

Composición química y compuestos fenólicos totales de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración bajo las condiciones de la Amazonia ecuatoriana

Chemical composition and total phenolic compounds of guava (*Psidium guajava* L.) pulp at different stages of ripening under conditions of the Ecuadorian Amazon.

Composição química e compostos fenólicos totais da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em diferentes estádios de maturação nas condições da Amazônia equatoriana.

Viáfara-Banguera, Derwin
Universidad Estatal Amazónica
dviafara@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1376-1231>



Reyes-Mera, Jorge Julio
Universidad Estatal Amazónica
jreyes@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6435-0649>



Caicedo-Quinche, Willam Orlando
Universidad Estatal Amazónica
wcaicedo@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2890-3274>



Paredes-Ulloa, Christopher Oswaldo
Universidad Estatal Amazónica
co.paredesu@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2087-5694>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/504>

Como citar:

Viáfara-Banguera, D., Reyes-Mera, J. J., Caicedo-Quinche, W. O., & Paredes-Ulloa, C. O. (2024). Composición química y compuestos fenólicos totales de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración bajo las condiciones de la Amazonia ecuatoriana. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E4), 466–485.

Recibido: 01/08/2024

Aceptado: 07/09/2024

Publicado: 30/09/2024

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la composición química y el contenido de compuestos fenólicos totales en la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración, bajo las condiciones de la Amazonia ecuatoriana. Se seleccionaron tres tipos de guayaba (amarilla, roja y rosada) con diferentes índices de maduración. La composición química se determinó según los Métodos Oficiales de Análisis de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) y el contenido de compuestos fenólicos totales por el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los contenidos de proteína ($0,99 \pm 0,10$ a $6,61 \pm 0,10\%$), grasa ($0,02$ a $0,06\%$), fibra ($25,13 \pm 0,29$ a $37,31 \pm 1,13\%$), cenizas totales ($2,62 \pm 0,11$ a $3,29 \pm 0,05\%$), materia seca ($10,58 \pm 0,04$ a $31,64 \pm 0,17\%$), carbohidratos totales ($53,39 \pm 0,25$ a $67,16 \pm 0,06\%$) y compuestos fenólicos ($166,94 \pm 1,06$ a $717,70 \pm 0,86$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$). Esta investigación resalta la guayaba cultivada en la Amazonia ecuatoriana como una fuente rica en nutrientes y compuestos bioactivos. Los altos niveles de compuestos fenólicos destacan su potencial para aplicaciones nutraceuticas y alimentarias. Además, promueve el desarrollo sostenible y económico de la región mediante el aprovechamiento de un recurso natural valioso.

Palabras clave: Caracterización química, Folin-Ciocalteu, Polifenoles

Abstract

The objective of this research was to evaluate the chemical composition and content of total phenolic compounds in guava (*Psidium guajava* L.) pulp at different stages of ripening, under the conditions of the Ecuadorian Amazon. Three types of guava (yellow, red and pink) with different ripening indexes were selected. The chemical composition was determined according to the Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) and the content of total phenolic compounds by the Folin-Ciocalteu method. The results showed significant differences ($p < 0.05$) in the contents of protein (0.99 ± 0.10 to $6.61 \pm 0.10\%$), fat (0.02 to 0.06%), fiber (25.13 ± 0.29 to $37.31 \pm 1.13\%$), total ash ($2,62 \pm 0.11$ to $3.29 \pm 0.05\%$), dry matter (10.58 ± 0.04 to $31.64 \pm 0.17\%$), total carbohydrates (53.39 ± 0.25 to $67.16 \pm 0.06\%$) and phenolic compounds (166.94 ± 1.06 to 717.70 ± 0.86 mg EAG $\cdot 100g^{-1}$). This research highlights guava grown in the Ecuadorian Amazon as a rich source of nutrients and bioactive compounds. The high levels of phenolic compounds highlight its potential for nutraceutical and food applications. In addition, it promotes the sustainable and economic development of the region through the use of a valuable natural resource.

Keywords: Chemical characterization, Folin-Ciocalteu, Polyphenols.

Resumo

O objetivo da investigação foi avaliar a composição química e o teor de compostos fenólicos totais na polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em diferentes estádios de maturação, nas condições da Amazônia equatoriana. Foram selecionados três tipos de goiaba (amarela, vermelha e rosa) com diferentes taxas de maturação. A composição química foi determinada de acordo com os Métodos Oficiais de Análise da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) e o teor de compostos fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu. Os resultados mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos teores de proteína ($0,99 \pm 0,10$ para $6,61 \pm 0,10\%$), gordura ($0,02$ para $0,06\%$), fibra ($25,13 \pm 0,29$ para $37,31 \pm 1,13\%$), cinzas totais ($2,62 \pm 0,11$ a $3,29 \pm 0,05\%$), matéria seca ($10,58 \pm 0,04$ a $31,64 \pm 0,17\%$), carboidratos totais ($53,39 \pm 0,25$ a $67,16 \pm 0,06\%$) e compostos fenólicos ($166,94 \pm 1,06$ a $717,70 \pm 0,86$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$). Esta investigação destaca a goiaba cultivada na Amazônia equatoriana como uma

fonte rica em nutrientes e compostos bioativos. Os altos níveis de compostos fenólicos destacam o seu potencial para aplicações nutraceuticas e alimentares. Além disso, promove o desenvolvimento sustentável e económico da região através da utilização de um recurso natural valioso.

Palavras-chave: Caracterização química, Folin-Ciocalteu, Polifenólicos

Introducción

La biodiversidad de los biomas sudamericanos, incluyendo las regiones andinas, costeras y amazónicas de Ecuador, representa una fuente rica y poco explorada de plantas con potencial nutricional para los seres humanos. Ecuador, conocido en el mundo como uno de los países más megadiversos, se destaca por su abundancia natural, que lo diferencia de otros países andinos (Naranjo-Moran et al., 2024). El país alberga una gran variedad de frutas, algunas nativas y otras introducidas y domesticadas por las poblaciones indígenas a lo largo del tiempo. Estas frutas ahora crecen de manera natural, especialmente en la región amazónica.

La guayaba (*Psidium guajava* L.), conocida también como guara, guayabo y luma, es originaria de los trópicos americanos y se distribuye desde México hasta Perú (Angulo-López et al., 2021). Su adaptabilidad ha permitido su cultivo en áreas cálidas y subtropicales de Europa y Asia. Llevada por los portugueses a la India y españoles a Filipinas, esta fruta se adoptó rápidamente en Asia y algunas áreas de África, y hoy en día se encuentra en Egipto, Palestina, Argelia y la costa mediterránea francesa (Guevara et al., 2019). La guayaba se cultiva en la mayoría de países cálidos, a altitudes que varían hasta los 2000 msnm, en una gran variedad de suelos y climas, entre 1000 y 2000 mm de precipitación anual y temperaturas medias de 20 a 30 °C (Roper-Osorio et al., 2023).

Guayaba, un árbol tropical de gran valor, se cultiva extensamente por sus frutos. Pertenece a la familia Myrtaceae, con 133 géneros y más de 3800 especies (Yousaf et al., 2020). Todas las partes del árbol han sido valoradas históricamente por sus propiedades medicinales. Este árbol perenne, que puede alcanzar entre 6 y 25 pies de altura, tiene ramas extensas y hojas opuestas con pecíolos cortos. Las flores blancas, fragantes y polinizadas por insectos, producen frutos periformes que miden entre 3 y 6 cm de longitud y se tornan amarillos al madurar (Angulo-López et al., 2021).

