Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Vol. 7 No. 11.1
Edición Especial XI 2026

EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE SEMILLAS DE YACA (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) Y FRUTA DE PAN (ARTOCARPUS ALTILIS) SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DEL CHOCOLATE ELABORADO CON CACAO NACIONAL

EFFECT OF THE INCORPORATION OF JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) AND BREADFRUIT (ARTOCARPUS ALTILIS) SEED FLOURS ON THE PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF CHOCOLATE MADE WITH NATIONAL COCOA

Autores: [1]Martha Viviana Uvidia Vélez y [2]Katherine Lissette Romero Vásquez.
[1]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-6715-9951
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-6765-3236
[1]E-mail de contacto: muvidiav2@unemi.edu.ec
[2]E-mail de contacto: kromerov@unemi.edu.ec
Afiliación: [1*2*]Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).
Artículo recibido: 1 de Octubre del 2026
Artículo revisado: 13 de Octubre del 2026
Artículo aprobado: 13 de Octubre del 2026
[1]Licenciada en Ciencias de la Educación, con especialización en Computación, graduada de la Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador). Magíster en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales, graduada de la Universidad Técnica de Babahoyo, (Ecuador). Magíster en Educación Informática, graduada de la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Doctora en Educación, graduada de la Universidad Cesar Vallejo, (Perú).
[2]Ingeniería Química, graduada de la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Con 3 años de experiencia laboral. Magíster en Química Aplicada, graduada de la Universidad Estatal de Milagro (Ecuador). Magíster en Inteligencia Artificial para la Educación, graduada de la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador).

Resumen

La búsqueda de ingredientes vegetales alternativos para la elaboración de productos derivados del cacao constituye una estrategia de interés para la innovación agroindustrial y el aprovechamiento de recursos tropicales subutilizados. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la incorporación de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semilla de fruta de pan (Artocarpus altilis) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chocolate elaborado con cacao Nacional. Se aplicó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales, considerando niveles de incorporación de ambas harinas de hasta el 15 %. Se determinaron pH, sólidos solubles (°Brix), humedad, cenizas, acidez titulable y parámetros de color CIELAB. La aceptación sensorial de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global se evaluó con 30 participantes mediante una escala hedónica de cinco puntos. Los resultados evidenciaron variaciones entre las formulaciones en pH, humedad, cenizas, acidez titulable y luminosidad (L), mientras que los cambios en °Brix fueron reducidos y las coordenadas a y b* permanecieron relativamente estables. Las formulaciones presentaron una aceptación sensorial favorable, destacándose T6, constituido por 5 % de harina de semilla de yaca y 10 % de harina de semilla de fruta de pan, con la media numérica más alta de aceptación global (4,6/5). En la formulación seleccionada, los recuentos de mohos y levaduras fueron de 6,33 y 5,67 UFC/g, respectivamente. Se concluye que la incorporación conjunta de estas harinas hasta el 15 % es tecnológicamente viable bajo las condiciones estudiadas y presenta potencial para diversificar productos derivados del cacao y valorizar materias primas vegetales subutilizadas.

Palabras clave: Cacao Nacional, Chocolate, Artocarpus heterophyllus, Artocarpus altilis, Propiedades fisicoquímicas.

Abstract

The search for alternative plant-based ingredients for producing cocoa-derived products represents a strategy of interest for agro-industrial innovation and the utilization of

underused tropical resources. This study aimed to evaluate the effect of incorporating jackfruit seed flour (Artocarpus heterophyllus) and breadfruit seed flour (Artocarpus altilis) on the physicochemical and sensory properties of chocolate made from Nacional cocoa. A completely randomized design with six treatments and three replicates was employed—totaling 18 experimental units—considering incorporation levels of up to 15% for both flours. Parameters such as pH, soluble solids (°Brix), moisture, ash, titratable acidity, and CIELAB color coordinates were determined. Sensory acceptance regarding color, aroma, flavor, texture, and overall acceptability was evaluated by 30 participants using a five-point hedonic scale. Results showed variations among formulations regarding pH, moisture, ash, titratable acidity, and lightness (L*), whereas changes in °Brix were minimal, and the a* and b* coordinates remained relatively stable. The formulations demonstrated favorable sensory acceptance; notably, treatment T6—composed of 5% jackfruit seed flour and 10% breadfruit seed flour—achieved the highest numerical mean for overall acceptance (4.6/5). In the selected formulation, mold and yeast counts were 6.33 and 5.67 CFU/g, respectively. It is concluded that the combined incorporation of these flours at levels up to 15% is technologically feasible under the conditions studied and offers potential for diversifying cocoa-derived products and adding value to underutilized plant raw materials.

Keywords: Nacional cocoa, Chocolate, Artocarpus heterophyllus, Artocarpus altilis, Physicochemical properties.

Sumário

A busca por ingredientes vegetais alternativos para a elaboração de produtos derivados do cacau constitui uma estratégia de interesse para a inovação agroindustrial e o aproveitamento de recursos tropicais subutilizados. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da incorporação de farinha de semente de jaca (Artocarpus heterophyllus) e farinha de semente de fruta-pão (Artocarpus altilis) nas propriedades físico-químicas e sensoriais do chocolate elaborado com cacau Nacional. Aplicou-se um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais, considerando níveis de incorporação de ambas as farinhas de até 15%. Foram determinados o pH, sólidos solúveis (°Brix), umidade, cinzas, acidez titulável e parâmetros de cor CIELAB. A aceitação sensorial de cor, aroma, sabor, textura e a aceitabilidade global foram avaliadas com 30 participantes, utilizando uma escala hedônica de cinco pontos. Os resultados evidenciaram variações entre as formulações quanto a pH, umidade, cinzas, acidez titulável e luminosidade (L), enquanto as alterações em °Brix foram reduzidas e as coordenadas a* e b* permaneceram relativamente estáveis. As formulações apresentaram aceitação sensorial favorável, destacando-se a T6 — composta por 5% de farinha de semente de jaca e 10% de farinha de semente de fruta-pão —, que obteve a maior média numérica de aceitação global (4,6/5). Na formulação selecionada, as contagens de bolores e leveduras foram de 6,33 e 5,67 UFC/g, respectivamente. Conclui-se que a incorporação conjunta dessas farinhas em até 15% é tecnologicamente viável nas condições estudadas e apresenta potencial para diversificar produtos derivados do cacau e valorizar matérias-primas vegetais subutilizadas.

Palavras-chave: Cacau Nacional, Chocolate, Artocarpus heterophyllus, Artocarpus altilis, Propriedades físico-químicas.

Introducción

El chocolate constituye uno de los alimentos de mayor aceptación y valor comercial a nivel mundial debido a sus características sensoriales, elevado contenido de compuestos bioactivos y reconocidos efectos sobre la salud cuando es elaborado con un alto porcentaje de cacao (Aranguren y Marcovich, 2023). Su composición química incluye flavanoles, procianidinas, metilxantinas y otros compuestos fenólicos con elevada capacidad antioxidante, asociados con la reducción del

estrés oxidativo, la modulación de procesos inflamatorios y la protección cardiovascular (Goya et al., 2022). En los últimos años, la industria chocolatera ha orientado sus esfuerzos hacia el desarrollo de chocolates funcionales mediante la incorporación de ingredientes naturales ricos en fibra dietética, proteínas, minerales y compuestos antioxidantes, respondiendo a la creciente demanda de alimentos con mayor valor nutricional y obtenidos bajo criterios de sostenibilidad y economía circular (Balcázar et al., 2023). En Ecuador, el cacao Nacional (Theobroma cacao L.) representa uno de los recursos agroalimentarios más emblemáticos por su reconocido perfil aromático floral y frutal, considerado un referente internacional dentro de los cacaos finos de aroma (Colonges et al., 2021).

Este material genético constituye un importante patrimonio agrícola y económico para el país, siendo ampliamente utilizado en la elaboración de chocolates premium destinados a mercados especializados (Tennhardt et al., 2023; Vásquez et al., 2025). No obstante, además de mantener sus atributos sensoriales, la industria enfrenta el desafío de desarrollar formulaciones innovadoras que incrementen el valor nutricional del chocolate sin comprometer las propiedades fisicoquímicas responsables de su estabilidad ni la aceptación del consumidor (Aranguren y Marcovich, 2023). Este reto ha impulsado la búsqueda de ingredientes alternativos provenientes de recursos vegetales subutilizados con potencial funcional.

Entre estos recursos destacan las semillas de yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.), consideradas tradicionalmente un subproducto agroindustrial pese a su elevado contenido de almidón resistente, proteínas, fibra dietética, minerales esenciales y compuestos fenólicos (Fabil et al., 2024). Diversos estudios han demostrado que la harina obtenida de estas semillas presenta propiedades tecnológicas favorables, incluyendo elevada capacidad de absorción de agua, adecuada estabilidad durante el procesamiento y potencial antioxidante, lo que ha permitido su incorporación en productos panificados, galletas, pastas y alimentos extruidos (López et al., 2025; Mohammed et al., 2024). De manera complementaria, la fruta de pan (Artocarpus altilis) ha despertado creciente interés científico debido a su composición nutricional, caracterizada por altos contenidos de carbohidratos complejos, fibra dietética, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos con actividad antioxidante (Mehta et al., 2023).

La harina obtenida de este fruto ha sido empleada como ingrediente funcional en diversas formulaciones alimentarias debido a sus propiedades de gelatinización, retención de agua y estabilidad estructural, contribuyendo al mejoramiento del perfil nutricional y tecnológico de los alimentos (Słota et al., 2025). Además, el aprovechamiento de la fruta de pan representa una estrategia sostenible para incrementar el valor agregado de especies tropicales subutilizadas, favoreciendo el desarrollo de productos innovadores alineados con los principios de la bioeconomía y el aprovechamiento integral de los recursos agrícolas (Masiala et al., 2024).

