

## ESTUDIOS

---

### Formulación de un sucedáneo de chocolate fortificado con pulpa de carao (*Cassia grandis*) como anti-anémico de bajo costo para la región centroamericana

Jhonor Marcía-Fuentes<sup>1</sup>, Jenny Ruiz-Cardona<sup>2</sup>, Lilian Sosa<sup>3</sup>

**Resumen:** El carao (*Cassia grandis*) es una planta que posee compuestos bioactivos con interés nutricional, farmacológico y medicinal. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue desarrollar un producto sucedáneo de chocolate fortificado con pulpa de carao al 30 %, 20 % y 5 %, basado en su aceptabilidad sensorial y características fisicoquímicas. Los resultados indicaron que la fórmula más aceptada, fue la adición de carao al 5 % para elaborar un sucedáneo de chocolate. Esta formulación presenta pH de 4.8, viscosidad de 1600 cP, sólidos solubles de 70 %, actividad de agua de 0.60 y dureza de 11 Newton. Dentro de su composición nutricional contiene 8 % humedad, 34 % grasa, 2 % proteína, 2 % ceniza, 6 % fibra, 48 % carbohidratos, 29.7 mg de hierro y 520 kcal. Por su calidad nutricional, reológica y sensorial, el carao podría ser utilizado como alternativa de ingrediente funcional para el diseño de alimentos antianémicos de bajo costo.

**Palabras clave:** *carao, aceptación sensorial, compuestos bioactivos, caracterización fisicoquímica, alimentos funcionales.*

**Fecha de recepción:** 28 de junio de 2025.

**Fecha de admisión definitiva:** 22 de julio de 2025.

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Agricultura de Honduras, <https://orcid.org/0000-0001-8169-4523>, [jmarcia@unag.edu.hn](mailto:jmarcia@unag.edu.hn).

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Microbiología (IIM), Universidad Nacional Autónoma de Honduras, <https://orcid.org/0000-0003-3870-5471>, [cardona15jenny@gmail.com](mailto:cardona15jenny@gmail.com).

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de Honduras, <https://orcid.org/0000-0001-8148-9482>, [lilian.sosa@unah.edu.hn](mailto:lilian.sosa@unah.edu.hn).

### **Formulation of a low-cost alternative to caraway (*Cassia grandis*) fortified chocolate as an anti-anemic for the Central American region**

**Abstract:** The carao (*Cassia grandis*) is a plant with bioactive compounds of nutritional, pharmacological, and medicinal interest. Therefore, this research aimed to develop a substitute product for chocolate fortified with caraway pulp at 30%, 20%, and 5%, based on its sensory acceptability and physicochemical characteristics. The results indicated that the most accepted formula was the addition of carao to 5% to make a chocolate substitute. This formulation has a pH of 4.8, a viscosity of 1600 cP, soluble solids of 70%, a water activity of 0.60, and a hardness of 11 Newton. Its nutritional composition contains 8% moisture, 34% fat, 2% protein, 2% ash, 6% fiber, 48% carbohydrates, 29.7 mg Fe (inorganic iron), and 520 kcal/100 g. Due to its nutritional, rheological, and sensory quality, carao could be used as a functional ingredient alternative for the design of low-cost anti-anemic foods.

**Keywords:** *carao, sensory acceptance, bioactive compounds, physicochemical characterisation, functional foods.*

### **Formulation d'un substitut de chocolat enrichi en pulpe de carao (*Cassia grandis*) comme anti-anémique à faible coût pour la région d'Amérique centrale**

**Résumé :** Le carao (*Cassia grandis*) est une plante qui contient des composés bioactifs présentant un intérêt nutritionnel, pharmacologique et médicinal. L'objectif de cette recherche était donc de développer un substitut de chocolat enrichi en pulpe de carao à 30 %, 20 % et 5 %, en fonction de son acceptabilité sensorielle et de ses caractéristiques physico-chimiques. Les résultats ont indiqué que la formule la plus acceptée était l'ajout de 5 % de carao pour élaborer un substitut de chocolat. Cette formulation présente un pH de 4,8, une viscosité de 1600 cP, des solides solubles de 70 %, une activité de l'eau de 0,60 et une dureté de 11 Newton. Sa composition nutritionnelle comprend 8 % d'humidité, 34 % de matières grasses, 2 % de protéines, 2 % de cendres, 6 % de fibres, 48 % de glucides, 29,7 mg de fer et 520 kcal. En raison de ses qualités nutritionnelles, rhéologiques et sensorielles, le carao pourrait être utilisé comme ingrédient fonctionnel alternatif pour la conception d'aliments antianémiques à faible coût.

**Mots clés :** *carao, acception sensorielle, composés bioactifs, caractérisation physicochimique, aliments fonctionnels.*

## **I. Introducción**

En la actualidad, uno de los retos de la industria nutracéutico y alimentaria consiste en generar alimentos nutritivos con sabor agradable diferentes a los saborizantes ya utilizados (sabor cereza, fresa, vainilla y banano) y con alto contenido nutricional y bajo en azúcares. Tal es el caso del sabor a chocolate que tiene en general una gran aceptación por las personas. Así mismo, algunos saborizantes pueden causar alergias por lo que es ideal pensar en nuevas alternativas que sean menos perjudiciales para el

consumidor. Para ello, se requieren de compuestos que sustituyan al chocolate auténtico por análogos que sean bajos en grasa con atributos sensoriales similares al producto original, sin variaciones en las condiciones de procesamiento, buscando de esta manera aumentar o equiparar los valores nutricionales del chocolate original, además, de emplearse para la sustitución de las semillas de cacao en productos sucedáneos (Morón *et al.*, 2015; Montero *et al.*, 2022).