Considerada una super fruta por algunos investigadores, la guayaba es rica en fenoles y otros antioxidantes. Aunque su comercio internacional en fresco es limitado, los productos procesados de guayaba, como conservas y bebidas, son cada vez más comunes (Méndez et al., 2023). En la industria alimentaria, se utiliza para elaborar pulpa, néctares, mermeladas, jaleas

y jarabes. Los subproductos, principalmente las semillas, constituyen aproximadamente el 30% de la masa de la fruta fresca procesada. A pesar de sus propiedades saludables y bioactivas, estos subproductos suelen ser desechados, causando problemas ambientales. En Brasil, por ejemplo, se descartan más de 70 mil toneladas de residuos, que contienen una alta concentración de compuestos bioactivos (Trong et al., 2021).

La guayaba posee un alto contenido de vitaminas C y A; además de calcio, fósforo y hierro. Contiene más vitamina C que la naranja (Naseer et al., 2018). Entre sus componentes químicos se encuentran saponinas, lixopiranosido, ácido oleanólico, quercetina arabopiranosido, guaijavarina, y flavonoides (Trong et al., 2021). Las hojas de guayaba también son ricas en nutrientes y compuestos bioactivos, con un contenido de 3,64% de cenizas, 0,62% de grasa, 82,47% de humedad, 12,74% de carbohidratos, 18,53% de proteínas, 103 mg/g de ácido ascórbico y 1717 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE)/g de compuestos fenólicos totales (Kumar et al., 2021). La pulpa de guayaba presenta un contenido de compuestos fenólicos entre 44 y 516 mg GAE/100 g, con la pulpa rosada oscilando entre 170 y 300 mg GAE/100 g. Entre los compuestos fenólicos más comunes en la pulpa se encuentran el ácido gálico, el ácido clorogénico, el ácido elágico, la catequina y la rutina, cuya actividad antioxidante se correlaciona con la presencia de una variedad de estos compuestos (Kafle et al., 2018).

La necesidad de esta investigación surge debido a la limitada información disponible sobre la composición química y los compuestos antioxidantes de la guayaba en las condiciones específicas de la Amazonía ecuatoriana. Esta investigación busca llenar este vacío de conocimiento, evaluando el potencial químico y bioactivo de la guayaba en esta región. El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química y el contenido de compuestos fenólicos totales en la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración, bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana, para determinar su potencial como fuente de antioxidantes y su valor nutricional.

Metodología

Materia prima y preparación de las muestras

Se recolectaron tres tipos de guayaba con diferentes índices de maduración (Tabla 1) en el centro experimental de investigación y producción amazónica (CEIPA) de la Universidad Estatal Amazónica, localizado el cantón Arosemena Tola de la provincia del Napo, en el kilómetro 44 vía Puyo-Tena, Ecuador. Los frutos fueron lavados para eliminar restos de

material extraño, luego fueron secados a temperatura ambiente. La pulpa fue separada manualmente y secada en estufa (marca: memmert, modelo: SFE700) a 45°C por 48 h (Méndez et al., 2023). Después del secado, la pulpa fue pulverizada en un molino (marca: KitchenAid, modelo: BCG1110B, frecuencia nominal: 60 Hz) hasta lograr un tamaño de partícula menor a 0,5 mm.

Tabla 1.

Tipos de guayaba y estado de maduración

Descripción	Estado	Código	Índice de madurez
Guayaba amarilla	Verde	GAV	2,60
Guayaba amarilla	Pintona	GAP	7,34
Guayaba amarilla	Madura	GAM	12,79
Guayaba amarilla	Sobremadura	GAS	15,76
Guayaba rosada	Verde	GRV	5,53
Guayaba rosada	Pintona	GRP	8,55
Guayaba rosada	Madura	GRM	11,05
Guayaba rosada	Sobremadura	GRS	13,32
Guayaba roja	Verde	GROV	11,92
Guayaba roja	Pintona	GROP	16,60
Guayaba roja	Madura	GROM	20,44
Guayaba roja	Sobremadura	GROS	26,21

Nota: Autores (2024).

Caracterización de la pulpa de guayaba

Se realizó siguiendo los procedimientos establecidos según los Métodos de análisis oficiales de AOAC International (AOAC, 2023) (Tabla 2).

Tabla 2.

Métodos empleados para determinar la composición química de la pulpa de guayaba

Componente	Norma
Proteína bruta	AOAC 954.01
Grasa bruta	AOAC 920.39
Fibra bruta	AOAC 935.53
Cenizas totales	AOAC 923.03
Materia seca	AOAC 925.10
Carbohidratos totales	Por diferencia.

Nota: Autores (2024).

Seguidamente, se describen los métodos empleados en la caracterización química de la pulpa de guayaba:

Proteína bruta

Se pesó por triplicado 1 g de muestra en tubos de digestión, seguidamente se añadió una pastilla Kjeldahl (catalizador), tres perlas de ebullición y 20 mL de H₂SO₄ concentrado (96-98%). Los tubos fueron colocados en un digestor (marca: Hanon, modelo: SH420) durante 2 h. Luego, a cada tubo de digestión se añadieron 65 mL de agua destilada y 60 mL de NaOH (45,4%) para destilar el nitrógeno presente en la muestra digerida, para ello se usó un destilador de nitrógeno (marca: Hanon, modelo: K1100F). El producto destilado se recogió en un Erlenmeyer de 100 mL el cual contenía tres gotas del indicador de Tashiro y 35 mL de H₃BO₃ (2%). Finalmente, el nitrógeno destilado, se valoró con una disolución de H₂SO₄ a 0,2 N. El contenido de proteína se expresó en porcentaje según la ecuación 1.

$$\%P = \frac{(V-V_B) \cdot N \cdot 0,014 \cdot 6,25}{m} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde: V indica el consumo de H₂SO₄ (0,2 N), V_B el volumen de consumo del blanco, N es la normalidad del ácido (H₂SO₄) y m es la muestra seca de guayaba (g).

Grasa bruta

Se determinó en un equipo extractor de grasa automático (marca: Ankom, modelo XT15). Las condiciones de trabajo en el equipo se fijaron con una temperatura de 90°C, tiempo de extracción de 2 h y como disolvente se usó n-hexano. Se pesó por triplicado 1 g de muestra en bolsas filtrantes previamente pesadas, las cuales se colocaron dentro del equipo para la extracción. Al finalizar la extracción de grasa, las bolsas se colocaron en estufa a 105°C por 45 min con el fin de eliminar restos de n-hexano. Finalmente, las bolsas con las muestras desengrasadas se pesaron y el contenido de grasa se calculó por diferencia de peso, según la ecuación 2.

$$\%G = \frac{m - (F_{md} - F)}{m} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde F_{md} es el peso de la funda más la muestra desengrasada (g), F es el peso de la funda (g) vacía y m representa el peso de la muestra (g)

Fibra bruta

Se pesó por triplicado 1 g de muestra en bolsas filtrantes previamente pesadas, las cuales se humedecieron con agua destilada y se colocaron en un equipo de determinación de fibra automático (marca: Tecnal, modelo: TE149). Las muestras se trataron con 3 litros de ácido sulfúrico al 1,25% a 90°C durante 30 minutos, seguido de cuatro enjuagues con agua destilada a 90°C. Luego, se agregó hidróxido de sodio al 1,25% y se agitaron por 30 minutos, seguido de cuatro enjuagues con agua destilada a 90°C. Después, las muestras se enjuagaron con

alcohol y acetona, se secaron en una estufa por 4 horas, y luego se calcinaron en crisoles en una mufla a 550°C por 2 horas. Finalmente, las muestras se pesaron y el contenido de fibra bruta se calculó según la ecuación 3.

$$\%F = \frac{(C-A)-D}{m} \cdot 100 \quad (3)$$

Donde A indica el peso de la bola vacía (g), m es el peso de la muestra (g), C representa el peso del conjunto crisol-bolsa-extracto (g) y D es el peso del conjunto crisol-ceniza (g).

