour Using Hydrocolloids by an I-Optimal Design. *Foods*, 11(21), 3467. <https://doi.org/10.3390/foods11213467>
- LaPelusa, A. y Kaushik, R. (2022). Physiology, Proteins. En A. LaPelusa y R. Kaushik (Eds.), *Physiology, Proteins*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555990/>
- Martín, A. (2022). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto* [Tesis de maestría]. Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://riunet.upv.es/bitstreams/3fc65bdf-01b6-4243-b4ab-41a4ae58c19c/download>
- Meilgaard, M., Civille, G. V. y Carr, B. T. (2007). *Sensory evaluation techniques* (4th ed.). *Food science & technology*. Taylor & Francis. https://books.google.com/books?id=F_A-YtWXF3gC
- Ministerio de Educación de Guatemala. (2025). *Desnutrición Crónica*. https://portal.siinsan.gob.gt/desnutricion-cronica/?utm_source
- Mykolenko, S., Zhygunov, D. y Rudenko, T. (2020). Propiedades de la harina de amaranto como ingrediente del pan de trigo. *Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos*, 14(4). <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/foodtech/article/view/1896>
- Norma Sanitaria MINSAL. (2003). *Resolución Ministerial N.º 615-2003-SA-DM - Normas y documentos legales - Ministerio de Salud*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/253963-615-2003-sa-dm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Energy and protein requirements*. <https://www.fao.org/4/aa040e/AA040E00.htm#TOC>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *WHO updates guidelines on fats and carbohydrates*. https://www.who.int/news/item/17-07-2023-who-updates-guidelines-on-fats-and-carbohydrates?utm_source

- Organización Panamericana de la Salud. (2016). *Modelo de perfil de nutrientes de la Organización Panamericana de la Salud*. OPS. https://iris.paho.org/handle/10665.2/18622?utm_source
- Osimani, A., Milanović, V., Cardinali, F., Roncolini, A., Garofalo, C., Clementi, F., Pasquini, M., Mozzon, M., Foligni, R., Raffaelli, N., Zamporlini, F. y Aquilanti, L. (2018). Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 150–163. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856417313760>
- Pathare, P. B., Opara, U. L. y Al-Said, F. A.-J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pauter, P., Róžańska, M., Wiza, P., Dworzak, S., Grobelna, N., Sarbak, P. y Kowalczewski, P. Ł. (2018). Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(3), 227–233. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0570>
- Pyrski, M., Tusty, M., Eckstein, E., Oboti, L., Rodriguez-Gil, D. J., Greer, C. A. y Zufall, F. (2018). P/q Type Calcium Channel Cav2.1 Defines a Unique Subset of Glomeruli in the Mouse Olfactory Bulb. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 12, 295. <https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00295>
- Reale, S., Biancolillo, A., Foschi, M. y D'Archivio, A. A. (2023). Characterization of the Volatile Profiles of Insect Flours by (HS)-SPME/GC-MS: A Preliminary Study. *Molecules*, 28(7), 3075. <https://doi.org/10.3390/molecules28073075>
- Ribeiro, J. C., Pintado, M. E. y Cunha, L. M. (2024). Consumption of edible insects and insect-based foods: A systematic review of sensory properties and evoked emotional response. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), e13247. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13247>
- Rossi, S., Parrota, L., Gottardi, D., Glicerina, V., Duca, S., Dalla, M., Patrignani, F., Schlüter, O. y Lanciotti, R. (2022). Unravelling the potential of cricket-based hydrolysed sourdough on the quality of an innovative bakery product in: Journal of Insects as Food and Feed Volume 8 Issue 8 (2022). *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(8), 921–935. https://brill.com/view/journals/jiff/8/8/article-p921_9.xml
- Selaledi, L. y Mabelebele, M. (2021). The Influence of Drying Methods on the Chemical Composition and Body Color of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 12(4), 333. <https://doi.org/10.3390/insects12040333>
- Southey, F. (2023). *Meat, eggs and milk play 'vital' role in meeting global nutrition targets: FAO*. https://www.foodnavigator.com/Article/2023/04/25/meat-eggs-and-milk-play-vital-role-in-meeting-global-nutrition-targets-fao/?utm_source=chatgpt.com
- Stanciu, D., Staykov, H., Dragomanova, S., Tancheva, L., Pop, R. S., Ielciu, I. y Crişan, G. (2024). Gluten Unraveled: Latest Insights on Terminology, Diagnosis, Pathophysiology, Dietary Strategies, and Intestinal Microbiota Modulations-A Decade in Review. *Nutrients*, 16(21), 3636. <https://doi.org/10.3390/nu16213636>
- Toimbayeva, D., Saduakhasova, S., Kamanova, S., Kiykbay, A., Tazhina, S., Temirova, I., Muratkhan, M., Shaimenova, B., Murat, L., Khamitova, D. y Ospankulova, G. (2025). *Prospects*