El Codex Alimentarius (2019); define en su normativa que el chocolate es un producto que se produce a partir de la almendra descortezada, cacao en pasta, tortas prensadas de cacao, cacao en polvo o licor de cacao con o sin azúcar añadido, manteca de cacao, sustancias aromatizantes o saborizantes e ingredientes optativos. Sin embargo, un producto análogo o sucedáneo de chocolate comprende a productos similares al chocolate que pueden estar elaborados o no a base de cacao pero que tienen propiedades organolépticas parecidas e involucran en su formulación materias primas sustitutas parciales del cacao entre estas se encuentra el carao (*Cassia grandis*) (Codex, 2019).

Alrededor del mundo existen aproximadamente 500 especies de *Cassia* entre ellas se encuentra la *C. grandis* que pertenece a la familia de las Fabaceae y se conoce con diferentes nombres como carao, carague y cañandong (Lagarto y Guerra, 2000; Manzanares, 2012). Esta especie, suele confundirse con otras especies como la *Cassia fistula* que en algunos países de Centroamérica también le llaman de la misma forma (carao), sin embargo, es importante destacar que son especies diferentes.

La *Cassia grandis* al ser un árbol tropical, presenta una floración en épocas de verano, entre los meses de febrero a mayo, aunque esta especie puede dar frutos durante todo el año, sin embargo, la época de recolección y pico de producción, es entre los meses de marzo y abril (Barrios & Victoire, 2018). Ese árbol puede llegar alcanzar una altura de 30 m con un diámetro de 100 cm aproximadamente, además, su fruto es una vaina rígida que alcanza hasta 75 cm de largo, adentro contiene entre 60 y 80 semillas e igual número de lóculos separados por tabiques transversales muy delgados de color amarillo y en su interior contienen una pulpa de color rojo oscuro, de consistencia espesa, de olor fuerte, sabor dulce y fácilmente soluble en agua (Fig. 1) (Ramos, Paz & Ortiz, 2014).

FIGURA I. **Árbol y fruto del carao**



a) Árbol del carao.



b) Fruto del carao.

Fuente: adaptado de Marcía *et al.*, (2021), sobre el aprovechamiento del carao a nivel nutricional, medicinal y farmacológico.

El área de distribución geográfica del árbol de *C. grandis* en estado silvestre va desde México hasta América del Sur. Específicamente, es nativa de los países que forman parte del Sistema de la Integración Centroamericana SICA como Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y República Dominicana, también crece en Colombia, Venezuela, Puerto Rico, Brasil, Chile y Bolivia (Orwa, 2009). En cuanto al clima, la *C. grandis* requiere luz solar directa y brillante para un crecimiento óptimo (i.e. 25 a 32 °C), prospera en condiciones cálidas y húmedas típicas de los climas tropicales (i.e. 80 %).

Dentro de las propiedades nutricionales de la *Cassia grandis* podemos mencionar: su contenido en hierro por lo que ha sido ampliamente utilizado en medicina tradicional para tratar la anemia en formato de refresco o extracto (Medina *et al.*, 2023). Además, contiene flavonoides los cuales le confieren una impresionante capacidad antioxidante (Fuentes *et al.*, 2024), y sirve como precursor de la vitamina A (retinol) debido a su contenido de carotenoides quienes están relacionados con la salud ocular, cardiovascular y metabólica (Montero *et al.*, 2025). Asimismo, *Cassia grandis* contiene alcaloides, cumarinas, flavonoides, aminoácidos libres, aminos, fenoles, taninos, azúcares reducidos, resinas, saponinas, esteroides y triterpenos (Fuentes *et al.*, 2024). Por otro lado, su uso en células intestinales a nivel *in vitro* ha demostrado prevenir la inflamación y la muerte celular, lo que sugiere un nuevo efecto farmacéutico potencial (Madela & García 2021).

Por lo anterior, el fruto de carao (*C. grandis*) podría ser utilizada como sustituto del cacao en la elaboración del chocolate debido a que es una fruta baja en grasa y azúcares (para aquellas personas con diabetes); igualmente, contiene aceites volátiles, sustancias cerosas, agua, proteínas y aminoácidos esenciales como arginina, leucina, metionina, fenilalanina y triptófano (para personas con déficit proteínico) (Thirumal *et al.*, 2012). Además, es una buena fuente de minerales como Fe y Mn en comparación con otros frutos como la manzana, el albaricoque, el melocotón, la pera y la naranja (Reyhan *et al.*, 2014, Marcía *et al.*, 2024a) (para pacientes con anemia).