Cenizas totales

En crisoles pesados previamente, se colocó por triplicado 1 g de muestra las cuales se calcinaron durante 10 min en una plancha de calentamiento. Luego, los crisoles se ubicaron en una mufla (marca: Thermo scientific) durante 2 h a 550°C. Después, se enfriaron en un desecador y se pesaron. El contenido de cenizas totales se determinó según la ecuación 4.

$$\%CE = \frac{P-C}{m} \cdot 100 \quad (4)$$

Donde P es el peso del crisol más las cenizas (g), C indica el peso del crisol vacío (g) y m el peso de la muestra (g).

Materia seca

Se pesó por triplicado 1 g de muestra en crisoles de porcelana los cuales se colocaron en una estufa (marca: memmert, modelo: SFE700) a 105°C por 4 h. Luego, las muestras se enfriaron en un desecador y posteriormente se pesaron. Este procedimiento se repitió hasta obtener peso constante. El contenido de materia seca se calculó empleando la ecuación 5.

$$\%Ms = \frac{C_{ms}-C}{m} \cdot 100 \quad (5)$$

Donde C_{ms} es el peso del crisol más la muestra seca (g), C indica el peso del crisol vacío (g) y m representa el peso de la muestra inicial (g).

Carbohidratos totales

Se calculó por diferencias de nutrientes incluyendo el contenido de humedad, según la ecuación 6.

$$\%CT = 100\% - (\%H + \%P + \%G + \%F + \%C) \quad (6)$$

Donde: H-contenido de humedad, P-proteína, G-grasa, F-fibra y C-cenizas.

Compuestos fenólicos totales (CFT)

Se realizó una extracción sólido-líquido (1:10) usando como disolvente etanol al 80%. Para ello se empleó un equipo ultrasónico (marca: Wisd.23, modelo: WUC-DO6H) ajustado a 40°C y 30 min de extracción. Los extractos se filtraron usando se papel de filtro Whatman número 4, y los análisis de polifenoles se llevaron a cabo de inmediato.

Los CFT se determinaron aplicando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Luna-Fox et al., 2023). En un matraz de 10 mL, se colocó 1 mL del extracto etanólico junto con 0,5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu diluido al 50% con agua destilada y se dejó en reposo por 10 min a temperatura ambiente. Luego se añadió 0,5 mL de Na_2CO_3 al 20% y el volumen del matraz se completó con agua destilada. Las muestras se dejaron en reposo durante 2 h en ausencia de luz y a temperatura ambiente. La absorbancia se leyó a 765 nm en un espectrofotómetro UV-visible (marca: Perkin Elmer). Los cálculos se realizaron utilizando el modelo matemático de la curva de calibrado del ácido gálico (ecuación 7) y los resultados se expresaron en miligramos equivalentes al ácido gálico por cada 100 gramos de materia seca ($\text{mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

$$A = 0,0734C - 0,0028 \quad (7)$$

Donde: es la absorbancia de la muestra y C es la concentración de polifenoles ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey a una confiabilidad del 95%, para determinar las diferencias estadísticas entre la composición química y CFT de la guayaba en los distintos índices de maduración. En todos los análisis estadísticos se usó el software Origin 2021 (Orji et al., 2022).

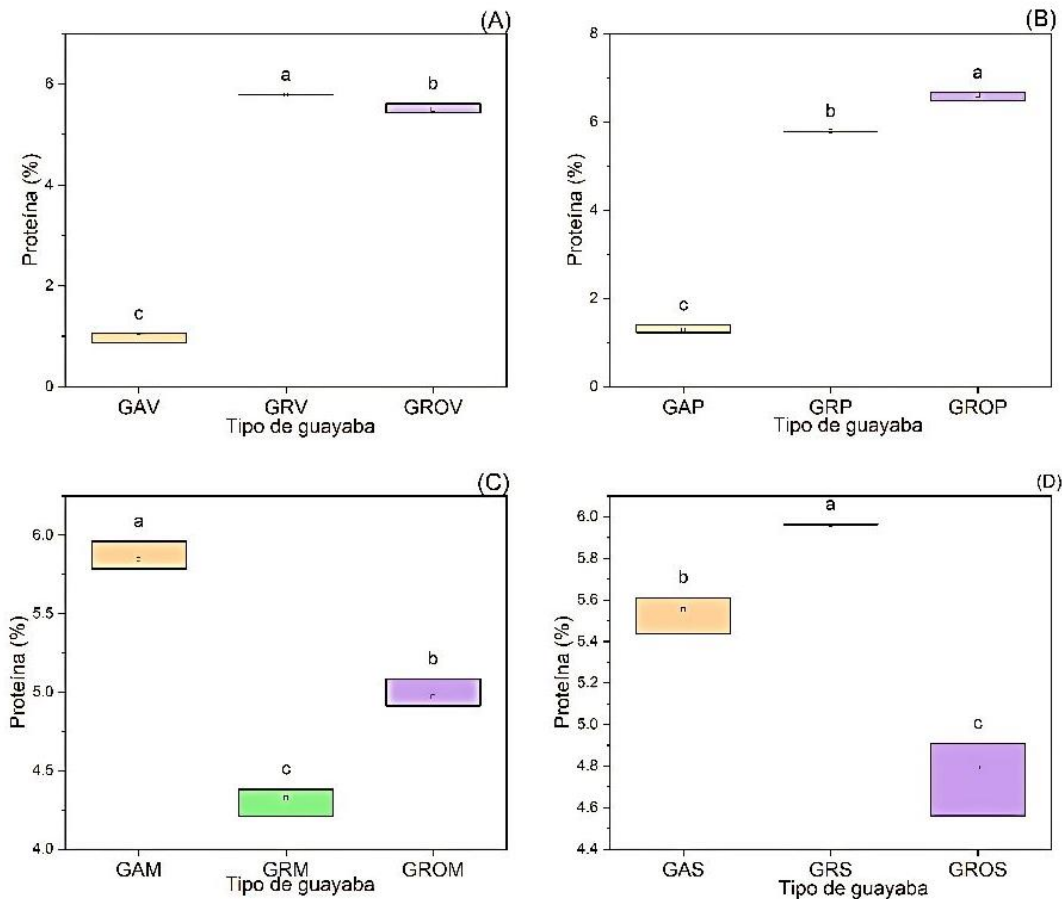
Resultados

Proteína bruta

El contenido de proteína bruta mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tres tipos de guayaba analizada (Figura 1). En la guayaba verde, GRV presentó el valor más alto con un promedio de $5,79 \pm 0,01\%$. Para la guayaba pintona, GROD alcanzó las medias más altas con $6,6 \pm 0,1\%$. En las muestras maduras y sobremaduras, GAM y GRS registraron los resultados más elevados, con medias de $5,8 \pm 0,1\%$ y $5,96 \pm 0,05\%$, respectivamente.

Figura 1.