La incorporación de harinas provenientes de especies del género Artocarpus en matrices alimentarias ha mostrado resultados promisorios respecto al incremento del contenido de fibra, proteínas y compuestos antioxidantes; sin embargo, niveles elevados de sustitución pueden modificar atributos tecnológicos relacionados con la textura, viscosidad, color y aceptación del consumidor (Mohammed et al., 2024). Por ello, resulta

indispensable establecer proporciones de incorporación que permitan mejorar la calidad nutricional manteniendo las propiedades sensoriales características del producto final. En el caso específico del chocolate, dichas modificaciones podrían influir sobre parámetros fisicoquímicos como humedad, actividad de agua, pH, contenido de cenizas y composición proximal, además de atributos sensoriales determinantes como aroma, sabor, textura, color y aceptabilidad global. Aunque las investigaciones disponibles han permitido caracterizar las propiedades nutricionales y tecnológicas de la yaca y la fruta de pan y explorar la aplicación de sus derivados en diferentes matrices alimentarias, entre ellas productos panificados, galletas, pastas y alimentos extruidos, la evidencia sobre la incorporación conjunta de harina de semillas de yaca y harina de fruta de pan en chocolate continúa siendo limitada. En particular, existe información insuficiente acerca del comportamiento de la combinación de ambas harinas en chocolate elaborado con cacao Nacional y de los cambios que su incorporación puede generar simultáneamente sobre sus propiedades fisicoquímicas y atributos sensoriales.

Este vacío de conocimiento resulta relevante porque las propiedades tecnológicas observadas en estas harinas cuando se emplean individualmente o en otras matrices alimentarias no necesariamente reflejan su comportamiento cuando son incorporadas conjuntamente en chocolate. En consecuencia, resulta necesario evaluar experimentalmente su efecto sobre parámetros fisicoquímicos y atributos sensoriales determinantes, como color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad. Generar esta evidencia permitirá establecer la viabilidad de su utilización como ingredientes alternativos y contribuir al aprovechamiento agroindustrial de recursos tropicales subutilizados mediante el desarrollo de productos chocolateros con valor agregado. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de harinas de semillas de yaca (Artocarpus heterophyllus) y fruta de pan (Artocarpus altilis) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chocolate elaborado con cacao Nacional. Se planteó como hipótesis de investigación que las diferentes proporciones de incorporación de estas harinas generan cambios significativos en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chocolate, permitiendo identificar una formulación con características fisicoquímicas adecuadas y aceptación sensorial favorable.

Materiales y Métodos

Las materias primas utilizadas en la presente investigación correspondieron a mazorcas de cacao Nacional (Theobroma cacao L.), frutos de yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) y frutos de fruta de pan (Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg), obtenidos en la Granja Integral de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), ubicada en el cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Todas las materias primas fueron seleccionadas en estado óptimo de madurez fisiológica, verificando que se encontraran libres de daños mecánicos, enfermedades, ataques de insectos y otras alteraciones que pudieran comprometer su calidad o afectar el desarrollo del proceso experimental.

Las mazorcas de cacao fueron destinadas a la obtención de licor de cacao para la elaboración del chocolate. En el caso de la yaca, se extrajeron manualmente las semillas de los frutos maduros, las cuales fueron seleccionadas, lavadas y procesadas para la obtención de

harina de semillas de yaca. Por su parte, los frutos de fruta de pan fueron seleccionados y procesados para la elaboración de harina de fruta de pan, de acuerdo con el procedimiento experimental establecido. Posteriormente, ambas harinas fueron incorporadas en las diferentes formulaciones de chocolate conforme al diseño experimental. La elaboración de las harinas de semilla de yaca y de fruta de pan, la fabricación del chocolate y la incorporación de los diferentes tratamientos experimentales se realizaron en la Planta Piloto de Agroindustria de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB). Posteriormente, las determinaciones fisicoquímicas de las formulaciones de chocolate, incluyendo pH, sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable (%), humedad (%), contenido de cenizas (%) y color instrumental mediante el sistema CIE Lab* (L*, a* y b*), se efectuaron empleando metodologías analíticas estandarizadas para productos derivados del cacao.

Adicionalmente, se realizó el análisis microbiológico mediante el recuento de mohos y levaduras (UFC g^{-1}), así como la evaluación sensorial de los atributos color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global mediante una escala hedónica de cinco puntos, con el propósito de determinar el efecto de la incorporación de harina de semilla de yaca y harina de fruta de pan sobre la calidad integral del chocolate elaborado con cacao Nacional. El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), conformado por seis tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, para un total de 18 unidades experimentales.

Cada unidad experimental correspondió a una elaboración independiente de chocolate, preparada bajo las mismas condiciones de procesamiento y diferenciada por las proporciones de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) y harina de fruta de pan (Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg) incorporadas en cada formulación. La selección del DCA se fundamentó en la homogeneidad de las condiciones experimentales, debido a que todas las unidades fueron elaboradas y evaluadas bajo condiciones controladas, siguiendo el mismo procedimiento tecnológico y analítico. Al no identificarse una fuente sistemática de variación que justificara la conformación de bloques, los tratamientos fueron asignados aleatoriamente, permitiendo minimizar posibles sesgos experimentales y evaluar el efecto asociado a las diferentes formulaciones.

Se establecieron tres repeticiones independientes por tratamiento con el propósito de estimar la variabilidad asociada a cada formulación y obtener una estimación del error experimental necesaria para la comparación estadística entre tratamientos. De esta manera, el experimento estuvo constituido por 18 unidades experimentales independientes, como se visualiza en la Tabla 1. La variable independiente correspondió a la formulación del chocolate, definida por las diferentes proporciones de incorporación de harina de semilla de yaca y harina de fruta de pan. Las variables dependientes comprendieron las propiedades fisicoquímicas y los atributos sensoriales determinados en cada tratamiento.

Las variables fisicoquímicas evaluadas fueron pH, sólidos solubles (°Brix), humedad, cenizas, acidez titulable y parámetros de color mediante el sistema CIELAB; mientras que las variables sensoriales correspondieron a los atributos considerados en la prueba de aceptación aplicada a las diferentes formulaciones. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, considerando

la formulación como factor de estudio. Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software InfoStat, versión 2020. Los tratamientos se establecieron mediante niveles progresivos de incorporación de harina de semilla de yaca y harina de semilla de fruta de pan, considerando T1 como formulación control, sin incorporación de estas harinas. Los tratamientos T2 y T3 se formularon con cantidades equivalentes de ambas materias primas, incorporando 12,50 g y 25,00 g de cada harina, respectivamente, con el propósito de evaluar el efecto de su incremento gradual.

En el nivel máximo de incorporación se establecieron tres combinaciones con un total de 75,00 g de harinas: T4, con cantidades equivalentes de harina de semilla de yaca y harina de semilla de fruta de pan (37,50 g y 37,50 g); T5, con predominio de harina de semilla de yaca (50,00 g y 25,00 g); y T6, con predominio de harina de semilla de fruta de pan (25,00 g y 50,00 g). Este criterio permitió evaluar tanto el efecto del incremento en la cantidad incorporada como la influencia de diferentes proporciones entre ambas harinas sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chocolate.

Tabla 1. *Descripción de los tratamientos del estudio.*

Tratamiento	Yaca (g)	Fruta de pan (g)	Harinas totales (g)	Chocolate base (g)	Total, formulación (g)
T1	0	0	0	500	500
T2	12,50	12,50	25	475	500
T3	25	25	50	450	500
T4	37,50	37,50	75	425	500
T5	50	25	75	425	500
T6	25	50	75	425	500

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 presenta la estructura del análisis de varianza (ANOVA), herramienta estadística utilizada para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos en un experimento. En este caso, se desglosan las fuentes de variación en tratamientos, error experimental y total, junto con sus respectivos grados de libertad. Esta organización permite evaluar la influencia de los factores estudiados y cuantificar la variabilidad atribuible a los tratamientos frente a la variabilidad aleatoria.

Tabla 2. *Estructura de ANOVA.*

Fuente de Variación		Grado de Libertad (GL)
Tratamiento	T-1	5
Error Experimental	T(N-1)	12
Total	N-1	17

Fuente: Elaboración propia.

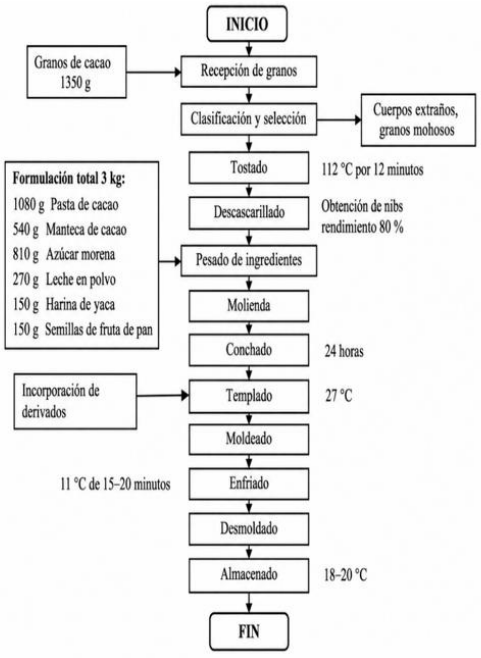


Figura 1. *Diagrama de flujo para la elaboración del chocolate.*

Se recibieron 1350 g de granos de cacao Nacional (Theobroma cacao L.) previamente fermentados y secos, destinados a la elaboración del chocolate. Durante la recepción, se realizó una inspección visual para verificar que los granos presentaran uniformidad en tamaño, color y grado de fermentación, además de encontrarse libres de impurezas, granos mohosos, insectos, daños mecánicos y otras alteraciones que pudieran comprometer la calidad de la materia prima.

Posteriormente, los granos seleccionados fueron acondicionados para su procesamiento, garantizando la homogeneidad del lote utilizado en el estudio siguiendo la normativa NTE INEN 621 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2010) y NTE INEN 176 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2021). Los granos de cacao fueron sometidos a una clasificación manual con el propósito de eliminar impurezas, cuerpos extraños, restos vegetales y cualquier material ajeno a la materia prima. Asimismo, se retiraron los granos pizarrosos, mohosos, germinados, quebrados o con daños ocasionados por insectos o factores mecánicos, garantizando la selección de granos sanos y de calidad uniforme.

Posteriormente, los granos seleccionados fueron limpiados para remover residuos superficiales y acondicionados para la etapa de tostado, asegurando la homogeneidad de la materia prima y la calidad del producto final. Los granos clasificados se distribuyen uniformemente en bandejas y se someten a tostado a 112 ºC durante un tiempo controlado de 12 minutos. Este tratamiento térmico promueve el desarrollo de compuestos aromáticos característicos del cacao, reduce la humedad y facilita la separación posterior entre la almendra y la cascarilla. Tras el tostado, los granos se dejan reposar hasta alcanzar temperatura ambiente para evitar quemaduras y condensación durante el descascarillado. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, los granos de cacao tostados fueron sometidos al proceso de descascarillado manual, separando la cascarilla de los nibs o cotiledones.