De igual manera al fruto de carao, se le atribuye propiedades antimicrobianas y medicinales debido a la presencia de flavonoides, minerales, su capacidad de inhibir la enzima acetil colinesterasa y su efecto simbiótico en yogur (Lafourcade *et al.*, 2014; Kabila *et al.*, 2017, Fuentes *et al.*, 2021, Chen *et al.*, 2010; Prada *et al.*, 2016; Prada *et al.*, 2019; Prada *et al.*, 2020, Marcía *et al.*, 2024b). Asimismo, por su calidad fitoquímica y contenido de moléculas bioactivas, es considerado como un ingrediente potencialmente funcional (Marcía *et al.*, 2020a; Marcía *et al.*, 2020b; Marcía *et al.*, 2021; Fuentes *et al.*, 2021). También, por su contenido de moléculas bioactivas con potencial antioxidante (por lo que no se requeriría de antioxidantes tipo benzoatos en los alimentos) y antiinflamatorio, puede emplearse en la lucha contra el cáncer (Alemán *et al.*, 2023a; Alemán *et al.*, 2023b; Marcía *et al.*, 2023a; Marcía *et al.*, 2023b).

Sin embargo, son pocos las investigaciones que validan el aprovechamiento tecnológico del carao, principalmente en el desarrollo de nuevos productos fortificados. Dentro de los estudios en donde se ha utilizado el carao como activo funcional podemos mencionar a Marcía *et al.*, (2020b); que desarrollaron un estudio preliminar del efecto de la adición de la harina de carao sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un huevo en polvo fortificado. Asimismo, Alburquerque *et al.*, (2014); validó el método de extracción de galactomananos de las semillas del carao como sustituto parcial de las gomas alimenticias. Otros investigadores como, Morón *et al.*, (2015) utilizaron la *Cassia fistula* como sustituto de cacao en el desarrollo de una pasta de chocolate, para elaborar productos sucedáneos en chocolatería mediante el cumplimiento de la normativa del Codex Alimentario.

Debido a las bondades del carao como alimento funcional y en medicina, esta investigación tuvo como objetivo desarrollar un producto sucedáneo de chocolate fortificado, formulado con pulpa de carao (*Cassia grandis*), basado en su aceptabilidad sensorial, características físico-químicas y microbiológicas para futuro uso en la industria nutracéutica.

## 2. Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los laboratorios de Biotecnología y Análisis Sensorial de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), ubicada en el municipio de Catacamas, Departamento de Olancho, Honduras y en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAG) en Ciudad Universitaria. Para su alcance se implementaron tres etapas experimentales: en la primera etapa, se elaboraron formulaciones de sucedáneos de chocolate fortificado con pulpa de carao (*C. grandis*) al 30 %, 20 % y 5 %; en la segunda etapa se seleccionó la formulación que obtuvo mayor aceptación mediante análisis sensorial de tipo afectivo con arreglo de bloques balanceados completos; para la tercera etapa se evaluaron las características fisicoquímicas de las formulaciones.

### 2.1. Etapa 1. Elaboración de las diferentes formulaciones

Se seleccionaron frutos de carao maduros y sin daños mecánicos procedentes de la Reserva Biológica de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en Catacamas, Olancho, Honduras.

Para la preparación de las muestras se siguió la metodología propuesta por Marcía *et al.*, (2020a); a partir del lavado de los frutos de carao con abundante agua con el propósito de eliminar agentes físicos de la corteza, seguidamente se secaron a temperatura del medio ( $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) durante 24 horas y se extrajo de forma manual la pulpa del fruto, cuidando las condiciones de higiene con el uso de mascarillas, guantes y recipientes de porcelana previamente esterilizados. Se tomó por triplicado muestras de 10 kg de patrón de pulpa de carao fermentada durante 72 h con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) al 2 % del mosto, siguiendo la metodología propuesta por Nebesny y Zyzelewicz (2005), con ligeras modificaciones. Posteriormente, se elaboraron variantes de sucedáneo de chocolate con 30 %, 20 % y 5 % de pulpa fermentada de carao, en una mezcla de licor de cacao al 30 %, azúcar al 40 %, leche en polvo al 9 %, manteca de cacao al 20 % y lecitina de soya al 1 % como estabilizante (Tabla 1), siguiendo la metodología propuesta por Morón *et al.*, (2015) con ligeras modificaciones. Obteniendo tres formulaciones principales, más el control, todas desarrolladas por triplicado, para un total de 12 unidades experimentales.

TABLA 1. Formulaciones del producto análogo al chocolate

Tratamientos (T)	Licor de cacao (%)	Pulpa de carao (%)	Leche en polvo (%)	Azúcar (%)	Manteca de cacao (%)	Lecitina (%)
1	30	5	9	40	20	1
2	30	20	9	40	20	1
3	30	30	9	40	20	1
4	30	0	9	40	20	1

Fuente: elaboración propia, adaptada de la metodología de balance de masa de Valiente (2001).

### 2.2. Etapa 2. Selección de la formulación con mayor aceptación

Las diferentes formulaciones fueron sometidas a una evaluación sensorial a escala de laboratorio, tomando como variables de respuesta textura, aroma, color, sabor y aceptabilidad general a partir de pruebas hedónicas de 9 puntos (donde 1 es me disgusta muchísimo y 9 es me gusta muchísimo). Las muestras se presentaron en recipientes plásticos libres de olores y bajo las mismas condiciones para todos los jueces. Se utilizó agua para el lavado de la boca de los panelistas entre muestras con 75 jueces tipo afectivos tomados aleatoriamente, cumpliendo con la norma ISO 66:58:2008 (Benítez, 2008; Marcía *et al.*, 2019; Mendoza *et al.*, 2023). La formulación más aceptada, se denominó la formula optimizada para esta investigación.