ANOVA para el contenido de proteína en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



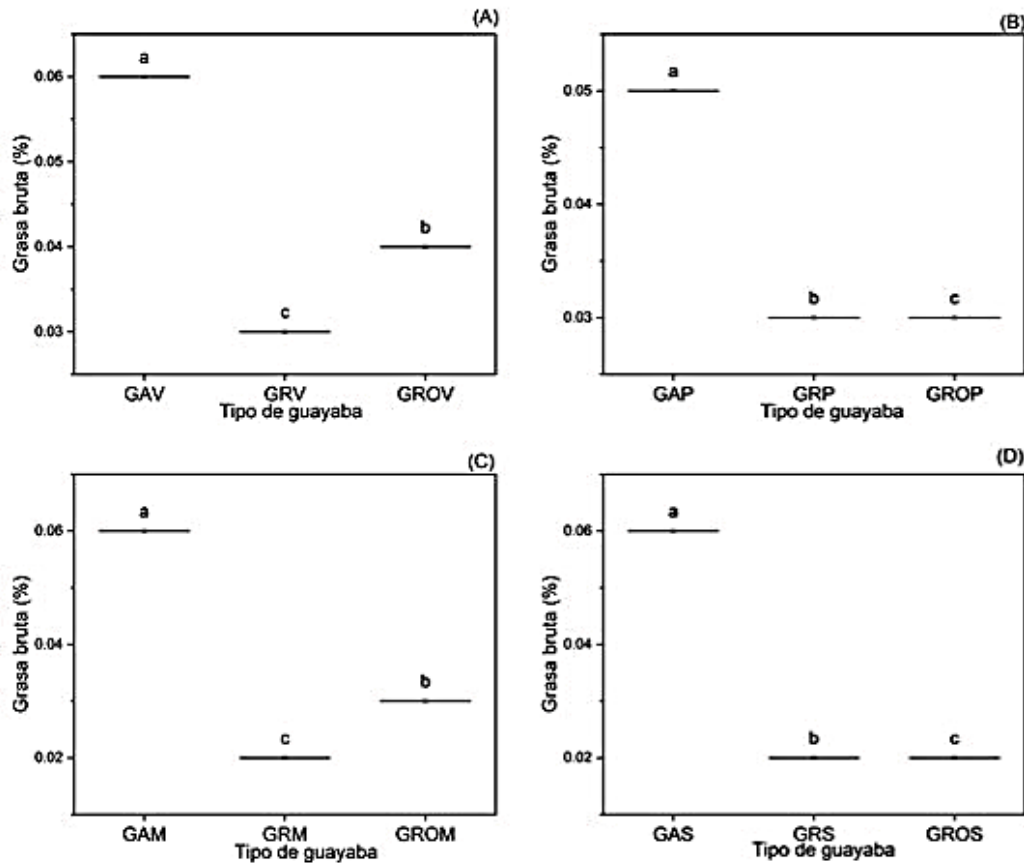
Nota: Autores (2024).

Grasa bruta

El contenido de grasa bruta reveló diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tipos de guayaba analizados, como se observa en la Figura 2. En particular, se destaca que en todos los casos la guayaba amarilla presentó los valores más elevados de grasa bruta, con medias que variaron entre 0,05% y 0,06%. Estos resultados indican una mayor presencia de lípidos en esta variedad de guayaba en comparación con las demás. Por otro lado, la guayaba rosada exhibió el contenido de grasa más bajo, con valores que oscilaron entre 0,02% y 0,03%, lo que la posiciona como la variedad con menor concentración de este componente.

Figura 2.

ANOVA para el contenido de grasa en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



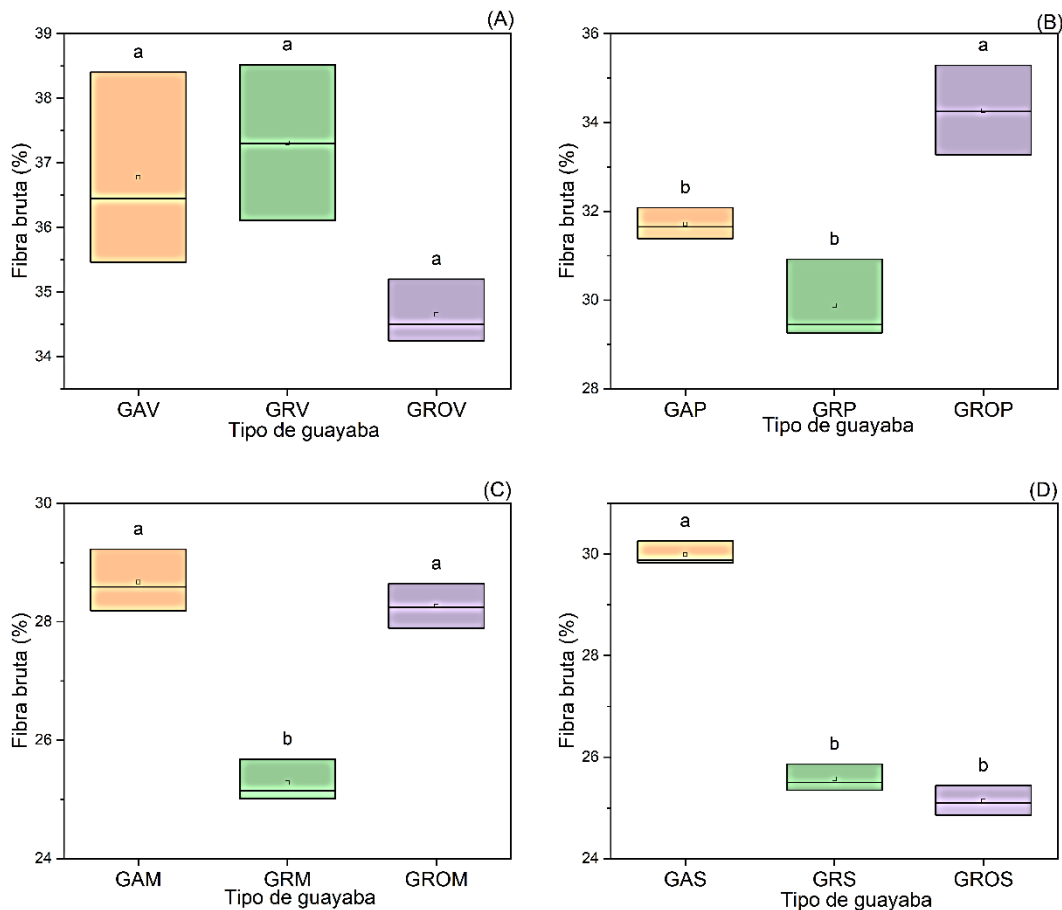
Nota: Autores (2024).

Fibra bruta

La Figura 3 presenta el análisis ANOVA del contenido de fibra bruta. En las frutas en estado verde, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$), con medias que variaron entre 34,65% y 37,31%. En las guayabas pintonas, la variedad GROP mostró los valores más altos, con una media de $34,27 \pm 1,01\%$, presentando diferencias estadísticamente significativas en comparación con GAP y GRP. En las guayabas maduras, GAM y GROM no mostraron diferencias entre sí, mientras que GRM presentó resultados significativamente diferentes. Finalmente, en las guayabas sobremaduras, GAS registró los valores más altos ($29,99 \pm 0,34\%$), diferenciándose de GRS y GROS, que no mostraron diferencias significativas.

Figura 3.