Este procedimiento permitió obtener un rendimiento aproximado del 80 % de nibs, los cuales fueron seleccionados por su integridad física y utilizados como materia prima para la obtención de la pasta de cacao. La adecuada separación de la cascarilla favoreció la calidad del producto, al reducir la presencia de impurezas y compuestos indeseables que podrían afectar las características fisicoquímicas y sensoriales del chocolate. Los nibs de cacao obtenidos fueron sometidos a un proceso de molienda utilizando un molino refinador, con el propósito de reducir progresivamente el tamaño de partícula y favorecer la liberación de la manteca de cacao contenida en los cotiledones. Como resultado, se obtuvo una masa homogénea y fluida, denominada licor o pasta de cacao, la cual constituyó la materia prima para la elaboración del chocolate. Este proceso permitió obtener una dispersión uniforme de las partículas sólidas en la fase grasa, favoreciendo las características reológicas y la calidad del producto final.

Una vez obtenido el licor de cacao, los ingredientes correspondientes a cada tratamiento experimental fueron pesados individualmente utilizando una balanza digital de precisión, de acuerdo con las formulaciones establecidas en la Tabla 3. La formulación base estuvo constituida por licor de cacao, manteca de cacao, azúcar morena y leche en polvo, mientras que las harinas de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) y de semilla de fruta de pan (Artocarpus altilis (Parkinson)

Fosberg) se incorporaron en las proporciones definidas para cada tratamiento. El pesaje se realizó bajo condiciones controladas para garantizar la exactitud de las formulaciones y la reproducibilidad del proceso experimental.

Los ingredientes previamente pesados fueron incorporados en una conchadora, donde la mezcla fue sometida a un proceso de conchado durante 24 h. Durante esta etapa se promovió la reducción de compuestos volátiles responsables de sabores indeseables, la homogenización de la masa y la disminución del tamaño de las partículas, favoreciendo el desarrollo del aroma, la textura y las propiedades reológicas del chocolate. Al finalizar el proceso, se obtuvo una masa uniforme con la consistencia adecuada para la etapa de temperado. El chocolate conchado se somete a templado para estabilizar los cristales de manteca de cacao. Se calienta hasta 32 ºC y luego se reduce a 27 ºC mediante agitación constante. Este control térmico garantiza brillo, textura homogénea y una correcta solidificación. Con el chocolate templado, se procede a verterlo en moldes limpios y esterilizados. Se distribuye de forma uniforme para evitar burbujas y defectos en la estructura final. Los moldes se llevan a cámaras frías a 10–12 ºC durante 15 a 20 minutos para permitir la solidificación completa del chocolate.

Una vez completado el proceso de solidificación, las tabletas de chocolate fueron desmoldadas y envasadas individualmente en material de empaque apto para alimentos, utilizando una selladora de impulso para asegurar el cierre hermético. Posteriormente, los productos fueron almacenados a una temperatura de 18–20 °C y una humedad relativa inferior al 60 %, condiciones que permitieron preservar sus características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas hasta la realización de los análisis correspondientes (INEN, 2010; Spada et al., 2022).

En la tabla 3 se presenta la formulación correspondiente al tratamiento testigo (T_1), elaborado sin adición de harina de semilla de yaca ni semilla de fruta de pan, el cual fue utilizado como referencia para comparar el comportamiento de las formulaciones con sustitución parcial del chocolate base. En la tabla 4 se detalla la formulación del tratamiento T_2, en el que se incorporó un 2,5 % de harina de semilla de yaca y un 2,5 % de semilla de fruta de pan, sustituyendo parcialmente el chocolate base. Esta formulación permitió evaluar el efecto inicial de la inclusión combinada de ambos ingredientes alternativos en el chocolate.

Tabla 3. *Formulación de chocolate sin adición de harinas alternativas (Testigo).*

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Pasta de cacao	200	40,00
Azúcar morena	150	30,00
Manteca de cacao	100	20,00
Leche en polvo	50	10,00
Harina de semilla de yaca	00	0,00
Harina de semilla de fruta de pan	00	0,00
Total	500	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. *Formulación con 2,5 % de harina de yaca y 2,5 % de semilla de fruta de pan.*

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Pasta de cacao	190,0	38,0
Azúcar morena	142,5	28,5
Manteca de cacao	95,0	19,0
Leche en polvo	47,5	9,5
Harina de semilla de yaca	12,5	2,5
Harina de semilla de fruta de pan	12,5	2,5
Total	500,0	100,0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5 muestra la formulación correspondiente al tratamiento T_3, donde se aplicó una sustitución del 10 % del chocolate base, distribuida equitativamente entre harina

de semilla de yaca y semilla de fruta de pan (5 % cada uno).

Tabla 5. *Formulación con 5 % de harina de yaca y 5 % de semilla de fruta de pan.*

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Pasta de cacao	180	36,0
Azúcar morena	135	27,0
Manteca de cacao	90	18,0
Leche en polvo	45	9,0
Harina de semilla de yaca	25	5,0
Harina de semilla de fruta de pan	25	5,0
Total	500	100

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se presenta la formulación del tratamiento T_4, caracterizada por una sustitución del 15 % del chocolate base, con la incorporación de 7,5 % de harina de semilla de yuca y 7,5 % de semilla de fruta de pan. La tabla 7 corresponde al tratamiento T_5, en el cual se incrementó la proporción de harina de semilla de yaca hasta un 10 %, manteniendo la semilla de fruta de pan en 5 %, con el objetivo de analizar el impacto de una mayor sustitución del Factor A sobre las características del producto final.

Tabla 6. *Formulación con 7,5 % de harina de yaca y 7,5 % de semilla de fruta de pan.*

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Pasta de cacao	170	34,0
Azúcar morena	127,5	25,5
Manteca de cacao	85	17,0
Leche en polvo	42,5	8,5
Harina de semilla de yaca	37,5	7,5
Harina de semilla de fruta de pan	37,5	7,5
Total	500	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. *Formulación con 10 % de harina de yaca y 5 % de semilla de fruta de pan.*

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Pasta de cacao	170	34,0
Azúcar morena	127,5	25,5
Manteca de cacao	85	17,0
Leche en polvo	42,50	8,5
Harina de semilla de yaca	50	10,0
Harina de semilla de fruta de pan	25	5,0
Total	500	100

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, en la tabla 8 se muestra la formulación del tratamiento T_6, donde se incorporó un 10 % de semilla de fruta de pan y un 5 % de harina de semilla de yaca, permitiendo evaluar el efecto de una mayor proporción del Factor B en la calidad tecnológica y sensorial del chocolate.

La población de estudio estuvo conformada por 30 catadores no entrenados, quienes participaron en la evaluación sensorial de los chocolates alternativos elaborados con diferentes proporciones de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semilla de fruta de pan (Artocarpus altilis). La evaluación se realizó mediante una escala hedónica, considerando atributos sensoriales relevantes para productos chocolateros, tales como sabor, aroma, textura, color y aceptabilidad general.

Tabla 8. *Formulación con 5 % de harina de yaca y 10 % de semilla de fruta de pan.*

Materia prima	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Pasta de cacao	170	34,00
Azúcar morena	127,5	25,5
Manteca de cacao	85	17,0
Leche en polvo	42,5	8,5
Harina de semilla de yaca	25	5,0
Harina de semilla de fruta de pan	50	10,0
Total	500	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Los catadores recibieron las muestras codificadas en platillos desechables, bajo condiciones controladas de iluminación y sin información previa sobre la formulación, con el fin de evitar sesgos en la percepción sensorial. La escala hedónica utilizada estuvo conformada por cinco categorías, definidas de la siguiente manera: 5) Me gusta mucho, 4) Me gusta, 3) Regular, 2) Me disgusta, 1) Me disgusta mucho. El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el que la muestra fue determinada por el propio diseño. Se emplearon seis tratamientos, cada

uno con tres réplicas, lo que dio un total de 18 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en una muestra de 5 gramos de chocolate, producida en condiciones controladas.

Todas las muestras de cada tratamiento fueron analizadas en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, incluyendo la acidez titulable, el pH, los grados Brix, CIELAB, la humedad y las cenizas, mientras que los análisis microbiológicos (mohos y levaduras) se realizaron únicamente sobre el mejor tratamiento seleccionado a partir de los resultados sensoriales. Esta investigación se realizó en los laboratorios de la carrera de Agroindustria, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Esta universidad está situada en el kilómetro 7½ del camino Babahoyo-Montalvo, en el cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador; tiene una longitud −79.482843 y una latitud −1.797411. La humedad relativa media es del 82%, lo cual es típico del clima tropical húmedo de la región. Las materias obtenidas para la elaboración del trabajo tanto como el cacao, jackfruit y fruta de pan se cosecharon en la finca Tres Marías, Recinto Puerto Pechiche perteneciente al cantón Pueblo Viejo.

En dichas instalaciones se realizó la elaboración experimental de los chocolates alternativos, el acondicionamiento de las muestras y los análisis fisicoquímicos, sensoriales y los análisis microbiológicos de mohos y levaduras, con el fin de garantizar la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos; y la pruebas de CIELAB se realizaron en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Campus “La María” en el laboratorio de confites y chocolatería. Para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de los chocolates alternativos elaborados con harina de semillas de yaca y fruta de pan, los análisis se realizaron a escala de laboratorio, aplicando métodos normalizados y equipos calibrados.

Los parámetros analizados incluyeron pH, grados Brix, humedad, cenizas y acidez titulable, los cuales permiten caracterizar la estabilidad, calidad e inocuidad del producto. Entre los análisis realizados, se destacan: pH, determinado mediante potenciómetro conforme a la norma NMX-F-317-S-1978. Grados Brix (°Brix), medidos mediante refractómetro según la norma NMX-F-103-1982. Humedad, determinada por el método gravimétrico en estufa a 105 °C, según AOAC.