for the Use of Amaranth Grain in the Production of Functional and Specialized Food Products. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/9/1603>

- Truong, S., Tang, E. K. Y., Khan, R. N., Nguyen, M. N., Ungern Sternberg, B. S. von, Yeo, A. W. Y. y Lim, L. Y. (2021). Prior administration of chocolate improves the palatability of bitter drugs: The Choc-with-Med study. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 57(8), 1267–1273. <https://doi.org/10.1111/jpc.15448>
- van Huis, A., Rumpold, B. A., van der Fels-Klerx, H. J. y Tomberlin, J. K. (2021). Advancing edible insects as food and feed in a circular economy. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 935–948. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.x005>
- Van Huis, A. (2022). *Journal of Insects as Food and Feed*. https://brill.com/view/journals/jiff/jiff-overview.xml?srsId=AfmBOooDhUSE5HsAYWkakB8h4qn3WXGtFhrXnKNdsPpnXjmoY_jRsRU6
- Victoria, C. G., Christian, P., VIDALETTI, L. P., Gatica-Domínguez, G., Menon, P. y Black, R. E. (2021). Revisiting maternal and child undernutrition in low-income and middle-income countries: Variable progress towards an unfinished agenda. *The Lancet*, 397(10282), 1388–1399. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00394-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00394-9)
- Yang, R. y Tang, J. (2023). Developing Thermal Control of Salmonella in Low-Moisture Foods Using Predictive Models. *Food Safety Magazine*. <https://www.food-safety.com/articles/8787-developing-thermal-control-of-salmonella-in-low-moisture-foods-using-predictive-models>

Anexos

Anexo A

Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 1 con sustitución de 7% harina de grillo y 20% harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto

Ingredientes	T1 (%)	Kcal (100g)	Kcal (50g)	Proteína (100g)	Fibra (100g)	Proteína (55g)	Fibra (55g)
HG	7.00	29.96	14.98	4.56	0.59	2.51	0.33
HA	20.00	80.00	40.00	2.36	3.32	1.30	1.83
Harina de trigo	20.85	76.45	38.23	2.78	0.70	1.53	0.38
Azúcar	10.00	38.40	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Margarina	22.42	116.26	58.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevo	6.42	3.34	1.67	0.81	0.00	0.44	0.00
Polvo de hornear	0.30	0.29	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00
Sal	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chocolate	12.71	67.79	33.89	0.59	0.85	0.33	0.47
Total	100.00	412.49	206.24	11.10	5.46	6.10	3.00

Nota. Elaboración propia. Kcal: Kilocalorías, g: Gramos, HG: Harina de grillo, HA: Harina de

amaranto, %: Porcentaje, T1: Tratamiento 1.

Anexo B

Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 2 con sustitución de 7% harina de grillo y

30% harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto

Ingredientes	T2 (%)	Kcal (100g)	Kcal (50g)	Proteína (100g)	Fibra (100g)	Proteína (55g)	Fibra (55g)
HG	7.00	29.96	14.98	4.56	0.59	2.51	0.33
HA	30.00	120.00	60.00	3.54	4.98	1.95	2.74
Harina de trigo	10.85	39.78	19.89	1.45	0.36	0.80	0.20
Azúcar	10.00	38.40	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Margarina	22.42	116.26	58.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevo	6.42	3.34	1.67	0.81	0.00	0.44	0.00
Polvo de hornear	0.30	0.29	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00
Sal	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chocolate	12.71	67.79	33.89	0.59	0.85	0.33	0.47
Total	100.00	415.82	207.91	10.94	6.79	6.02	3.73

Nota. Elaboración propia. Kcal: Kilocalorías, g: Gramos, HG: Harina de grillo, HA: Harina de

amaranto, %: Porcentaje, T2: Tratamiento 2.