ANOVA para el contenido de fibra en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



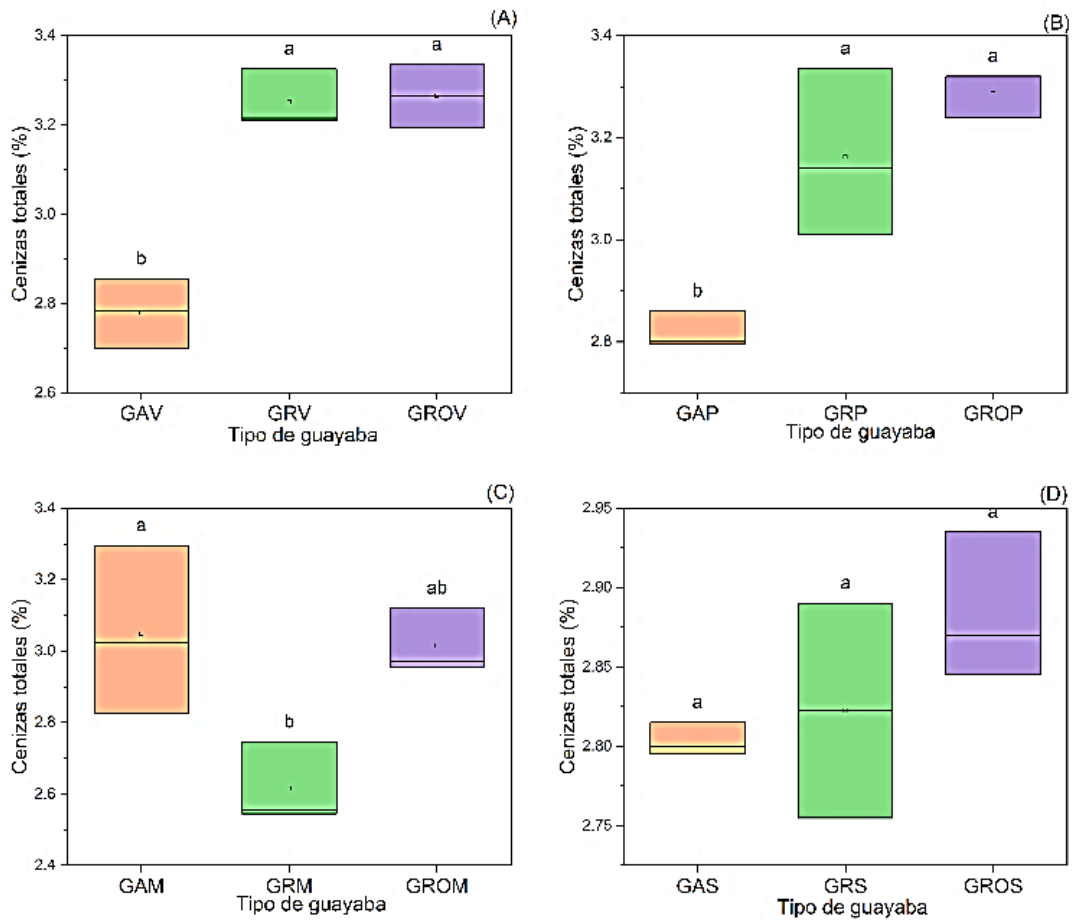
Nota: Autores (2024).

Cenizas totales

El contenido de cenizas totales en GAV mostró diferencias significativas (Figura 4) frente a GRV y GROV que no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre sí, los resultados variaron entre $2,78 \pm 0,08\%$ y $3,27 \pm 0,07\%$. En guayabas pintonas, el contenido de cenizas no tuvo variaciones significativas en GRP y GROP en contraste con GAP que fue significativo con una media de $1,29 \pm 0,1\%$. Por otro lado, todas las muestras de guayaba maduras presentaron diferencias significativas, siendo GAM quien obtuvo los valores más altos ($3,04 \pm 0,24\%$). Finalmente, no hubo significancia estadística entre GAS, GRS y GROS, con resultados que fluctuaron entre $2,80 \pm 0,01\%$ y $2,88 \pm 0,05\%$.

Figura 4.

ANOVA para el contenido de cenizas en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



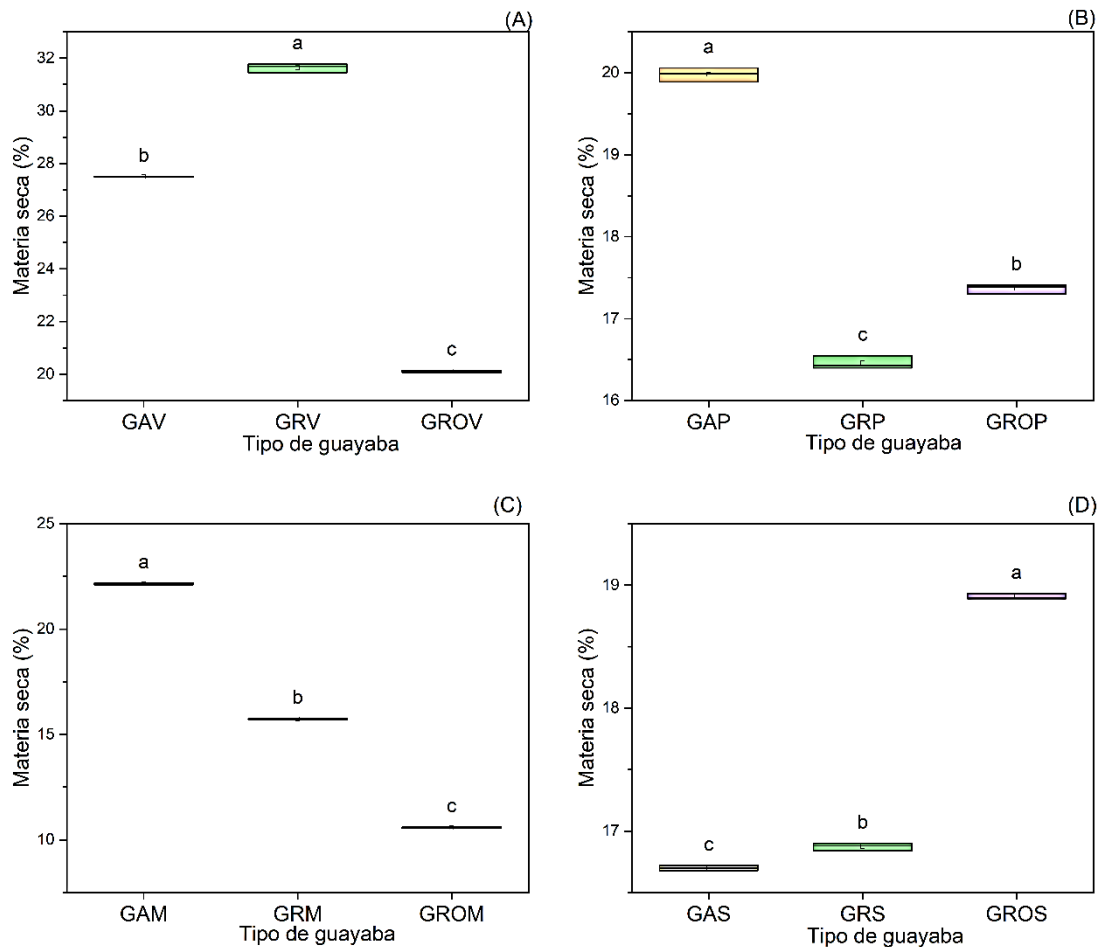
Nota: Autores (2024).