Cenizas, determinadas por calcinación en mufla a 550 °C, según AOAC. Acidez titulable, determinada por titulación ácido-base con NaOH 0,1 N, según AOAC. CIELAB L* (luminosidad), a* (verde–rojo) y b* (azul–amarillo), mediante colorímetro calibrado con iluminante D65 y observador estándar de 10°. El pH es un parámetro que indica la actividad iónica de los iones hidrógeno (H^+) presentes en una disolución acuosa, permitiendo establecer el carácter ácido o alcalino del producto. Su determinación es fundamental para evaluar la estabilidad química y microbiológica del chocolate.

Para la determinación del pH (método NMX-F-317-S-1978), se pesó 1 g de muestra de chocolate, el cual se colocó en un vaso de precipitación de 100 mL y se adicionaron 50 mL de agua destilada. La mezcla se dejó reposar durante una hora, realizando agitaciones suaves y periódicas. Posteriormente, se midió el pH utilizando un potenciómetro previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10,

registrándose los resultados con un decimal de precisión, AOAC Official Method 970.21. Los grados Brix constituyen una medida que expresa, de manera aproximada, el porcentaje de materia seca disuelta en un líquido. Por ejemplo, una solución de 25

°Brix contiene 25 gramos de sólidos solubles disueltos en 100 gramos de solución total. Esta unidad permite estimar el contenido de azúcares presentes, siendo un indicador relevante del estado de maduración y de la concentración de sólidos solubles en productos alimenticios, siguiendo la norma ISO 2173:2003. Para la determinación se consideró una temperatura ambiente de 20 °C ± 0,5 °C, empleándose un refractómetro debidamente alineado con la fuente de luz.

La medición se realizó colocando de dos a tres gotas de la muestra sobre la placa del refractómetro, expresando los resultados como porcentaje de fracción en masa. Sólidos solubles (NMX-F-103-1982): en un vaso de precipitados se colocó 1 g de muestra, al cual se añadieron 50 mL de agua destilada precalentada a 80 °C. La mezcla se agitó durante 2 minutos en un vórtex y se dejó reposar por 20 minutos. Posteriormente, se centrifugó a 3000 rpm y se tomó una alícuota del sobrenadante para la lectura de los grados °Brix. Los resultados se reportaron con un decimal, realizándose el análisis por triplicado en cada tratamiento.

La acidez titulable representa la cantidad total de ácidos presentes en el producto, expresados como equivalentes de un ácido predominante, y constituye un parámetro importante para evaluar la estabilidad, calidad sensorial y características fisicoquímicas del chocolate, siguiendo la normativa NTE INEN 521: 2013.Se pesó una cantidad de 10g de muestra, la cual fue disuelta en agua destilada. Posteriormente, se tituló con una solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH 0,1 N) utilizando fenolftaleína como indicador, hasta el viraje de color. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido equivalente o miliequivalentes

La determinación del contenido de humedad se realizó de acuerdo con el método AOAC 925.10, el cual consiste en el secado de la muestra en una estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso constante. La pérdida de masa registrada corresponde al contenido de agua presente en la muestra y se expresó como porcentaje en base húmeda. Este parámetro es de gran importancia, debido a que niveles elevados de humedad pueden favorecer el desarrollo microbiano, afectar la estabilidad del producto y modificar negativamente la textura del chocolate. El contenido de cenizas se determinó conforme al método AOAC 923.03, el cual implica la incineración de la muestra en una mufla a 550 °C hasta obtener un residuo inorgánico constante. Dicho residuo representa la fracción mineral total del alimento. La cuantificación de cenizas es fundamental para estimar el aporte de minerales presentes en las formulaciones de chocolate y evaluar la pureza y calidad de los ingredientes utilizados de NaOH por gramo de muestra. El análisis microbiológico se realizó únicamente en el tratamiento seleccionado como de mayor aceptación sensorial, debido a que este representó la formulación con mayor potencial de aplicación como producto final.

Esta decisión se fundamentó en que todas las formulaciones fueron elaboradas bajo las mismas condiciones de procesamiento, manipulación, envasado y almacenamiento, por lo que el análisis de mohos y levaduras se planteó como una verificación de la calidad higiénico-sanitaria del prototipo seleccionado,

y no como una variable destinada a comparar microbiológicamente los seis tratamientos. De esta manera, la evaluación permitió comprobar que la formulación de mayor aceptación sensorial cumpliera condiciones microbiológicas adecuadas para su consideración como producto final.

En el estudio original, efectivamente se estableció que los análisis fisicoquímicos se realizaron en todos los tratamientos, mientras que mohos y levaduras se evaluaron únicamente en el tratamiento seleccionado a partir de los resultados sensoriales, tomando como referencia la NTE INEN 621:2010 para chocolates, que establece para mohos y levaduras n = 5, m = 1,0 × 10^2 UFC/g, M = 1,0 × 10^3 UFC/g y c = 2, mediante el método NTE INEN 1529-10. El color de las muestras de chocolate se determinó mediante un colorímetro portátil calibrado, utilizando el sistema CIE L*a*b* bajo iluminante D65 y observador estándar de 10°. Se realizaron tres mediciones por muestra y se reportó el valor promedio.

Se registraron los parámetros L* (luminosidad), a* (verde–rojo) y b* (azul–amarillo). El procedimiento se efectuó conforme a la norma ISO 11664-4. El análisis sensorial se utilizó para medir e interpretar las respuestas de los catadores La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba hedónica de aceptación con 30 catadores semientrenados, quienes recibieron previamente una orientación sobre el procedimiento de evaluación, los atributos sensoriales considerados y el uso de la escala hedónica. La prueba se desarrolló considerando los principios metodológicos aplicables al análisis sensorial.

Como criterios de inclusión, participaron personas con experiencia en el consumo de chocolate, disponibilidad para participar durante toda la sesión y capacidad para comprender y aplicar la escala de evaluación. Se excluyeron personas que manifestaron alergias, intolerancias o restricciones alimentarias relacionadas con los ingredientes utilizados en las formulaciones. Antes de iniciar la evaluación, los participantes fueron informados sobre el procedimiento de la prueba y manifestaron voluntariamente su consentimiento para participar.

La evaluación se efectuó bajo condiciones controladas, procurando iluminación uniforme, ausencia de olores extraños y condiciones ambientales adecuadas para minimizar interferencias en la percepción sensorial. Las muestras correspondientes a los seis tratamientos se presentaron en porciones individuales, identificadas mediante códigos aleatorios, sin revelar su formulación. El orden de presentación se aleatorizó entre los catadores para reducir posibles efectos de orden y fatiga sensorial. Entre muestras se proporcionó agua para la limpieza del paladar.

Los catadores evaluaron los atributos color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global mediante una escala hedónica de cinco puntos: 5 = me gusta mucho; 4 = me gusta; 3 = regular; 2 = me disgusta; y 1 = me disgusta mucho. bajo la normativa ISO/CIE 11664-4:2019. Prueba hedónica: se empleó para evaluar la aceptación del mejor tratamiento. Los catadores expresaron su reacción individual, indicando el grado de agrado o desagrado hacia el producto. La aceptabilidad del chocolate se fundamentó en la percepción global del consumidor respecto a las propiedades físicas, químicas, textura y calidad sensorial del producto.

Los datos se recolectaron a partir de los tratamientos establecidos en el diseño experimental, considerando los análisis

fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos. Los resultados obtenidos fueron organizados mediante códigos para identificar los seis tratamientos, utilizando una base de datos estructurada. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, empleando el software InfoStat. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0,05$ para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Esta investigación garantiza que los resultados de la creación y las pruebas del chocolate sean correctos y puedan repetirse. La recopilación, el procesamiento y el análisis de datos se manejan con cuidado, demostrando dedicación ética. Además, se tomaron medidas estrictas para mantener la privacidad de los datos de las pruebas sensoriales, físicas, químicas y microbianas, y se gestionó responsablemente la información de las pruebas. El desarrollo del estudio se llevó a cabo bajo criterios de transparencia, objetividad y rigor metodológico, garantizando la validez de los resultados y la integridad del trabajo investigativo.

Resultados y Discusión

Los resultados presentados en la Tabla 9 evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las formulaciones para las variables fisicoquímicas evaluadas. En términos generales, la incorporación de harinas de semillas de yaca y harina de semilla de fruta de pan produjo cambios en las características del chocolate respecto tratamiento control. En los sólidos solubles totales (°Brix), los valores variaron entre 43,56 y 43,44 °Brix. El tratamiento control (T1) presentó el valor más alto, mientras que T6 registró el menor. A pesar de encontrarse diferencias estadísticas entre los tratamientos, la variación entre ambos extremos fue de apenas 0,12 °Brix, lo que muestra que el efecto sobre esta variable fue reducido en términos absolutos. El pH presentó una disminución desde 5,90 en T1 hasta 5,50 en T6. Este comportamiento muestra que la modificación de las proporciones de los ingredientes influyó en el equilibrio ácido-base de la matriz de chocolate. La diferencia de 0,40 unidades entre ambos tratamientos confirma que las formulaciones con harinas alternativas presentaron características distintas respecto al control.

En cuanto a la humedad, los valores se encontraron entre 1,68 y 1,85 % mostrando diferencias entre las formulaciones estudiadas. Por su parte, el contenido de cenizas disminuyó desde 2,48 % en T1 hasta 2,10 % en T6. Estos resultados sugieren que la modificación de las proporciones de las materias primas tuvo incidencia sobre la composición fisicoquímica del producto final. La acidez titulable presentó un comportamiento similar, con valores que disminuyeron de 1,65 % en el tratamiento control a 1,35 % en T6. En conjunto, los resultados muestran que la incorporación de las harinas de semillas de yaca y fruta de pan modificó significativamente las propiedades fisicoquímicas de chocolates, aunque que la magnitud de los cambios fue diferente para cada variable evaluada. Los bajos coeficientes de variación registrados reflejan una reducida dispersión de los resultados respecto a sus medias, lo que indica una adecuada consistencia de las determinaciones experimentales.