Anexo C

Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 3 con sustitución de 11% harina de grillo y 20% harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto

Ingredientes	T3 (%)	Kcal (100g)	Kcal (50g)	Proteína (100g)	Fibra (100g)	Proteína (55g)	Fibra (55g)
HG	11.00	47.08	23.54	7.16	0.93	3.94	0.51
HA	20.00	80.00	40.00	2.36	3.32	1.30	1.83
Harina de trigo	16.85	61.78	30.89	2.25	0.56	1.24	0.31
Azúcar	10.00	38.40	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Margarina	22.42	116.26	58.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevo	6.42	3.34	1.67	0.81	0.00	0.44	0.00
Polvo de hornear	0.30	0.29	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00
Sal	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chocolate	12.71	67.79	33.89	0.59	0.85	0.33	0.47
Total	100.00	414.94	207.47	13.17	5.67	7.24	3.12

Nota. Elaboración propia. Kcal: Kilocalorías, g: Gramos, HG: Harina de grillo, HA: Harina de amaranto, %: Porcentaje, T3: Tratamiento 3.

Anexo D

Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento 4 con sustitución de 11% harina de grillo y 30% harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto

Ingredientes	T4 (%)	Kcal (100g)	Kcal (50g)	Proteína (100g)	Fibra (100g)	Proteína (55g)	Fibra (55g)
HG	11.00	47.08	23.54	7.16	0.93	3.94	0.51
HA	30.00	120.00	60.00	3.54	4.98	1.95	2.74
Harina de trigo	6.85	25.12	12.56	0.91	0.23	0.50	0.13
Azúcar	10.00	38.40	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Margarina	22.42	116.26	58.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevo	6.42	3.34	1.67	0.81	0.00	0.44	0.00
Polvo de hornear	0.30	0.29	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00
Sal	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chocolate	12.71	67.79	33.89	0.59	0.85	0.33	0.47
Total	100.00	418.28	209.14	13.01	6.99	7.16	3.85

Nota. Elaboración propia. Kcal: Kilocalorías, g: Gramos, HG: Harina de grillo, HA: Harina de amaranto, %: Porcentaje, T4: Tratamiento 4.

Anexo E

*Aporte proteico y de fibra en la formulación del tratamiento control sin sustitución de harina de grillo
y harina de amaranto para 100 y 55 gramos de producto*

Ingredientes	Control (%)	Kcal (100g)	Kcal (50g)	Proteína (100g)	Fibra (100g)	Proteína (55g)	Fibra (55g)
HG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Harina de trigo	47.85	175.45	87.73	6.38	1.60	3.51	0.88
Azúcar	10.00	38.40	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Margarina	22.42	116.26	58.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Huevo	6.42	3.34	1.67	0.81	0.00	0.44	0.00
Polvo de hornear	0.30	0.29	0.15	0.00	0.01	0.00	0.00
Sal	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chocolate	12.71	67.79	33.89	0.59	0.85	0.33	0.47
Total	100.00	401.53	200.76	7.78	2.45	4.28	1.35

Nota. Elaboración propia. Kcal: Kilocalorías, g: Gramos, HG: Harina de grillo, HA: Harina de amaranto, %: Porcentaje.

Anexo F

Carta de autorización para participación en la prueba sensorial

Universidad Zamorano

Apartado Postal 93, Km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí,
Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente.,
Francisco Morazán, Honduras.
Junio, 2025.



Estimado padre, madre o encargado(a):

Reciba un cordial saludo. Mi nombre es Antony Maeda, y junto con mi compañero Mynor David, somos estudiantes de la Universidad Zamorano. Estamos trabajando en un proyecto de investigación académica, donde elaboramos **galletas de trigo con chispas de chocolate**. A estas galletas les hemos añadido pequeñas cantidades de harina de grillo y harina de amaranto, además de los ingredientes tradicionales como azúcar, margarina, huevo, polvo para hornear y sal. Las galletas están pensadas para niños en edad escolar, ya que tienen más proteína y fibra, lo que puede ayudar en su crecimiento y desarrollo.