### 2.3. Etapa 3. Evaluación fisicoquímica de la formulación optimizada

Se determinó la calidad fisicoquímica de la formulación optimizada con 100 g de muestra; para cada prueba por triplicado, realizándose los análisis de viscosidad (Viscosímetro PCE-RVI-1, Barcelona, España) mediante la normativa ISO 1652:2004, contenido de sólidos solubles a partir de refractometría (BOECO, Munich, Alemania), pH (Eutech Instrument, Carolina, USA), actividad de agua mediante análisis instrumental por medio de un Aqualab 4TE (INFITEK, WA, Estados Unidos) a partir de la norma AOAC 978.18, la textura se obtuvo mediante texturometro (Broockfield, California, USA) a través, de la norma AACC 66-50.

Para la determinación de la composición nutricional, se empleó análisis químico de humedad, cenizas y fibra con la norma AACC 39-01.01, proteína mediante la normativa AOAC 2001.11, grasa a partir de AOAC 2003.06, carbohidratos digeribles y energía mediante la norma 21CFR101.9, el contenido de hierro se obtuvo a partir de

absorción atómica de llama por el método de la AOAC 999.10 (Maldonado *et al.*, 2020; Montero *et al.*, 2020).

### 3. Análisis estadístico

Para la interpretación de los resultados, se empleó el programa estadístico IBM, SPSS, versión 25 mediante estadísticas descriptivas, estadígrafos y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey con un valor  $p \leq 0.05$  (Pedroza y Dicovskyi, 2007).

### 4. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial determinaron que la formulación elaborada con pulpa de carao al 5 % (T1), se obtuvo la mayor aceptación entre las formulaciones de prueba y por ello se consideró como la formulación optimizada (Tabla 2). Asimismo, esta formulación no es diferente estadísticamente con respecto al control (T4). Estos resultados coinciden con lo expuesto por Marcía *et al.*, (2020b) y Medina *et al.*, (2023); quienes manifiestan que la incorporación de carao para fortificar alimentos es una alternativa para el diseño de formulaciones en personas con regímenes especiales de alimentación como deportistas de alta rendimiento y personas anémicas, siendo esta una oportunidad para el desarrollo de alimentos funcionales con calidad sensorial (Paz *et al.*, 2022). Además, de acuerdo con Morón *et al.* (2015); la pulpa de algunas *Cassia* como la *C. fistula* también podrían utilizarse como saborizantes sucedáneos del cacao.

FIGURA 2. Formula optimizada de un sucedáneo de chocolate



a) Pulpa de carao.

b) Chocolate análogo.

Fuente: elaboración propia, adoptado de la metodología de Cordeiro *et al.*, (2025), para la obtención de la pulpa de carao como materia prima no convencional en el desarrollo de alimentos funcionales.

**TABLA 2. Análisis estadístico de la evaluación sensorial**

Tratamientos	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
T1 (carao al 5 %)	6.76 ± 1.53 a	6.56 ± 1.50 a	6.63 ± 1.51 a	6.76 ± 1.56 a	6.62 ± 1.51 a
T2 (carao al 20 %)	5.30 ± 1.85 b	5.03 ± 1.65 b	5.23 ± 1.77 a,b	5.26 ± 1.73 b	6.21 ± 1.77 a, b
T3 (carao al 30 %)	4.90 ± 1.75 c	4.89 ± 1.56 b	4.99 ± 1.68 b	4.97 ± 1.68 b	5.87 ± 1.76 b
T4 (control)	6.89 ± 1.51 a	6.87 ± 1.49 a	6.83 ± 1.54 a	6.83 ± 1.57 a	6.76 ± 1.52 a

\* Media ± Desviación

\*\* Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias a partir de pruebas de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Fuente:** elaboración propia, adaptada de la metodología para evaluación sensorial galletas con ingredientes funcionales provenientes de plantas nativas como el teosinte Delarca *et al.*, (2023).

La tabla 3, muestra los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico de la muestra control (T4) y la formula optimizada correspondiente a la adición de carao al 5 % (T1). Los hallazgos expresan que, al adicionar carao en el desarrollo de un sucedáneo de chocolate, este aumenta ligeramente su pH, el contenido de solidos solubles y actividad de agua, sin embargo, redujo su viscosidad y textura. Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Hernández (2009) y por Vallejo *et al.*, (2016). Los valores de viscosidad y pH se encontraron dentro de los límites establecidos para el chocolate. (viscosidad de 2 a 100,000 cP y pH entre 3.0 y 6.0).

**TABLA 3. Caracterización fisicoquímica de la muestra control y optimizada**

Tipo de muestra	pH	°Brix	Viscosidad (cP)	Aw	Textura (N)
Muestra control (T4)	4.5 ± 0.5	65 ± 1	4000 ± 250	0.52 ± 0.5	27 ± 1
Fórmula optimizada (T1)	4.8 ± 0.5	70 ± 1	1600 ± 180	0.60 ± 0.5	11 ± 1

\* Media ± Desviación.