En la tabla 9 se observa una ligera disminución en °Brix, pH, humedad, cenizas y acidez conforme avanzan los tratamientos de T1 a T6. Los coeficientes de variación son bajos, lo que refleja consistencia en los datos, mientras que las pruebas estadísticas confirmen diferencias significativas en la mayoría de las variables

analizadas. Los resultados presentados en la Tabla 10 mostraron que las diferencias entre las formulaciones se concentraron en el parámetro de luminosidad (L*), el cual presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Tabla 9. *Efecto de la sustitución parcial con harinas de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y fruta de pan (Artocarpus altitis) sobre las propiedades fisicoquímicas del chocolate.*

Tratamientos			**Variables**		
Formulaciones	**°Brix**	**pH**	**Humedad**	**Cenizas**	**Acidez**
T1	*43,56*	*5,90*	*1,85*	*2,48*	*1,65*
T2	*43,54*	*5,82*	*1,8*	*2,4*	*1,58*
T3	*43,52*	*5,74*	*1,76*	*2,32*	*1,52*
T4	*43,50*	*5,68*	*1,73*	*2,25*	*1,48*
T5	*43,47*	*5,60*	*1,7*	*2,18*	*1,42*
T6	*43,44*	*5,50*	*1,68*	*2,1*	*1,35*
CV	*0,04*	*0,33*	*1,07*	*0,87*	*1,33*
DMS	*0,0475*	*0,0513*	*0,05131*	*0,05485*	*0,0548*
EEM ±	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,01*
Probabilidad	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001
<0,05			<0,0001		

Fuente: Elaboración propia.

En contraste, las coordenadas cromáticas a* y b* no registraron diferencias significativas entre los tratamientos (< 0,05). La luminosidad disminuyó conforme se incrementó la incorporación de harinas de semilla de yaca y harina de semillas de fruta de pan. El tratamiento control (T1) presentó el mayor valor de L* (30,89), mientras que T6 registró el menor (29,50). Esta reducción de 1,39 unidades evidencia una disminución gradual de la luminosidad, asociada con una apariencia más oscura de las formulaciones con mayor incorporación de las harinas estudiadas.

Para la coordenada a*, los valores oscilaron entre 9,37 y 10,02 sin diferencias estadísticas entre las formulaciones. De esta manera similar, b* presentó valores comprendidos entre 7,37 y 7,94, manteniéndose estadísticamente comparable entre los tratamientos. Estos resultados indican que las modificaciones realizadas en la formulación no generaron cambios estadísticamente detectables en los componentes cromáticos correspondientes a los ejes rojos-verde (a*) y amarillo-azul (b*). Los bajos coeficientes de variación encontrados para las tres coordenadas reflejan una reducida dispersión de las mediciones. En conjunto, los resultados muestran que la incorporación de las harinas tuvo mayor incidencia sobre la luminosidad del chocolate, mientras que las coordenadas a* y b* permanecieron relativamente estables entre las formulaciones evaluadas. La Tabla 10 presenta el efecto de la sustitución parcial con harinas de semilla de yaca y fruta de pan sobre las coordenadas CIELAB del chocolate.

Se observa una disminución progresiva en la luminosidad (L) y en los valores de a y b* a medida que avanzan los tratamientos de T1 a T6, indicando un chocolate más oscuro y con menor intensidad de color. El análisis estadístico muestra significancia en L, mientras que a y b* no presentan diferencias relevantes. La evaluación sensorial del color mostró una buena aceptación para todas las formulaciones de chocolate, con valores medios de 4,0 o superiores en la escala hedónica de cinco puntos. Estos resultados indican que los participantes valoraron positivamente el atributo visual, independientemente de la proporción de las harinas estudiadas.

Tabla 10. *Efecto de la sustitución parcial con harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y fruta de pan (Artocarpus altilis) sobre las coordenadas CIELAB (L*, a*, b*) del chocolate.*

Formulaciones	L	a		b	
T1	30,89	10,02		7,94	
T2	30,87	9,85		7,74	
T3	29,90	9,73		7,62	
T4	29,82	9,72		7,71	
T5	29,57	9,67		7,51	
T6	29,50	9,37		7,37	
CV	1,77	2,71		5,71	
DMS	1,45916	0,72272		1.1999	
EEM ±	0,31	0,15		0,25	
Probabilidad					
<0,05	0,0192	*0,1549	ns	0,6838	ns

Fuente: Elaboración propia.

La muestra de control (T1) obtuvo una puntuación media de aproximadamente 4,1, mientras que la T2 registró un valor ligeramente inferior a 4,0. A partir de la T3 se observó un aumento numérico en las valoraciones, alcanzándose un valor cercano a 4,2. Esta tendencia continuó en las muestras T4 y T5, que registraron valores aproximados de 4,3 y 4,4, respectivamente. La muestra T6 presentó la media numérica más alta, con cerca de 4,5 puntos, lo que demuestra una valoración positiva del color en la formulación con mayor contenido de harina. El resultado pone de manifiesto que la incorporación de harina de semilla de yaca y harina de semilla de fruta del pan no afectó negativamente a la aceptación visual del chocolate bajo las condiciones estudiadas. De hecho, las puntuaciones numéricas más elevadas correspondieron a las formulaciones con las mayores proporciones de estas harinas. En conjunto, los resultados sugieren que todas las formulaciones presentaron una aceptación sensorial adecuada en cuanto al color, situándose en el rango positivo de la escala hedónica utilizada.

Aunque se observaron diferencias numéricas entre las variantes, estas no deben interpretarse como estadísticamente significativas a menos que se confirmen mediante el análisis estadístico correspondiente. La Figura 2 muestra los valores medios obtenidos para el atributo «color» en las variantes T1 a T6, evaluadas por 30 participantes en una escala hedónica de cinco puntos; esto permite visualizar las tendencias de aceptación sensorial en función de las distintas formulaciones.

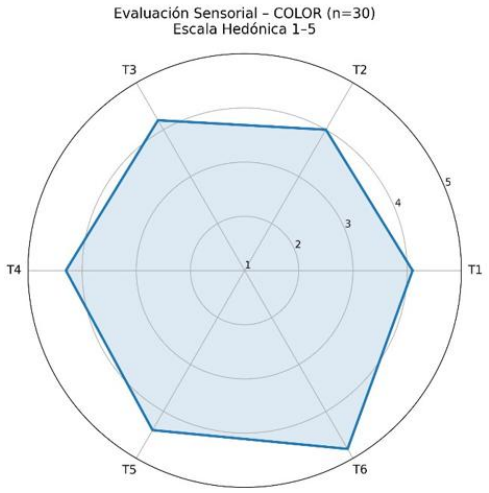


Figura 2. *Evaluación sensorial del atributo color en chocolates con sustitución parcial de harinas alternativas.*

Fuente: elaboración propia.

La Figura 2 muestra la evaluación sensorial del atributo color, los resultados reflejan variaciones en la aceptación del color entre los tratamientos T1 a T6, con una tendencia a disminuir la preferencia conforme aumenta la sustitución. El gráfico radar permite visualizar claramente las diferencias en percepción,

destacando la influencia de las harinas en la apariencia del producto en el T6. La evaluación sensorial del aroma mostró una aceptación favorable en todas las variantes de chocolate, con puntuaciones promedio que oscilaron aproximadamente entre 3,9 y 5,0 en una escala hedónica de cinco puntos.

En conjunto, estos resultados indican una valoración positiva de las propiedades aromáticas de las muestras por parte de los 30 participantes. La muestra de control (T1) obtuvo una calificación cercana a 3,9, mientras que la muestra T2 alcanzó aproximadamente 4,2, lo que representa un aumento en la preferencia respecto al control. La muestra T3 recibió una calificación cercana a 4,0, manteniéndose así también dentro del rango de aceptación sensorial favorable. Las variantes con una mayor proporción de ingredientes añadidos lograron calificaciones elevadas. La muestra T4 alcanzó aproximadamente 4,5 puntos, mientras que la calificación de la muestra T5 se situó entre 4,2 y 4,3. La muestra T6 presentó la media numérica más alta, con un valor cercano a 5,0, sin que esta diferencia descriptiva implique significancia estadística.

En resumen, los resultados demuestran que la incorporación de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semilla de fruta del pan (Artocarpus altilis) en niveles de hasta el 15 % no comprometió la aceptación sensorial del aroma del chocolate. Por el contrario, las variantes con mayores proporciones de ingredientes añadidos mantuvieron calificaciones favorables, destacando descriptivamente la muestra T6 por presentar la media numérica más alta en este parámetro. Esta tendencia indica que la modificación en la composición fue sensorialmente compatible con las características aromáticas del producto, sin reducir el nivel de preferencia expresado por los participantes. No obstante, las diferencias en las calificaciones deben interpretarse como tendencias numéricas de aceptabilidad más que como diferencias definitivas, a menos que estén respaldadas por significancia estadística entre las variantes.

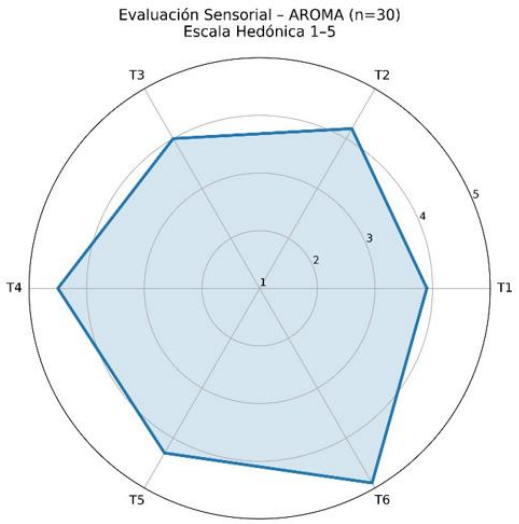


Figura 3. *Evaluación sensorial del atributo aroma en chocolates con sustitución parcial de harinas alternativas.*

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 ilustra las puntuaciones promedio obtenidas para el parámetro de aroma en las variantes T1 a T6, según la valoración de 30 participantes mediante una escala hedónica de cinco puntos. El gráfico visualiza el nivel de aceptación sensorial de cada variante y demuestra que todas lograron calificaciones favorables. Asimismo, se evidencia que las variantes con una mayor proporción de ingredientes añadidos mantuvieron un nivel satisfactorio de aceptación del aroma, destacando la muestra T6 por alcanzar la puntuación promedio más alta bajo las condiciones de evaluación establecidas. La evaluación sensorial del sabor arrojó una aceptación positiva para todas las formulaciones de chocolate, con valores

promedio superiores a 3,8 en la escala hedónica de cinco puntos. En conjunto, los resultados demuestran que las modificaciones realizadas en la receta permitieron obtener una valoración positiva del sabor por parte de los 30 participantes.