Para evaluar la aceptación del producto, quisiéramos contar con la participación de su hijo(a) en una **prueba de degustación sencilla**, donde se le ofrecerá una pequeña porción de las galletas elaboradas y luego llenará una boleta sencilla con su opinión. Se realizará siguiendo reglas estrictas de limpieza y seguridad en los alimentos, no representa ningún riesgo para la salud y su participación será muy corta.

Es importante aclarar que:

- La participación es totalmente voluntaria.
- No se utilizará el nombre ni imagen del niño(a) sin su autorización.
- Los resultados serán usados exclusivamente con fines académicos.

Le solicitamos amablemente que firme la parte inferior de esta carta si autoriza la participación de su hijo(a) en esta actividad. Agradecemos de antemano su colaboración y apoyo a nuestra formación profesional.

Atentamente,

Estudiantes de la Universidad Zamorano.

Antony Maeda, Antony.maeda@est.zamorano.edu (+502 3030 3244)

Mynor Gonzalez, Mynor.gonzalez@est.zamorano.edu (+502 4162 4817)

Asesora: Ingeniera **Sandra Karina Espinoza** sespinoza@zamorano.edu (+504 9641 6356)

Autorización del padre/madre o encargado

Yo, _____, como padre/madre o encargado(a) de _____, autorizo su participación en la prueba de degustación de galletas realizada por estudiantes de la Universidad Zamorano.

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo G

Carta de solicitud de permiso al director de la Escuela Francisco Morazán

Universidad Zamorano

Apartado Postal 93, Km 30 carretera de Tegucigalpa a Danli,
Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente.,
Francisco Morazán, Honduras.

Junio, 2025.



Estimado Director Jairo Sánchez:

Reciba un cordial saludo de parte de estudiantes de la Universidad Zamorano. Nos dirigimos a usted con el fin de solicitar su autorización para realizar una actividad sensorial con estudiantes de nivel primario en su institución.

Como parte de nuestra investigación de tesis, estamos evaluando el desarrollo de galletas fortificadas con el objetivo de contribuir al desarrollo nutricional de los niños en edad escolar. Estas galletas han sido formuladas específicamente para este grupo etario, por lo que su participación es fundamental para validar su aceptación sensorial. Asimismo, se le hará entrega al padre/madre o encargado(a) del niño(a) una carta de solicitud de permiso que autorice la participación el mismo en el sensorial.

La actividad consistirá en una breve y segura evaluación del producto, en la cual los niños participantes podrán probar las galletas y dar su opinión a través de una boleta adaptada a su nivel de comprensión. Todo el procedimiento será realizado por nosotros, estudiantes de último año de la carrera Agroindustria Alimentaria, y estaremos llevando todo el material necesario, incluyendo boletas, utensilios y las muestras debidamente empaquetadas y etiquetadas.

Nos comprometemos a cumplir con todas las medidas de higiene y seguridad alimentaria, así como con las normas de respeto, ética y confidencialidad hacia los menores. La actividad no representa ningún riesgo para los participantes y contará con el acompañamiento de los docentes o personal que usted autorice.

Agradecemos de antemano su atención a esta solicitud y quedamos atentos a cualquier requerimiento adicional o a una posible reunión para brindarle más detalles. Será un honor poder contar con su apoyo en esta etapa tan importante de nuestra formación profesional.

Quedamos atentos a su respuesta.

Atentamente,

Estudiantes de la Universidad Zamorano.

Antony Maeda, antony.maeda@est.zamorano.edu (+502 3030 3244)

Mynor Gonzalez, mynor.gonzalez@est.zamorano.edu (+502 4162 4817)

Anexo H

Boleta de evaluación sensorial de las galletas

Boleta de evaluación sensorial de Galletas

Nombre: _____ Grado: _____ Edad _____

Pruebe las muestras de izquierda a derecha, limpie su paladar cada vez que cambie de muestra con la galleta y agua suministrada aparte en su escritorio. En la primera columna "Muestra" rellene con el código que corresponda a la muestra que esté degustando y valore sus atributos de Color, Olor, Sabor, Textura y Me gustó en general, asignando la valoración que considere, donde 1= No me gustó nada y 5 = Me gustó mucho.

Valoración a considerad:

1	2	3	4	5
No me gustó nada	No me gustó	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustó	Me gustó en general

#Muestra	Color	Olor	Sabor	Textura	Me gustó

Comentarios: _____