Materia seca

El análisis ANOVA presentado en la Figura 5 mostró que la materia seca fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en los diferentes tipos de guayaba. Los resultados más altos para las muestras verdes, pintonas, maduras y sobremaduras se encontraron en GRV, GAP, GAM y GROS con valores de $31,64 \pm 0,17\%$, $19,98 \pm 0,09\%$, $22,14 \pm 0,04\%$ y $18,91 \pm 0,02\%$ respectivamente.

Figura 5.

ANOVA para el contenido de materia seca en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



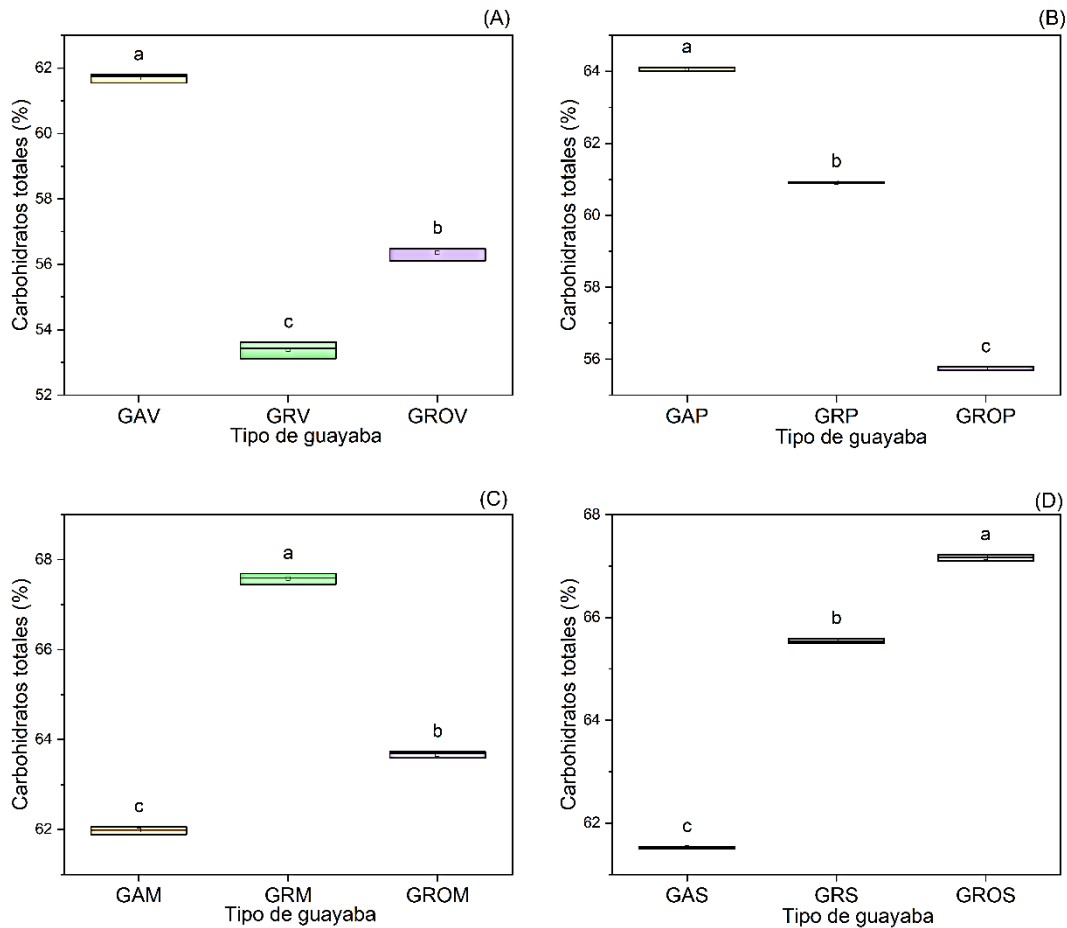
Nota: Autores (2024).

Carbohidratos totales

Los resultados mostrados en la Figura 6 indicaron que los valores más altos de carbohidratos en las guayabas verdes se encontraron en las muestras de GAV, con un contenido de $61,7 \pm 0,13\%$. Para las guayabas en estado pintón, GAP mostró una concentración destacada de carbohidratos, alcanzando un $64,07 \pm 0,06\%$. En las guayabas maduras, GRM presentó los valores más altos, con un intervalo que varió entre $67,58 \pm 0,12\%$. Finalmente, en las muestras sobremaduras, GROS exhibió la mayor concentración de carbohidratos con un valor de $67,16 \pm 0,06\%$.

Figura 6.

ANOVA para el contenido de carbohidratos totales en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



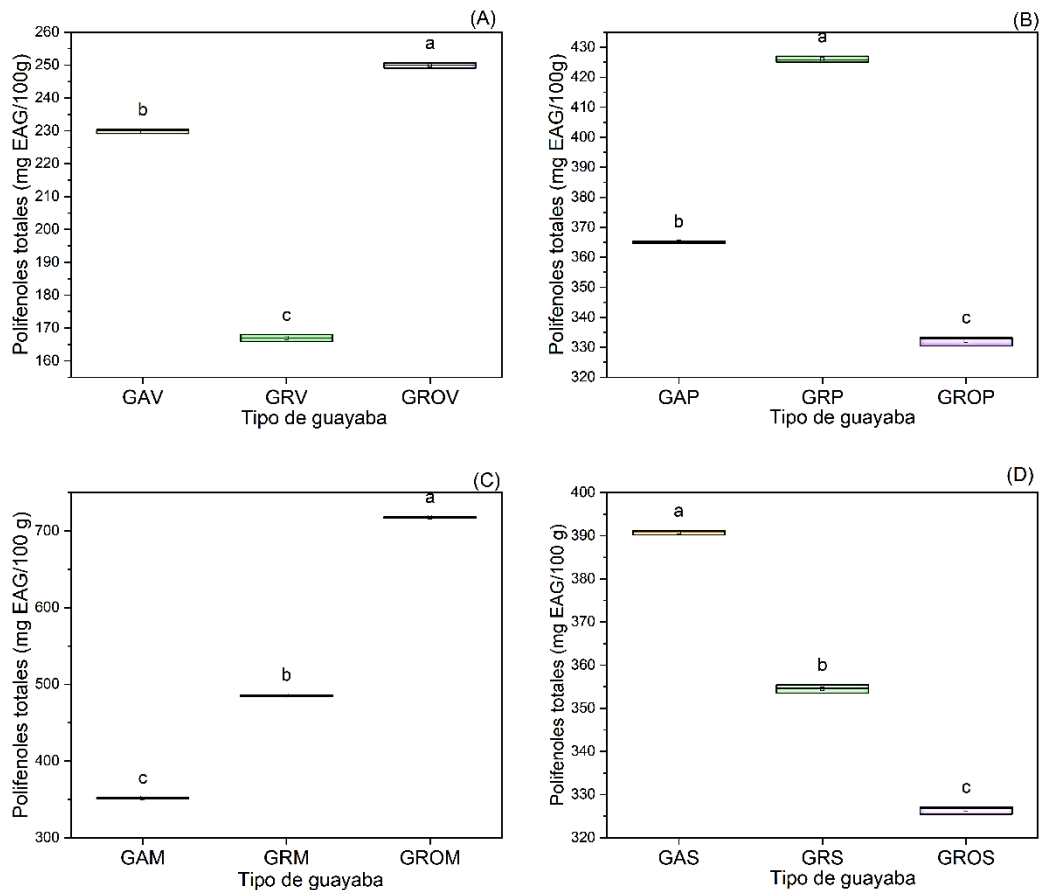
Nota: Autores (2024).