Fuente: elaboración propia, adaptada de la metodología de Martínez *et al.*, (2025), para analisis fisicoquimico en alimentos.

La textura del chocolate es una variable reológica importante, ya que de ella depende la crujeancia y la capacidad de solubilizarse a temperatura corporal. Los resultados de-

rivados de esta investigación evidencian una textura entre 27 y 11 N, en formulaciones de chocolate amargo tradicional (control) y la formulación optimizada, respectivamente. El valor de la formula optimizada es menor lo que coincide con lo reportado por Alvis *et al.*, (2011); quien expresó que el chocolate amargo tradicional debe tener una textura máxima de 38.3 N, para ser lo suficientemente firme para mantener su forma y masticabilidad.

En cuanto a la duración del producto, se espera que sea estable ya que es factible que el carao tenga sustancias bacteriostáticas naturales que afecten el crecimiento microbiano, debido a que muchos alimentos contienen compuestos naturales con actividad antimicrobiana, que en estado natural pueden desempeñar el papel de prolongadores de vida útil del propio alimento (Rodríguez, 2011).

**TABLA 4. Composición nutricional del chocolate fortificado y control (100 g)**

Analisis	Control (T4)	Formula optimizada (T1)
Humedad	4.0 ± 0.2 %	8 ± 0.5 %
Ceniza	1.5 ± 0.3 %	2.0 ± 0.3 %
Proteina	0.5 ± 0.1 %	2.0 ± 0.1 %
Grasa	45.0 ± 0.5 %	34.0 ± 0.5 %
Fibra	5.0 ± 0.2 %	6.0 ± 0.2 %
Carbohidratos	44.0 ± 0.5 %	48.0 ± 0.5 %
Energía	580.00 ± 20.0 kCal	520.00 ± 20.0 kCal
Contenido de Hierro	8 mg	29.7 mg

\*Media ± Desviación.

Fuente: elaboración propia, adaptada de la metodología de Martínez *et al.*, (2025).

La tabla 4, representa un analisis comparativo entre la muestra control y la formula optimizada. En la cual, la fórmula optimizada evidenció un aumento en su contenido de humedad, proteínas, fibra y carbohidratos, asimismo, expresa una reducción en su contenido de grasa, lo que indica una mejora en la calidad nutricional atribuible al carao. Además, aunque el contenido energetico de ambos grupos es similar, la formula optimizada tiene un perfil nutricional mas equilibrado. Este resultado, corrobora los de Moron *et al.*, (2015), quienes afirman que agregar *Cassia fistula* a la elaboración de un

producto sucedáneo de chocolate mejora su perfil sensorial y calidad nutricional. Esto se debe porque la pulpa de carao tiene un mayor contenido de proteínas y azúcares, y un menor contenido de grasa en comparación con el cacao (Marcía *et al.*, 2020a; Escobar *et al.*, 2021, Tabora *et al.*, 2024).

Desde esta perspectiva, la incorporación de *Cassia grandis* como ingrediente funcional en sucedáneos de chocolate se alinea estratégicamente con los marcos de política pública impulsados por el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), particularmente en tres ejes prioritarios:

- Seguridad alimentaria y nutrición: para promover el uso de recursos endémicos y combatir la malnutrición y enfermedades no transmisibles (i.e. diabetes y anemia). En este sentido, el carao, por su perfil bajo en azúcares y alto en concentraciones de hierro, podría integrarse en programas de complementación alimentaria, especialmente en zonas rurales con altos índices de pobreza nutricional (Medina *et al.*, 2023).
- Desarrollo económico inclusivo: para fomenta cadenas de valor basadas en biodiversidad local. En este sentido, el cultivo y procesamiento de *C. grandis* ofrece oportunidades para agricultores y Pymes agroalimentarias, articulándose con iniciativas como Rutas Agroproductivas o Clústeres de Innovación. Su adaptabilidad climática (Orwa, 2009) lo hace resiliente ante crisis como las generadas por el cambio climático.
- Salud pública y sostenibilidad: para reducir dependencia de importaciones de alimentos ultraprocesados. En este sentido, el carao, al sustituir aditivos sintéticos (Marcía *et al.*, 2023b), podría regularse bajo los estándares del Codex Alimentarius Centroamericano, fortaleciendo normativas como el Reglamento de Alimentos Fortificados.

## 5. Conclusión

Se determinó que el uso de carao (*C. grandis*) al 5 % en la elaboración de un sucedáneo de chocolate con 30 % de grano de cacao, fue la formulación que obtuvo mayor aceptación en la evaluación sensorial considerando los atributos sabor, color olor, textura y aceptación general. Asimismo, se obtuvieron valores mayores en pH y porcentaje de sólidos solubles, sin embargo, disminuyó su consistencia en comparación con el control. Con relación a la calidad nutricional, la fórmula optimizada mostró mejoras notables en su contenido de proteínas, fibra y carbohidratos, con reducción en el contenido de

grasa, indicando un perfil nutricional más balanceado. De acuerdo a estos resultados, el carao representa una posibilidad para la industria alimentaria y nutracéutica en el desarrollo de sucedáneo de chocolate fortificado a partir de nutrientes provenientes de plantas endémicas de Centroamérica, especialmente en aquellas personas con anemia y/o bajo nivel de hemoglobina en sangre. Recomendamos realizar este tipo de sucedáneos del chocolate haciendo uso de edulcorantes tipo Stevia sustituyendo a el azúcar.