La variante de control (T1) obtuvo un promedio cercano a 4,1, lo que refleja una aceptación adecuada del sabor de la formulación sin la adición de las harinas estudiadas. Por su parte, la variante T2 presentó un valor de entre 3,8 y 3,9; aunque fue el valor numéricamente más bajo entre las variantes, se mantuvo dentro del rango de aceptación positiva. A partir de la variante T3 se observó un aumento en las puntuaciones sensoriales. Esta variante alcanzó entre 4,6 y 4,7 puntos, mientras que la T4 se situó cerca de 4,5; ambas presentaron, por tanto, las medias numéricas más altas de aceptación del sabor.

Estos resultados indican que la incorporación de harina de semilla de yaca y harina de semilla de fruta del pan fue compatible con una percepción positiva de este atributo sensorial. La variante T5 registró un valor cercano a 4,2, mientras que la T6 alcanzó unos 4,4 puntos. Así, incluso las formulaciones con las mayores cantidades añadidas mantuvieron una alta aceptación, sin que se observara una disminución progresiva de la preferencia por el sabor a medida que aumentaba la proporción de harina. En resumen, los resultados sugieren que la adición de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semilla de fruta del pan (Artocarpus altilis) en proporciones de hasta el 15 % no afectó negativamente a la aceptación sensorial del sabor del chocolate. La alta valoración observada en T3 y T4, así como la aceptación positiva en T5 y T6, sugieren que la modificación de la formulación permitió mantener unas características de sabor aceptables bajo las condiciones estudiadas. No obstante, las diferencias observadas entre los valores deben interpretarse como variaciones numéricas en la aceptación, siempre que no estén respaldadas por un análisis estadístico adecuado.

La Figura 4 muestra las medias obtenidas para el atributo sabor en los tratamientos T1–T6, evaluados por 30 participantes mediante una escala hedónica de cinco niveles. La representación gráfica permite comparar la aceptación sensorial de las distintas formulaciones; en ella destacan T3 y T4 por presentar las medias más elevadas, si bien el resto de los tratamientos también obtuvieron valoraciones positivas de manera consistente.

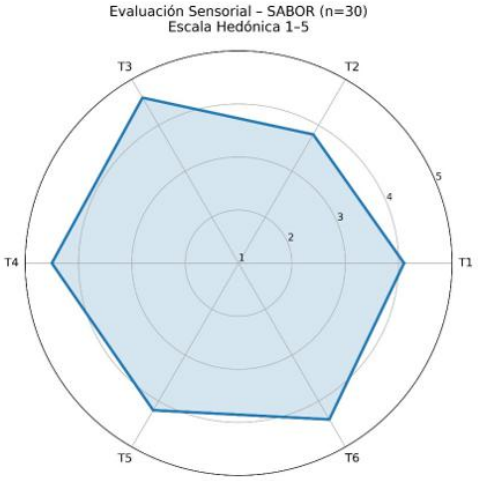


Figura 4. *Aceptación sensorial del atributo «sabor» en chocolates elaborados con diferentes proporciones de harina de semilla de yaca y harina de semilla de fruta del pan.*

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 muestra los resultados y se evidencian diferencias claras entre los tratamientos: T3 presentó la media numérica más alta en sabor, mientras que las demás formulaciones mostraron variaciones descriptivas; estas diferencias no deben

interpretarse como significativas sin una prueba estadística específica. El gráfico radar permite visualizar estas variaciones, destacando cómo el nivel de sustitución del T6 influye directamente en la preferencia gustativa del producto.

La evaluación sensorial de la textura reveló una aceptación favorable para todas las formulaciones de chocolate, con puntuaciones medias cercanas o superiores a 4,0 en la escala hedónica de cinco puntos. En conjunto, estos resultados reflejan una valoración positiva de este atributo por parte de los 30 participantes y demuestran que las distintas formulaciones mantuvieron características de textura sensorialmente aceptables. El tratamiento de control (T1) obtuvo una puntuación media de aproximadamente 4,2, lo que indica una aceptación satisfactoria de la textura del chocolate sin la adición de las harinas estudiadas. Para el T2, la evaluación alcanzó cerca de 4,7 puntos, mientras que el T3 obtuvo una puntuación cercana a 4,0, siendo esta la calificación más baja entre las formulaciones evaluadas.

Por su parte, el T4 alcanzó unos 4,3 puntos, evidenciando nuevamente una valoración favorable de este atributo. La puntuación media más alta se registró en el T5, con cerca de 4,8 puntos, seguido por el T2. A su vez, el T6 obtuvo una calificación cercana a los 4,4 puntos, manteniéndose también en un nivel elevado de aceptación. Las observaciones indican que las formulaciones que incorporaban harina de semillas de yaca y harina de semillas de árbol del pan conservaron una percepción favorable de la textura, incluidas aquellas con mayores proporciones de estos ingredientes. En general, las puntuaciones obtenidas señalan que la incorporación de harina de semillas de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semillas de árbol del pan (Artocarpus altilis), en proporciones de hasta el 15 %, permitió mantener una aceptación favorable de la textura en las formulaciones evaluadas.

Algunas formulaciones obtuvieron puntuaciones numéricamente superiores a las del tratamiento de control, destacando el T5 por alcanzar la calificación media más alta. Estos resultados sugieren que la incorporación de las harinas estudiadas fue compatible con una percepción favorable de la textura del chocolate bajo las condiciones experimentales establecidas. No obstante, las variaciones observadas deben interpretarse como diferencias numéricas en el grado de aceptación, a la espera de un análisis estadístico que permita determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

La figura 5 presenta las puntuaciones medias obtenidas para el atributo «textura» en los tratamientos T1 a T6, evaluados por 30 participantes mediante una escala hedónica de cinco puntos. La representación gráfica permite visualizar las variaciones en el grado de aceptación sensorial entre las formulaciones; los tratamientos T5 y T2 destacan por presentar las puntuaciones medias más elevadas, mientras que los demás tratamientos mantuvieron valoraciones favorables.

La Figura 5 muestra la evaluación sensorial del atributo textura entre los tratamientos T1 a T6. De acuerdo con las medias reportadas, T5 presentó la media numérica más alta, seguido de T2, mientras que T6 mantuvo una valoración favorable. Estas diferencias se interpretan de forma descriptiva y no como diferencias estadísticamente significativas. La evaluación de la aceptación general reveló diferencias entre los participantes del panel, aunque, en términos generales, todos valoraron positivamente las formulaciones analizadas. Todas las muestras

obtuvieron una puntuación superior a 3,8 en una escala hedónica de 1 a 5, lo que indica una percepción positiva del producto. La muestra de control (T1) alcanzó una puntuación cercana a 4,2, lo que demuestra una buena aceptación del chocolate base. En la muestra T2 se observó un ligero descenso hasta situarse en torno a los 3,9 puntos. La valoración volvió a aumentar con la muestra T3, alcanzando casi 4,3 puntos. La muestra T4 obtuvo una de las puntuaciones más altas, rozando los 4,6 puntos, lo que refleja una mayor preferencia por parte de los participantes.

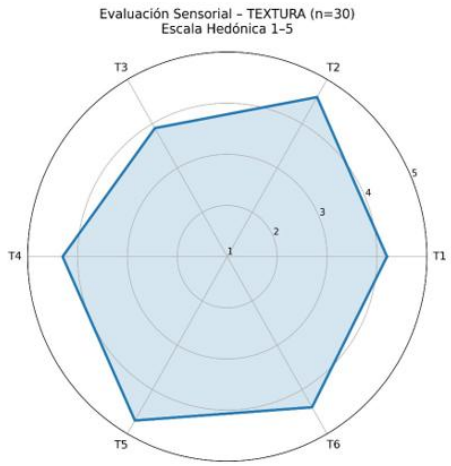


Figura 5. *Evaluación sensorial del atributo textura en chocolates con sustitución parcial de harinas alternativas.*

Fuente: Elaboración propia.

La muestra T5 alcanzó una puntuación de alrededor de 4,1, mientras que T6 presentó la media numérica más alta, cercana a 4,7 puntos. Esta diferencia se interpreta de forma descriptiva y no como evidencia de superioridad estadística. En conjunto, los resultados indican que la aceptación general no se vio afectada negativamente por la sustitución parcial del chocolate base por harina de semilla de yaca y harina de fruto del pan. Por el contrario, algunas formulaciones con una mayor proporción de estas harinas tendieron a aumentar la preferencia general, manteniéndose en el rango de «me gusta» de la escala hedónica utilizada. La Figura 6 muestra la valoración de los chocolates con sustitución parcial por harinas alternativas mediante una escala hedónica de 1 a 5 (basada en 30 participantes) y compara las muestras T1 a T6 en cuanto a su aceptación general.

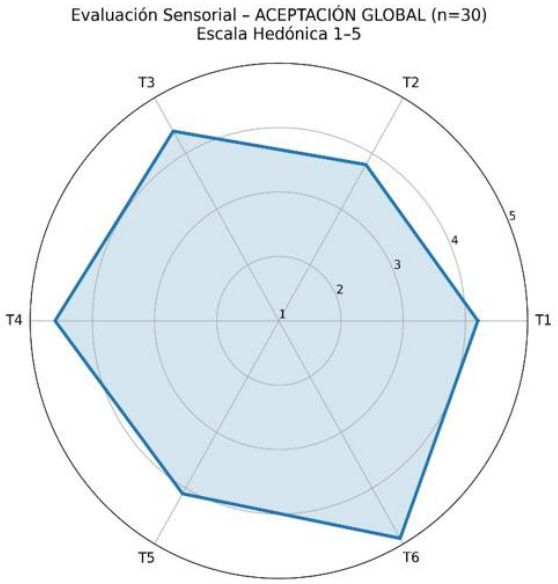


Figura 6. *Evaluación sensorial del atributo aceptación global en chocolates con sustitución parcial de harinas alternativas.*

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 presenta la evaluación sensorial de la aceptación global, los resultados muestran que los tratamientos T4 y T6 presentaron las medias numéricas más altas de aceptación; estas diferencias se describen únicamente como tendencias, sin atribuirles significancia estadística. El gráfico radar evidencia cómo la sustitución influye en la percepción general del producto, destacando las formulaciones con mejor aceptación por parte de los consumidores. El análisis microbiológico de la formulación seleccionada arrojó recuentos bajos de mohos y levaduras en las tres réplicas analizadas. Para

los mohos se determinaron valores de 6, 8 y 5 UFC/g, lo que corresponde a una media de 6,33 UFC/g. En el caso de las levaduras, los valores fueron de 7, 6 y 4 UFC/g, con una media de 5,67 UFC/g.