Compuestos fenólicos totales

El análisis ANOVA presentado en la figura 7 mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en las muestras en estado verde, destacando GROV con valores de $249,94 \pm 0,21$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$. Así mismo, en las muestras pintonas los mejores resultados se identificaron en GRP con $425,91 \pm 1,01$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$ mostrando diferencias significativas frente a GAP y GROP. Por otro lado, GROM registró los resultados más altos en comparación con GAM y GRM, con una concentración $717,70 \pm 0,86$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$. Finalmente, en las muestras sobremaduras GAS alcanzó valores de $390,81 \pm 0,52$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$ mostrando diferencias estadísticas respecto a GRS y GROS.

Figura 7.

ANOVA para el contenido fenólico en guayaba verde (A), pintona (B), madura (C) y sobremadura (D). Letras desiguales mostraron diferencias significativas según el ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).



Nota: Autores (2024).

Discusión

En este estudio se determinó la composición química de tres tipos de guayaba con diferentes índices de maduración. El contenido de proteína bruta reportado en esta investigación fue mayor al informado por Camargo y Quiróz (2022) quienes encontraron valores de proteína de 1,74% en guayaba amarilla, 3,42% en guayaba roja y 3,05% en guayaba rosada. En otro estudio realizado por Martínez et al. (2012) reportaron un contenido de proteína entre 4 y 4,8% en guayaba variedad roja. La variabilidad en el contenido de proteína puede atribuirse a diferentes factores, como las condiciones de cultivo, el estado de maduración de las frutas y las técnicas de análisis utilizadas. Además, los valores más altos de proteína observados en las muestras analizadas en esta investigación indican que las guayabas cultivadas en la Amazonia ecuatoriana podrían tener un perfil nutricional superior en

comparación con las de otras regiones. Esto podría estar relacionado con las condiciones únicas del ecosistema amazónico, que pueden influir en la composición química de las frutas.

Por otro lado, las diferencias en el contenido de grasa bruta en las muestras de guayaba analizadas, pueden estar influenciadas por factores como el estado de maduración de los frutos, las condiciones de cultivo y las características genéticas de cada variedad. Los resultados de grasa fueron inferiores a los reportados por Martínez et al. (2012), quienes encontraron en diferentes variedades de guayaba un contenido de grasa que variaba entre 2,4% y 4,5%. Estas cifras muestran que las guayabas analizadas en este estudio podrían haber sido cultivadas en condiciones que limitan el desarrollo de grasas. Además, el estudio de Camargo y Quiróz, (2022) reportaron valores aún más altos, con 4,91% en guayaba amarilla, 3,92% en guayaba rosada y 3,41% en guayaba roja, lo que indica que existen diferencias notables en el perfil lipídico de la guayaba según la variedad y las condiciones ambientales en las que se cultiva.

El contenido de fibra bruta encontrado en esta investigación fue superior a los reportados en estudios previos; por ejemplo, Silva-Vega et al. (2017) reportaron en guayaba amarilla un valor de 31,21%, guayaba rosada 23,23% y guayaba roja 18,22%. Así mismo, Laime et al. (2024) reportaron valores de 20,19%. Según Martínez et al. (2012) los valores altos de fibra en una fruta indican que es beneficiosa para la salud digestiva al mejorar la motilidad intestinal y prevenir el estreñimiento, contribuye al control de peso al proporcionar mayor saciedad, ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre, reduce el colesterol producido por lipoproteínas de baja densidad, y disminuye el riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares. Además, una alta concentración de fibra favorece un microbiota intestinal saludable, lo cual es crucial para el bienestar general.

El contenido de cenizas totales en diferentes tipos de guayaba ha sido previamente documentado en la literatura. Yousaf et al. (2020) informaron valores entre 0,59 y 0,68% en guayabas rojas y amarillas. Así mismo, Camargo y Quiróz (2022) reportaron valores de 0,78% en guayaba amarilla, 0,84% en guayaba rosada y 0,96 en guayaba roja. Méndez et al. (2023) encontraron valores de cenizas totales entre 0,34 a 0,4%. Estos resultados son inferiores a los reportados en esta investigación. Las cenizas representan el contenido mineral total de la fruta, indicando la presencia de minerales esenciales como calcio, potasio, magnesio, y hierro. Valores más altos de cenizas indican un mayor contenido mineral, lo que muestra que la fruta puede ser una buena fuente de nutrientes esenciales para la dieta humana. Esta información es crucial para la evaluación nutricional y el potencial uso de la fruta en la industria alimentaria y de suplementos nutricionales.

Los resultados de materia seca fueron superiores a los reportados por Méndez et al. (2023) quienes informaron valores de 16,2-17,89% en guayabas de variedad amarilla y roja. Por otro lado, Camargo y Quiróz (2022) encontraron valores similares en guayaba amarilla 24,7%, guayaba rosada 29,36% y guayaba roja 21,3%. La variación en el contenido de materia seca entre los diferentes estados de maduración de las guayabas puede atribuirse a cambios fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante el proceso de maduración. Los valores más altos de materia seca en guayabas verdes sugieren una menor cantidad de agua y una mayor concentración de sólidos, lo cual es típico en frutas menos maduras.

Los resultados de carbohidratos totales fueron mayores a los reportados en otros estudios. Martínez et al. (2012) informaron valores de carbohidratos totales en guayaba amarilla y roja que oscilaban entre 14,4% y 22,2%. De manera similar, el estudio desarrollado por ousaf et al. (2020), quienes analizaron la concentración de carbohidratos totales en ocho variedades de guayaba, encontraron valores que fluctuaban entre 8,67% y 10,1%. Zapata et al. (2013) también reportaron valores más bajos, con 17,26% en guayaba amarilla, 21,55% en guayaba rosada y 13,24% en guayaba roja. La observación de valores elevados de carbohidratos en guayabas de diferentes estados de maduración indica una alta concentración de azúcares y otros compuestos solubles, que aumentan a medida que la fruta madura. En particular, las guayabas maduras y sobremaduras muestran los niveles más altos, reflejando un proceso de acumulación de carbohidratos durante la maduración. Esta acumulación es una respuesta natural del fruto a la disminución de contenido de agua y la conversión de almidones en azúcares simples.

Diferentes investigaciones han reportado variaciones en el contenido de polifenoles en la pulpa de guayaba en base seca. En el estudio realizado por Zapata et al. (2013) informaron valores de $385,39 \pm 9$ mg EAG $\cdot 100g^{-1}$. Otro estudio realizado por Yousaf et al. (2020) determinaron el contenido de polifenoles en ocho variedades de guayaba, registrando valores entre 94,06 y 190,64 mg EAG $\cdot 100g^{-1}$, significativamente más bajos que los hallazgos de la presente investigación. Además, Shukla et al. (2021) encontraron variaciones en el contenido fenólico entre 9,46 y 63,08 mg EAG $\cdot 100g^{-1}$ en cinco tipos de guayaba, también inferiores a los valores reportados en este estudio. Los valores altos de polifenoles obtenidos en esta investigación pueden deberse a las condiciones específicas de cultivo en la Amazonia ecuatoriana, que podrían favorecer la síntesis y acumulación de compuestos bioactivos en la guayaba. La variabilidad en los métodos de análisis y las diferentes variedades estudiadas también pueden contribuir a las diferencias observadas. La identificación de guayabas con altos

niveles de compuestos fenólicos puede abrir nuevas oportunidades para su uso en la industria alimentaria y nutracéutica. Además, estos hallazgos pueden incentivar el cultivo y consumo de guayabas en la región, contribuyendo al desarrollo económico y sostenible de las comunidades locales. Por último, la valorización de guayabas con altos contenidos fenólicos puede apoyar estrategias de conservación de la biodiversidad y promover prácticas agrícolas sostenibles en la Amazonía ecuatoriana.