De igual manera, el desarrollo de sucedáneos de chocolate a base de *C. grandis* representa una innovación con significativo impacto socioeconómico, al abordar dos desafíos globales: la demanda de alimentos nutritivos con perfiles sensoriales atractivos y la necesidad de alternativas accesibles para poblaciones vulnerables. Por un lado, su bajo contenido en grasas y azúcares lo posiciona como una opción viable para personas con diabetes, anemia o déficit proteico, contribuyendo a la seguridad alimentaria. Por otro, su cultivo en países pertenecientes al SICA como Honduras, Nicaragua y Costa Rica, promueve diversas oportunidades económicas para agricultores locales, al integrarse en cadenas de valor agroindustriales sostenibles.

Además, su capacidad para sustituir aditivos sintéticos y su potencial nutracéutico podrían reducir costos en salud pública. Asimismo, por su adaptabilidad climática y propiedades funcionales, se puede considerar como un recurso estratégico para diversificar la industria alimentaria, promover soberanía alimentaria y generar empleo en zonas tropicales, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, 3 y 8.

### 5.1. Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés en esta investigación.

### 5.2. Financiamientos

Esta investigación fue financiada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) a partir del fondo de investigación 31-HN del Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) (Ref. IDRC-CSUCA-31-HN).

### 5.3. Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Tecnología Alimentaria de la Universidad Nacional de Agricultura y la población de Catacamas, Olancho, Honduras, por el apoyo brindado para el desarrollo de las evaluaciones sensoriales.

## 6. Bibliografía

ALVIS, A., PÉREZ, L., y ARRAZOLA, G. (2011). "Determinación de las Propiedades de Textura de Tabletas de Chocolate Mediante Técnicas Instrumentales". *Información tecnológica*, 22(3), 11-18.

ALBUQUERQUE, P. B. S., BARROS, W., SANTOS, G. R. C., CORREIA, M. T. S., MOURÃO, P. A. S., TEIXEIRA, J. A., & CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. (2014). "Characterization and rheological study of the galactomannan extracted from seeds of *Cassia grandis*". *Carbohydrate Polymers*, 104:127–134.

ALEMAN, R. S., MARCIA, J., PAGE, R., KAZEMZADEH POURNAKI, S., MARTÍN-VERTEDOR, D., MANRIQUE-FERNÁNDEZ, V. & ARYANA, K. (2023a). "Effects of Yogurt with Carao (*Cassia grandis*) on Intestinal Barrier Dysfunction,  $\alpha$ -glycosidase Activity, Lipase Activity, Hypoglycemic Effect, and Antioxidant Activity". *Fermentation*, 9(6), 566.

ALEMAN, R. S., PAGE, R., CEDILLOS, R., MONTERO-FERNÁNDEZ, I., FUENTES, J. A. M., OLSON, D.W., & ARYANA, K. (2023b). "Influences of Yogurt with Functional Ingredients from Various Sources That Help Treat Leaky Gut on Intestinal Barrier Dysfunction in Caco-2 Cells". *Pharmaceuticals*, 16, 1511.

BENÍTEZ, B. (2008). "Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino", *Revista Inter-ciencia, INCI*, 33 (1), 61-65.

CORDEIRO, F. M., BEDOYA, S. G., SANTOS, D. A., SANTOS, R. S., BACELAR, T. V., BUARQUE, F. S.,... & LIMA, Á. S. (2025). *Cassia grandis* Lf Pods as a Source of High-Value-Added Biomolecules: Optimization of Extraction Conditions and Extract Rheology. *Biomass*, 5(2), 24.

CHEN, Y., PENG, C., SULLIVAN, C., DONGGUANG, L., & SHAOGUANG, L. (2010). Critical molecular pathways in cancer stem cells of chronic myeloid leukemia. *Journal of the Leukemia Society of America, Leukemia Research Fund*, 24(9): 1545–1554.

CODEX ALIMENTARIUS. (2019). Norma para el chocolate y los productos del chocolate. CODEX STAN 87-1981, Rev.1-2003. 2 pp.

DELARCA RUIZ, F., ALEMAN, R. S., KAZEMZADEH POURNAKI, S., SARMIENTO MADRID, M., MUELA, A., MENDOZA, Y.,... & KING, J. M. (2023). "Development of Gluten-Free Bread Using Teosinte (*Dioon mejiae*) Flour in Combination with High-Protein Brown Rice Flour and High-Protein White Rice Flour". *Foods*, 12(11), 2132.

ESCOBAR, Á. O. F., TREJO, G. C. H., REYNA, V. R. V., SOTO, N. R. V., y FUENTES, J. A. M. (2021). "Elaboración de Licor Añejo con Almendras de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) residual de la clasificación para exportación". *Revista InGenio*, 4(2), 37-48.

FUENTES, J. A. M., LÓPEZ-SALAS, L., BORRÁS-LINARES, I., NAVARRO-ALARCÓN, M., SEGURA-CARRETERO, A., & LOZANO-SÁNCHEZ, J. (2021). "Development of an innovative pressurized liquid extraction procedure by response surface methodology to recover bioactive compounds from carao Tree Seeds". *Foods*, 10 (2): 398.