Como se observa en la Tabla 11, los recuentos obtenidos mostraron escasas variaciones entre las tres réplicas; además, los valores registrados, tanto para mohos como para levaduras, se situaron por debajo del valor de referencia de 10^2 UFC/g utilizado para la evaluación microbiológica del producto. Las medias obtenidas representaron el 6,33 % y el 5,67 % de dicho valor de referencia, respectivamente, lo que indica una baja carga de los microorganismos analizados en la formulación seleccionada. Estos resultados constituyen un indicador positivo de las condiciones higiénicas durante la fabricación y manipulación de la formulación analizada.

Asimismo, los bajos recuentos sugieren que, bajo las condiciones del estudio, no se produjo una proliferación significativa de mohos o levaduras en las muestras examinadas. No obstante, estos resultados deben interpretarse específicamente en el contexto de los microorganismos analizados y de la formulación seleccionada; por tanto, no es admisible una generalización automática a todas las formulaciones fabricadas. Del mismo modo, el análisis de mohos y levaduras representa únicamente una verificación microbiológica específica y no constituye, por sí solo, una prueba exhaustiva de la seguridad del producto. La incorporación de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semilla de fruta de pan (Artocarpus altilis) produjo modificaciones en las propiedades fisicoquímicas del chocolate, aunque la magnitud de los cambios dependió de la variable analizada. Este comportamiento resulta coherente con la naturaleza composicional de las materias primas incorporadas, debido a que ambas aportan carbohidratos complejos y componentes con propiedades funcionales diferentes de los ingredientes convencionales del chocolate.

En particular, las harinas y almidones derivados de Artocarpus presentan propiedades de absorción de agua y comportamiento tecnológico que pueden modificar las características de una matriz alimentaria cuando se utilizan como ingredientes de sustitución. Tulyathan et al. (2002) reportaron una capacidad de absorción de agua de 205 % para harina de semilla de yaca, mientras que Mohammed et al. (2024) destacan que sus propiedades funcionales dependen de la composición y del nivel de incorporación en el alimento.

Tabla 11. *Recuento de mohos y levaduras en chocolate reformulado y verificación de cumplimiento según normativa ecuatoriana.*

Parámetros	Rep 1 (UFC/g)	Rep 2 (UFC/g)	Rep 3 (UFC/g)	Media (UFC/g)	Límite de referencia
Mohos	6	8	5	6,33	NTE INEN621:2010:m=1,0x10^{2}M=1,0X10^{3}UFC/g
Levaduras	*7*	*6*	*4*	*5,67*	NTE INEN621:2010:m=1,0x10^{2}M=1,0X10^{3}UFC/g

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los sólidos solubles, se observó una variación mínima entre las formulaciones, oscilando entre 43,56 °Brix en T1 y 43,44 °Brix en T6. La diferencia absoluta de tan solo 0,12 °Brix indica que la modificación de la formulación tuvo un impacto insignificante en este parámetro. Este comportamiento puede atribuirse a la sustitución parcial de ciertos

componentes de la formulación por ingredientes ricos en carbohidratos estructurales y almidón. No obstante, dada la complejidad de la matriz del chocolate, la medición en °Brix debe interpretarse con cautela: principalmente como una estimación instrumental de los sólidos solubles en la preparación analizada y no como una determinación directa del contenido total de azúcar.

Según la literatura especializada, la harina de semilla de yaca contiene una proporción considerable de almidón y presenta propiedades funcionales específicas; asimismo, el fruto del pan constituye una fuente importante de carbohidratos complejos y almidón, ofreciendo un potencial tecnológico para la formulación de alimentos (Mukprasirt y Sajjaanantakul, 2004). El pH disminuyó progresivamente, pasando de 5,90 (T1) a 5,50 (T6); esto demuestra que el aumento de la proporción de harinas añadidas conllevó una modificación del equilibrio ácido-base de la matriz. Este resultado reviste importancia tecnológica, dado que existe un vínculo entre la acidez del cacao y las propiedades sensoriales del chocolate.

Al estudiar chocolates elaborados a partir de cacaos de diversos orígenes, Jinap et al. (1995) demostraron que el pH, la acidez titulable y los ácidos orgánicos varían según la materia prima y pueden asociarse a diferencias en el perfil de sabor, si bien no establecieron una relación lineal simple entre dichos parámetros y la evaluación sensorial. Por consiguiente, el descenso del pH observado en el presente estudio debe interpretarse principalmente como una consecuencia de la modificación de la formulación, y no como una prueba directa de una mejora o alteración del sabor. El contenido de humedad también disminuyó gradualmente, pasando del 1,85 % en T1 al 1,68 % en T6. Aunque esta diferencia fue pequeña, el cambio podría estar relacionado con las distintas propiedades de interacción con el agua de los componentes añadidos. En este sentido, Tulyathan et al. (2002) señalaron la elevada capacidad de absorción de agua de la harina de semilla de yaca, mientras que Mehta et al. (2023) demostraron que las propiedades funcionales del almidón de fruta del pan dependen de su estructura y del procesamiento al que se ha sometido.

Recientemente, Mohammed et al. (2024) confirmaron que la harina de semilla de yaca posee propiedades de retención de agua relevantes para su uso como ingrediente alimentario. Estos resultados previos ofrecen una explicación tecnológica plausible para los cambios observados; no obstante, dado que en el presente estudio no se midieron directamente la capacidad de retención de agua ni la actividad de agua (valor aw), no es posible determinar con certeza el mecanismo subyacente.

El contenido de cenizas disminuyó, pasando del 2,48 % en la muestra de control al 2,10 % en el tratamiento T6, mientras que la acidez titulable bajó de 1,65 a 1,35. Estas variaciones reflejan el efecto de modificar simultáneamente las proporciones de pasta de cacao, leche y otros ingredientes de la formulación para incorporar las harinas de Artocarpus. Por consiguiente, la disminución del contenido de cenizas no debe interpretarse necesariamente como una pérdida de calidad, sino más bien como una modificación de la composición mineral global derivada de las distintas materias primas utilizadas Mehta et al. (2023) determinaron que el fruto del árbol del pan y sus derivados contienen minerales como potasio, calcio y hierro, al tiempo que señalaron una gran variabilidad en la composición según el cultivar, el proceso de transformación y el tipo de producto. Por tanto, sería necesario realizar

un análisis mineral específico para determinar qué elementos son los responsables de las diferencias observadas en el contenido de cenizas del chocolate reformulado. Las mediciones instrumentales del color revelaron un comportamiento particularmente interesante. El valor L* disminuyó, pasando de 30,89 (T1) a 29,50 (T6), mientras que los valores a* y b* no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Así, el efecto principal de la reformulación sobre el color se tradujo en una reducción de la luminosidad, es decir, un aspecto ligeramente más oscuro sin modificaciones estadísticamente demostrables en los componentes rojo-verde y amarillo-azul.

Este comportamiento concuerda con los resultados de Aranguren y Marcovich (2023), quienes demostraron que la composición, el contenido de grasa y la distribución del tamaño de partícula podían influir significativamente tanto en el aspecto como en los parámetros colorimétricos instrumentales del chocolate negro. Por consiguiente, la variación del valor L* observada en este estudio puede atribuirse a la modificación de la composición de la fase sólida y a su interacción con la fase grasa, aunque se requieren análisis de la granulometría y de la microestructura para determinar con precisión el mecanismo subyacente.

El uso de harina de semillas de yaca también resulta relevante desde el punto de vista aromático. Spada et al. (2021) identificaron, en semillas de yaca tostadas, numerosos compuestos volátiles asociados a aromas de tostado y que recuerdan al cacao, en particular diversas pirazinas; en dicho estudio, las semillas fermentadas y posteriormente tostadas presentaron el perfil más similar al del cacao. Esta observación resulta especialmente interesante al compararla con los resultados sensoriales obtenidos en la presente investigación, en la que las formulaciones que contenían las harinas estudiadas mantuvieron una aceptabilidad favorable en cuanto al aroma. No obstante, dado que no se realizó ninguna cromatografía de compuestos volátiles en el marco de este trabajo, no es posible atribuir las puntuaciones sensoriales obtenidas a compuestos aromáticos específicos. La evaluación sensorial confirmó que la incorporación de las harinas no provocó una pérdida de aceptación general.

En cuanto al aroma, todas las formulaciones obtuvieron valoraciones positivas, siendo la T6 la que presentó la media numérica más alta. Respecto al sabor, las muestras T3 y T4 obtuvieron los mejores resultados, mientras que la T5 y la T2 lograron las puntuaciones más altas en textura. Este resultado demuestra que la respuesta sensorial no guardaba una relación lineal con la proporción añadida; es decir, un aumento en la cantidad de harina no conllevaba necesariamente un incremento o descenso uniforme de la aceptación.

Esta observación concuerda con los resultados de Mohammed et al. (2024), quienes, tras analizar diversas aplicaciones de harina de semilla de yaca en alimentos, concluyeron que es preciso optimizar la proporción de incorporación, dado que los efectos tecnológicos y sensoriales dependen tanto de la concentración como de la matriz alimentaria. Respecto a la calidad microbiológica, el tratamiento seleccionado presentó recuentos medios de 6,33 UFC/g para mohos y 5,67 UFC/g para levaduras, valores inferiores al nivel de aceptación $m = 1,0 \times 10^2$ UFC/g establecido para mohos y levaduras en chocolates por la NTE INEN 621:2010 ($M = 1,0 \times 10^3$ UFC/g; método NTE INEN 1529-10). Los bajos recuentos observados evidencian una calidad microbiológica favorable de la

formulación analizada para los microorganismos evaluados. De acuerdo con la NTE INEN 621:2010 (INEN, 2010), los chocolates deben cumplir criterios microbiológicos establecidos para garantizar condiciones adecuadas de calidad sanitaria. En este sentido, los valores obtenidos se encontraron por debajo del límite de referencia considerado para mohos y levaduras, lo que evidencia un comportamiento microbiológico satisfactorio del producto bajo las condiciones de elaboración y almacenamiento evaluadas (INEN, 2010).