Conclusión

La caracterización química de los diferentes tipos de guayaba bajo las condiciones de la Amazonía ecuatoriana demostró que esta fruta posee excelentes concentraciones de proteínas, fibra, cenizas totales, carbohidratos totales y materia seca. Estos resultados resaltan el valor nutricional de la guayaba, sugiriendo que es una fuente rica en nutrientes esenciales que pueden contribuir significativamente a la dieta humana.

El alto contenido de compuestos fenólicos en las guayabas estudiadas resalta su potencial como una fuente significativa de antioxidantes. Estos compuestos son altamente beneficiosos para la salud humana, ya que pueden ayudar a proteger el cuerpo contra el estrés oxidativo y reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Además, el elevado nivel de antioxidantes no solo mejora el valor nutricional de la guayaba, sino que también aumenta su atractivo comercial.

Los resultados del presente estudio muestran la importancia de la guayaba como un alimento funcional que puede contribuir positivamente a la salud pública y al desarrollo económico a través de su comercialización.

Referencias bibliográficas

- Angulo-López, E., Flores-Gallegos, C., Torres-León, C., Ramírez-Guzmán, N., Martínez, A., and Aguilar, N. (2021). Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit and Valorization of Industrialization By-Products. *Processes* 2021, Vol. 9, Page 1075, 9(6), 1075. <https://doi.org/10.3390/PR9061075>
- AOAC. (2023). Official Methods of Analysis of AOAC international. *Official Methods of Analysis of AOAC international*. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Camargo, E y Quiróz, K. (2022). Estudio bromatológico de cuatro variables de guayaba (*Psidium guajava*) localizadas en la Provincia de Chiriquí. *Revista Plus Economía, ISSN-e 2644-4046, ISSN 2411-0353, Vol. 10, N°. 2, 2022 (Ejemplar Dedicado a: Plus Economía, Volumen 10 - Número 2), Págs. 4-16, 10(2), 4-16.*

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9110459&info=resumen&idioma=SPA>

- Guevara, M., Tejera, E., Granda-Albuja, G., Iturralde, G., Chisaguano-Tonato, M., Granda-Albuja, S., Jaramillo-Vivanco, T., Giampieri, F., Battino, M., and Alvarez-Suarez, M. (2019). Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Main Fruits Consumed in the Western Coastal Region of Ecuador as a Source of Health-Promoting Compounds. *Antioxidants* 2019, Vol. 8, Page 387, 8(9), 387. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX8090387>
- Kafle, A., Anantha, S., Sangita, S., Reddy, I., Nehru, J., Officer, V., Kafle, A., and Chapagain, M. (2018). A review on medicinal properties of *Psidium guajava*. ~ 44 ~ *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(4), 44–47. https://www.botanical-online.com/english/guava_characteristics.htm
- Kumar, M., Tomar, M., Amarowicz, R., Saurabh, V., Sneha Nair, M., Maheshwari, C., Sasi, M., Prajapati, U., Hasan, M., Singh, S., Changan, S., Prajapat, K., Berwal, K., & Satankar, V. (2021). Guava (*Psidium guajava* L.) Leaves: Nutritional Composition, Phytochemical Profile, and Health-Promoting Bioactivities. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 752, 10(4), 752. <https://doi.org/10.3390/FOODS10040752>
- Laime, D., Aparco, H., Tadeo, T., Lipa, C., Oblitas, A., y Cano, S. (2024). Evaluación nutricional de snacks extruidos a base de tres variedades de quinua andina peruana. *Revista Alfa*, 8(23), 424–438. <https://doi.org/10.33996/REVISTAALFA.V8I23.275>
- Luna-Fox, S., Álvarez-Castro, R., Peñafiel-Bonilla, J., Radice, M., Scalvenzi, L., Arteaga-Crespo, Y., López-Hernández, D., y Bravo-Sánchez, L. (2023). Elaboración de un preparado hidrosoluble en forma de sólido pulverulento a partir de *Ilex guayusa* Loes. *La Técnica*, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, Vol. 13, N°. 1, Págs. 47-56, 13(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9035502&info=resumen&idioma=SPA>
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., and Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135(3), 1520–1526. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.05.057>
- Méndez, H., Roque, M., Santoyo, T., Figueroa, A., Cauich, D., y Saavedra, M. (2023). Evaluación de la estabilidad lipídica en hamburguesas de pollo adicionadas con extractos de guayaba (*Psidium guajava* L.) como antioxidantes. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 424–434. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.57>
- Naranjo-Moran, J., Vera-Morales, M., Solorzano-Muñoz, J., and Pino-Acosta, A. (2024). Fotografía botánica: una herramienta para la educación artística en un remanente de bosque seco tropical, Guayaquil - Ecuador. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, 12(1), 23–32. <https://doi.org/10.26423/RCPI.V12I1.753>
- Naseer, S., Hussain, S., Naeem, N., Pervaiz, M., and Rahman, M. (2018). The phytochemistry and medicinal value of *Psidium guajava* (guava). *Clinical Phytoscience* 2018 4:1, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/S40816-018-0093-8>
- Orji, I., Ugwu, C., Ugwuanyi, M., Cyril, M., Uwakwe, C., Elejere, C., Omeke, E., and Ugwuanyi, S. (2022). *Reducing Errors In Slope In Physics Graphs Using Origin Lab Software*. 19(3), 115. <http://www.webology.org>

- Ropero-Osorio, O., Cañar-Serna, Y., Mejia-de Tafur, S., Caicedo-Arana, Á., Enriquez-Valencia, L., Aguilera-Arango, A., y Rodríguez-Henao, E. (2023). Evaluación fisicoquímica de frutos del germoplasma de guayaba conservado en Agrosavia, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), 3271. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL24_NUM3_ART:3271
- Shukla, S., Kushwaha, R., Singh, M., Saroj, R., Puranik, V., Agarwal, R., and Kaur, D. (2021). Quantification of bioactive compounds in guava at different ripening stages. *Food Research*, 5(3), 183–189. [https://doi.org/10.26656/FR.2017.5\(3\).554](https://doi.org/10.26656/FR.2017.5(3).554)
- Silva-Vega, M., Bañuelos-Valenzuela, R., Muro-Reyes, A., Esparza-Ibarra, E., y Delgadillo-Ruiz, L. (2017). Evaluación de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa en la nutrición ruminal. *Abanico Veterinario*, 7(1), 26–35. <https://doi.org/10.21929/ABAVET2017.71.2>
- Trong, V., Khanh, N., Huyen, T., Hien, T., and Lam, L. (2021). Changes in physiological and biochemical parameters during the growth and development of guava fruit (*Psidium guajava*) grown in vietnam. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 53(2), 82–90. <https://doi.org/10.48162/REV.39.042>
- Yousaf, A., Abbasi, S., Ahmad, A., Hassan, I., Sohail, A., Qayyum, A., and Akram, M. A. (2020). Physico-chemical and Nutraceutical Characterization of Selected Indigenous Guava (*Psidium guajava* L.) Cultivars. *Food Science and Technology*, 41(1), 47–58. <https://doi.org/10.1590/FST.35319>
- Zapata, K., Cortes, B., y Rojano, A. (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Información Tecnológica*, 24(5), 103–112. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500012>