FUENTES, J. M., DE JESÚS ÁLVAREZ GIL, M., ZUMBADO FERNÁNDEZ, H., MONTERO-FERNÁNDEZ, I., MARTÍN-VERTEDOR, D., YADAV, A., & ALEMÁN, R. S. (2024). "Physicochemical Characterization of Carao Honey Flour (*Cassia grandis*) and Its Effects on the Sensory Attributes in a Cookie". *Applied Sciences*, 14(17), 7502.

HERNÁNDEZ A. (2009). *Actividad de agua en los alimentos*. Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Cuba. 37 pp.

KABILA, B., SIDHU, M. C., AHLUWALIA, A. S. (2017). "Phytochemical Profiling of Different *Cassia* species (Review)". *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 8(2): 12-20.

LAFOURCADE, P. A., RODRÍGUEZ, A. J., ESCALONA, A. J., & FUENZALIDA, C. (2014). "State of the art in *Cassia grandis* L. f. (Cañandonga)". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(1):21-28.

LAGARTO, A., & GUERRA, M. I. (2000). "Toxicidad aguda oral de 3 formas farmacéuticas a partir de *Cassia grandis* L.". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5(2), 68-70.

MADDELA, N. R., & GARCÍA, L. C. (Eds.). (2021). *Innovations in biotechnology for a sustainable future*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer.

MANZANARES, R. A. (2012). "Determinación de hierro total en el fruto de *Cassia grandis*". Tesis de pregrado, Licenciatura en Química, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua.

MARCÍA FUENTES, J., CHAVARRÍA CARRIÓN, L., & ZUMBADO, H. (2019). "Análisis del proceso de harina de yuca, sobre las propiedades sensoriales y nutricionales del casab" (Artículo Profesional). *Nexo Revista Científica*, 32(01), 88-93.

MARCÍA FUENTES, J., MONTERO FERNÁNDEZ, I., ZUMBADO, H., LOZANO SÁNCHEZ, J., SANTOS ALEMÁN,

R., NAVARRO ALARCÓN, M., BÓRRAS LINARES, I., & SARAVIA, S. (2020a). "Quantification of Bioactive Molecules, Minerals and Bromatological Analysis in Carao (*Cassia grandis*)". *Journal of Agricultural Science*; 12 (3); 88-94.

MARCÍA FUENTES, J., MONTERO FERNÁNDEZ, I., SARAVIA, S., VARELA, I., SILVA, C., HERNÁNDEZ, F., et al. (2020b). "Physical-Chemical Evaluation of the *Cassia grandis* L. as Fortifying Egg Powder". *Journal of Agricultural Science*; 12 (8); 277-282.

MARCÍA-FUENTES, J., SANTOS-ALEMÁN, R., BORRÁS-LINARES, I., & SÁNCHEZ, J. L. (2021). The Carao (*Cassia grandis* L.): "Its Potential Usage in Pharmacological, Nutritional, and Medicinal Applications". In: MADDELA, N. R., GARCÍA, L. C. (eds) *Innovations in Biotechnology for a Sustainable Future*. Springer, Cham.

MARCÍA, J., ALEMÁN, R. S., MONTERO-FERNÁNDEZ, I., MARTÍN-VERTEDOR, D., MANRIQUE-FERNÁNDEZ, V., MONCADA, M., & KAYANUSH, A. (2023a). "Attributes of *Lactobacillus acidophilus* as Effected by Carao (*Cassia grandis*) Pulp Powder". *Fermentation*, 9(5), 408.

MARCÍA, J. A., ALEMÁN, R. S., KAZEMZADEH, S., MANRIQUE FERNÁNDEZ, V., MARTÍN VERTEDOR, D., KAYANUSH, A., & MONTERO FERNÁNDEZ, I. (2023b). "Isolated Fraction of Gastric-Digested Camel Milk Yogurt with Carao (*Cassia grandis*) Pulp Fortification Enhances the Anti-Inflammatory Properties of HT-29 Human Intestinal Epithelial Cells". *Pharmaceuticals*, 16, 1032.

MARCÍA, J., DE JESÚS ÁLVAREZ GIL, M., FERNÁNDEZ, H. Z., MONTERO-FERNÁNDEZ, I., MARTÍN-VERTEDOR, D., YADAV, A., & ALEMÁN, R. S. (2024a). "Anti-Anemic and Anti-Dyspepsia Potential of Yogurt with Carao (*Cassia grandis*) in Rat Model". *Fermentation*, 10(4), 199.

MARCÍA, J., ZUMBADO, H. M., GIL, M. Á., MARTÍN-VERTEDOR, D., MONTERO-FERNÁNDEZ, I., YADAV, A., & ALEMÁN, R. S. (2024b). "Impact of Carao (*Cassia grandis*) on *Lactobacillus plantarum* Immunomodulatory and Probiotic Capacity". *Applied Microbiology*, 4(2), 704-719.

MARTÍNEZ, T., ALEMÁN, R. S., RUIZ, F. D., MADRID, M. S., MARCIA, J., MONTERO-FERNÁNDEZ, I.,... & LOZANO, J. (2025). "Technological usage of ripe banana pulp for the development of a salad dressing". *Food Physics*, 2, 100027.