En conjunto, los resultados fisicoquímicos, instrumentales y sensoriales evidencian que la incorporación conjunta de harina de semilla de yaca y harina de semilla de fruta de pan hasta un 15 % es tecnológicamente factible bajo las condiciones estudiadas. La reformulación modificó principalmente el pH, la humedad, las cenizas, la acidez titulable y la luminosidad, mientras que la variación de °Brix fue de pequeña magnitud y las coordenadas a* y b* permanecieron estadísticamente estables. Paralelamente, las formulaciones conservaron valoraciones sensoriales favorables, aunque el tratamiento con mayor aceptación dependió del atributo evaluado.

En consecuencia, los resultados no sustentan que exista una única formulación superior en todos los parámetros, sino que demuestran la posibilidad de incorporar derivados de Artocarpus manteniendo características fisicoquímicas y sensoriales compatibles con el desarrollo de un chocolate reformulado. La incorporación de harina de semillas de yaca (Artocarpus heterophyllus) y de fruta del pan (Artocarpus altilis) en chocolate elaborado con cacao Nacional representa una oportunidad para la innovación y diversificación de productos agroindustriales. Los resultados obtenidos indican que la adición de hasta un 15 % de estas materias primas permitió lograr una buena aceptación sensorial, lo que subraya su potencial como ingredientes para el desarrollo de nuevas formulaciones. El aprovechamiento de las semillas de yaca resulta especialmente relevante, ya que su transformación en harina permite utilizar una materia prima hasta ahora subutilizada y generar productos de mayor valor añadido, aplicables en diversos sectores de la industria alimentaria (Fabil et al., 2024).

Del mismo modo, la transformación de la fruta del pan en harina amplía las posibilidades para su conservación, procesamiento posterior y uso en nuevos productos alimenticios. Diversos estudios sobre la harina de fruta del pan han confirmado su idoneidad tecnológica y sensorial en nuevas formulaciones, respaldando su potencial como ingrediente para desarrollar alimentos con valor añadido (Clark y Aramouni, 2018; Nochera y Ragone, 2019).

En este contexto, el uso combinado de ambos tipos de harina en la elaboración de chocolate constituye una estrategia prometedora para diversificar el aprovechamiento de materias primas tropicales, reducir su subutilización y fomentar enfoques orientados a la creación de valor agroindustrial y a la economía circular. No obstante, su implementación a escala industrial requiere investigaciones adicionales sobre la vida útil, las propiedades reológicas, la composición nutricional, los costes y la escalabilidad del proceso.

Conclusiones

La incorporación de harina de semilla de yaca (Artocarpus heterophyllus) y harina de semilla de fruta del pan (Artocarpus altilis) en proporciones de hasta el 15 % modificó las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chocolate, cumpliendo así con el objetivo de la

investigación. Las formulaciones presentaron diferencias en cuanto a pH, humedad, contenido de cenizas, acidez titulable y luminosidad (L*), mientras que las variaciones en los valores de °Brix fueron mínimas y las coordenadas de color a* y b* se mantuvieron relativamente estables. Estos resultados demuestran que el uso de las harinas estudiadas es tecnológicamente compatible con la elaboración del producto bajo las condiciones experimentales evaluadas.

La evaluación sensorial, realizada con 30 participantes, mostró una aceptación positiva de las formulaciones en cuanto a los atributos de color, aroma, sabor y textura. La respuesta sensorial varió según la formulación y el atributo analizado; no se observó una relación lineal entre el porcentaje de incorporación y el grado de aceptación. No obstante, la formulación T6 con una proporción total del 15 % (5 % de harina de semilla de yaca y 10 % de harina de semilla de fruta del pan) presentó la media numérica más alta en aceptación general (4,6/5); este resultado se interpreta de manera descriptiva, sin afirmar superioridad estadística frente a las demás formulaciones.

En la formulación seleccionada, los recuentos de mohos (6,33 UFC/g) y levaduras (5,67 UFC/g) fueron inferiores al nivel de aceptación m = 1,0 × 10^2 UFC/g establecido para mohos y levaduras en chocolates por la NTE INEN 621:2010 (M = 1,0 × 10^3 UFC/g; método NTE INEN 1529-10). La principal contribución del estudio radica en demostrar la viabilidad de incorporar conjuntamente derivados de semillas de yaca y de fruta del pan en una matriz de chocolate a base de cacao Nacional, aportando evidencias experimentales sobre su comportamiento fisicoquímico, instrumental y sensorial. Asimismo, el uso de estas materias primas constituye una alternativa para la diversificación de productos derivados del cacao y para la valorización agroindustrial de recursos vegetales hasta ahora poco aprovechados, con potencial de aplicación en estrategias de innovación y en la economía circular. No obstante, su implementación a escala industrial requiere investigaciones adicionales sobre la vida útil, las propiedades reológicas, la composición nutricional, la escalabilidad y la viabilidad económica.

Referencias Bibliográficas

Aranguren, M., & Marcovich, N. (2023). How recent approaches to improve the nutritional quality of chocolate affect processing and consumer acceptance. *Current Opinion in Food Science, 50*, Artículo 100988. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.100988

Balcázar, C., Castro, E., Muñoz, L., Cayo, I., & Velayarce, F. (2023). Food Technology forecasting: A based bibliometric update in functional chocolates. *Heliyon, 9*(9), Artículo e19578. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19578

Clark, E., & Aramouni, F. (2018). Evaluation of quality parameters in gluten-free bread formulated with breadfruit (Artocarpus altilis) flour. *Journal of Food Quality, 2018*, Artículo 1063502. https://doi.org/10.1155/2018/1063502

Colonges, K., Jimenez, J.-C., Saltos, A., Seguine, E., Loor Solorzano, R. G., Fouet, O., Argout, X., Assemat, S., Davrieux, F., Cros, E., Boulanger, R., & Lanaud, C. (2021). Two main biosynthesis pathways involved in the synthesis of the floral aroma of the Nacional cocoa variety. *Frontiers in Plant Science, 12*, Artículo 681979. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.681979

Fabil, M., Dubey, P. K., Roy, S., & Sharma, M. (2024). Jackfruit seed valorization: A comprehensive review of nutritional potential, value addition, and industrial applications. *Food and Humanity, 3*, Artículo 100406. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100406

Goya, L., Kongor, J. E., & de Pascual-Teresa, S. (2022). From cocoa to chocolate: Effect of processing on flavanols and methylxanthines and their mechanisms of action. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(22), Artículo 14365. https://doi.org/10.3390/ijms232214365

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Chocolates. Requisitos (NTE INEN 621, 3.ª revisión).*

Jinap, S., Dimick, P. S., & Hollender, R. (1995). Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. *Food Control, 6*(2), 105–110. https://doi.org/10.1016/0956-7135(95)98914-M

López, J, Ahmad, I., & Traynor, M. (2025). Jackfruit seeds, a promising functional by-product for the food industry: A review. *Journal of Culinary Science & Technology, 23*(5), 1209–1229. https://doi.org/10.1080/15428052.2024.2393159

Masiala, A., Vingadassalon, A., Lemoyne, S., Pejcz, E., Wojciechowicz-Budzisz, A., Olędzki, R., Aurore, G., & Harasym, J. (2024). Sustainable valorization of breadfruit (Artocarpus altilis leaves) as a pasta ingredient. *Sustainability, 16*(24), Artículo 11030. https://doi.org/10.3390/su162411030

Mehta, K., Quek, Y & Henry, C. (2023). Breadfruit (Artocarpus altilis): Processing, nutritional quality, and food applications. *Frontiers in Nutrition, 10*, Artículo 1156155. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1156155

Mohammed, S., Dubey, P. K., Mishra, A. A., & Rahman, S. (2024). Valorisation of jackfruit seed flour in extrusion and bakery products: A review. *Food Science and Biotechnology, 33*(14), 3167–3180. https://doi.org/10.1007/s10068-024-01665-2

Mukprasirt, A., & Sajjaanantakul, K. (2004). Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (Artocarpus heterophyllus Lam.) compared with modified starches. *International Journal of Food Science and Technology, 39*(3), 271–276. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00781.x

Nochera, C. L., & Ragone, D. (2019). Development of a breadfruit flour pasta product. *Foods, 8*(3), Artículo 110. https://doi.org/10.3390/foods8030110

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2021). *Granos de cacao. Requisitos (NTE INEN 176, 6.ª revisión).* https://anecacao.com/wp-content/uploads/2024/04/NTE-INEN-176-SEXTA-REVISION-1.pdf

Słota, P., Pejcz, E., & Harasym, J. (2025). Bioactive profile and rheological characteristics of breadfruit (Artocarpus altilis) pulp commercial flour. *Molecules, 30*(18), Artículo 3732. https://doi.org/10.3390/molecules30183732

Spada, F. P., Balagiannis, D. P., Purgatto, E., do Alencar, S. M., Canniatti-Brazaca, S. G., & Parker, J. K. (2021). Characterisation of the chocolate aroma in roast jackfruit seeds. *Food Chemistry, 354*, Artículo 129537. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129537

Spada, F., De Alencar, S, & Purgatto, E. (2022). Comprehensive chocolate aroma characterization in beverages containing jackfruit seed flours and cocoa powder. *Future Foods, 6*, Artículo 100158. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100158

Tennhardt, L., Lambin, E., Curran, M., & Schader, C. (2023). Implementation of sustainable farming practices by cocoa farmers in Ecuador and Uganda: The influence of value chain factors. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 7*, Artículo 1167683. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1167683

Tulyathan, V., Tananuwong, K., Songjinda, P., & Jaiboon, N. (2002). Some physicochemical properties of jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) seed flour and starch. *ScienceAsia, 28*(1), 37–41. https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2002.28.037

Vásquez, L., Rodríguez, S.., Cadena, L., Plua, J. A., Camacho, C., Cobos, F., Pinargote, E., & Pazmiño, Á. (2025). *Aroma, ciencia y tradición: Nuevas fronteras en la fermentación del cacao.* GESICAP. https://doi.org/10.5281/zenodo.18489841

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Martha Viviana Uvidia Vélez y Katherine Lissette Romero Vásquez.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo
Contribución de los autores (Taxonomía CRediT) Martha Viviana Uvidia Vélez: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio. Katherine Lissette Romero Vásquez: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.
Declaración de conflicto de intereses Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.
Declaración de financiamiento La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.
Declaración del editor El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.
Declaración de los revisores Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.
Declaración ética de la investigación Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.
Declaración sobre el uso de inteligencia artificial Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.
Disponibilidad de datos Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.