MEDINA, L., ALEMÁN, R. S., CEDILLOS, R., ARYANA, K., OLSON, D. W., MARCIA, J., & BOENEKE, C. (2023). "Effects of carao (*Cassia grandis* L.) on physico-chemical, microbiological and rheological characteristics of yogurt". *LWT*, 183, 114891.

- MENDOZA, E., MARCÍA, J., CHUQUILÍN-GOICOCHEA, R., LÓPEZ, J., & ARECHE, F. (2023). Obtención de un colorante natural a partir *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón para su aplicación en yogur. *Revis Bionatura*, 8 (2) 38.
- MORÓN, L., CARO, Y., GONZÁLEZ, R., y TORRES, E. (2015). Obtención de un Sustituto de Chocolate tipo pasta usando pulpa de carao (*Cassia fistula* L.). *Información Tecnológica*, 26(6):39-44.
- MONTEALI PAUCAR, D. A. (2023). Determinación de la vida útil de chocolates oscuros sin empaque con 70 por ciento de cacao peruano.
- MONTERO-FERNÁNDEZ, I., FERNÁNDEZ, V. M., PÉREZ-NEVADO, F., SARAVIA-MALDONADO, S. A., FUENTES, J. A. M., & MARTÍN-VERTEDOR, D. (2025). Enhancing Nutrient Profile and Reducing Acrylamide in California-Style Table Olives with *Cassia grandis* Fortification. *Foods*, 14(8), 1426.
- MONTERO-FERNÁNDEZ, I., MARCÍA-FUENTES, J. A., CASCOS, G., SARAVIA-MALDONADO, S. A., LOZANO, J., & MARTÍN-VERTEDOR, D. (2022). Masking effect of *Cassia grandis* sensory defect with flavoured stuffed olives. *Foods*, 11(15), 2305.
- MONTERO, I. F., SARAVIA, S. A. M., SANTOS, R. A., DOS SANTOS, R. C., MARCÍA, J. A. F., & DA COSTA, H. N. R. (2020). Nutrients in Amazonian fruit pulps with functional and pharmacological interest. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 14(5), 118-127.
- NEBESNY E, & ZYZELEWICZ D. (2005). Effect of lecithin concentration on properties of sucrose-free chocolate masses sweetened with isomalt. *Eur Food Res Technol*. 220, 131–135.
- ORWA, C. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide, version 4.0. <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>.
- PAZ, D., ALEMAN, R. S., CEDILLOS, R., OLSON, D. W., ARYANA, K., MARCIA, J., & BOENEKE, C. (2022). Probiotic Characteristics of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* as Influenced by Carao (*Cassia grandis*). *Fermentation*, 8(10), 499.
- PEDROZA, H., y DICOVSKYI, L. (2007). "Sistema de análisis estadísticos con SPSS; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)". Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/4106>. (Recuperado junio de 2023).

PRADA A. L., BITENCOURT A. P., AMADO J. R., CRUZ R. A., CARVALHO J. C., & FERNÁNDEZ C. P. (2016). "Development and characterization of *Cassia grandis* and *Bixa orellana* nanoformulations". *Curr Top Med Chem*, 16 (18): 2057-2065.

PRADA, A. L., KEITA, H., DE SOUSA, T. P., LIMA, E. S., ACHO, L., DA SILVA, M., CARVALHO, J., & AMADO, J. (2019). "Cassia grandis Lf nanodispersión is a hypoglycemic product with a potent  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase inhibitor effect". *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27 (2): 191-199.

PRADA AL, ACHOD LD, KEITA H, CARVALHO JC, & DE SOUSA TP. (2020). Development, pharmacological and toxicological evaluation of a new tablet formulation based on *Cassia grandis* fruit extract. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16:100244.

BARRIOS, C., & VICTOIRE, A. (2018). "Caracterización de las propiedades físicas y químicas de *Cassia grandis* (carao) y su aplicación para la elaboración de una galleta nutricional" (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala).

RAMOS, B. E., PAZ, V. J., & ORTIZ, S. G. (2014). "Determinación del contenido de hierro, saponinas y porfirinas en *Cassia grandis* L, procedente de Masaya, Chinandega y Jalapa durante el periodo de mayo 2013, abril del 2014" [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-LEON.

SARAVIA MALDONADO, S. A., MONTERO FERNÁNDEZ, I., SANTOS ALEMÁN, R., MARCIA FUENTES, J. A., & CAMPELO FERREIRA, M. C. (2020). "Determination of total phenolic compounds, antioxidant activity and nutrients in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* HBK)". *Journal of Medicinal Plants Research*, 14(8), 373-376.

TABORA, M. M., ALEMAN, R. S., CASTRO, A., AVILA, A., AVILA, D., PICHA, D., MARCÍA, J... & KAYANUSH, A. (2024). "Streptococcus thermophilus and Lactobacillus bulgaricus Attributes as Influenced by Carao (*Cassia grandis*) Fruit Parts". *Bacteria*, 3(2), 42-58.

VALLEJO TORRES, C., DÍAZ, R., MORALES, W., SORIA VELASCO, R., VERA CHANG, J., BAREN CEDEÑO, C. (2016). "Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea". *ESPAMCIENCIA*, 7(1): 51-58.