

Caracterización química proximal del grano fermentado y seco para la renovación de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo criollo

Ender Iñiguez¹ y Clímaco Álvarez²

¹Profesional de investigación. Vicerrectoría de Investigación y Asuntos de Postgrado, Universidad Católica del Cibao (Ucateci), La Vega, DO. Ender Iñiguez. <https://orcid.org/0000-0001-9609-8898> ²Profesional de Investigación. Laboratorio de Calidad y Post-cosecha en Cacao, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), VE. Clímaco Álvarez <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>. Correo electrónico autor correspondiente: einiguez@ucateci.edu.do

RESUMEN

En este estudio se evaluó la composición química proximal del grano seco y fermentado de tres genotipos de cacao criollo (GE-06, GE-11 y GE-20) comparados con dos muestras comerciales (OC-60 y OC-61), con el fin de determinar su potencial para programas de renovación de plantaciones. Los análisis incluyeron la medición de variables como contenido de humedad, proteína cruda, cenizas, fibra cruda y pH. Los genotipos criollos presentaron mayores concentraciones de proteína (14,13% a 15,01%) y cenizas (3,98% a 4,27%) en comparación con las muestras comerciales (11,63% a 11,97% en proteína y 2,54% a 3,48% en cenizas). Los valores de pH fueron inferiores en los genotipos criollos (4,20 a 4,88) frente a las muestras comerciales (5,11), lo que podría contribuir a un perfil sensorial más complejo en el producto final. Estos resultados sugieren que los genotipos criollos son adecuados para la producción de cacao de alta calidad, con potencial para mercados especializados.

Palabras clave: Cacao criollo, caracterización química, calidad sensorial, diversidad genética.

ABSTRACT

In this study, the proximal chemical composition of the dried and fermented grain of three Criollo cocoa genotypes (GE-06, GE-11 and GE-20) was evaluated compared to two commercial samples (OC-60 and OC-61), with the in order to determine its potential for plantation renewal programs. The analyzes included the measurement of variables such as moisture content, crude protein, ash, crude fiber and pH. The Creole genotypes presented higher concentrations of protein (14.13% to 15.01%) and ash (3.98% to 4.27%) compared to commercial samples (11.63% to 11.97% in protein). and 2.54% to 3.48% in ashes). The pH values were lower in the Creole genotypes (4.20 to 4.88) compared to the commercial samples (5.11), which could contribute to a more complex sensory profile in the final product. These results suggest that criollo genotypes are suitable for the production of high-quality cocoa, with potential for specialized markets.

Keywords: Criollo cacao, chemical characterization, sensory quality, genetic diversity.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo criollo se caracteriza por su calidad superior y su potencial para la producción de chocolates finos, lo que lo convierte en un recurso de alto valor económico y comercial, sin embargo, las plantaciones de cacao criollo presentan una baja productividad y son susceptibles a enfermedades, lo que subraya la necesidad de implementar programas de renovación y mejoramiento

genético. La caracterización química proximal de los granos es fundamental para identificar materiales con una composición óptima que aseguren un producto de calidad diferenciada en el mercado.

El presente estudio evaluó la composición química proximal del grano seco y fermentado de tres genotipos criollos recolectados en la región de Cumboto, Venezuela, y los comparó con dos muestras comerciales. Los resultados obtenidos contribuyen a la caracterización y conservación de los recursos genéticos locales, así como a la identificación de genotipos con potencial para programas de mejoramiento y producción de chocolates finos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y manejo de muestras

Se seleccionaron tres genotipos espontáneos de cacao tipo criollo (GE-06, GE-11 y GE-20) y dos muestras comerciales (OC-60 y OC-61) recolectadas en la región de Cumboto, Venezuela. Las mazorcas fueron seleccionadas en estado de madurez óptima, asegurando que las semillas presentaran cotiledones blancos, alto índice de almendra y bajo índice de mazorca, Cedeño *et al.* (2019). Las almendras se extrajeron de las mazorcas y se agruparon por genotipo, etiquetándolas adecuadamente para garantizar la trazabilidad y la precisión en la evaluación de las características individuales de cada genotipo.

Proceso de fermentación y secado

Se utilizó un método de microfermentación para evaluar las propiedades de cada genotipo. Las almendras se colocaron en bolsas de nylon y se introdujeron dentro de una masa fermentante mayor, lo que permitió simular las condiciones de fermentación masiva empleadas en procesos a escala comercial, Guehi *et al.* (2010). La fermentación se llevó a cabo en cajones de madera de laurel con dimensiones de 60 cm x 60 cm x 60 cm, los cuales fueron diseñados para facilitar el drenaje y la circulación de aire, De Vuyst y Leroy (2020). Se monitorearon las temperaturas internas a diferentes profundidades, así como las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa. La masa fermentante se removió manualmente a las 48 horas para homogenizar la fermentación y favorecer el desarrollo de microorganismos beneficiosos.

Después de completar el proceso de fermentación, las almendras se secaron al sol en tendales de madera, siguiendo protocolos que aseguran un secado gradual y uniforme, Kongor *et al.* (2016). El secado duró entre 5 y 7 días, dependiendo de las condiciones climáticas, hasta alcanzar un contenido de humedad del 6 al 7%. Durante el secado, se controló el volteo de las almendras para evitar el crecimiento de mohos y asegurar una calidad óptima.

Caracterización química proximal del grano fermentado y seco

Se realizaron análisis químicos proximales para determinar el contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra y carbohidratos totales de las muestras fermentadas y secas, siguiendo los métodos estandarizados por la AOAC (2019). Además, se cuantificaron compuestos bioactivos como polifenoles totales, teobromina y cafeína mediante técnicas espectrofotométricas y cromatográficas, Jinap y Ding (2018). Estos compuestos son relevantes debido a su influencia en las propiedades sensoriales y los beneficios para la salud asociados al consumo de cacao.

La acidez titulable y el pH se midieron para evaluar el grado de fermentación y su impacto en la calidad del grano, ya que estos parámetros afectan directamente el desarrollo de sabores y aromas característicos del cacao fino, Saltini *et al.* (2013). El contenido de humedad se determinó por desecación a 105 °C hasta peso constante, la proteína cruda se calculó mediante el método de Kjeldahl ($N \times 6,25$), las cenizas se determinaron por incineración en mufla a 550 °C, y la fibra cruda se cuantificó por digestión en ácido y álcali. El pH se midió en una suspensión de grano molido en agua destilada (1:10, p/v).

Manejo del almacenamiento

Las almendras secas se almacenaron en sacos de tela bajo condiciones controladas para evitar la exposición a humedad y contaminantes, Fowler *et al.* (2019). Se mantuvieron en almacenamiento hasta la realización de los análisis fisicoquímicos y sensoriales, garantizando su integridad y representatividad.

Análisis estadístico y validación de resultados

Los datos obtenidos se analizaron utilizando paquetes estadísticos especializados, aplicando pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para validar el uso del análisis de varianza (Anova), Montgomery (2017). Se utilizaron pruebas de comparaciones múltiples para identificar diferencias significativas entre los genotipos evaluados y se establecieron correlaciones entre las variables fisicoquímicas y las características genéticas de los materiales. La validación estadística de los resultados aseguró la robustez de las conclusiones y recomendaciones propuestas.



Figura 1. Proceso de fermentación y secado de las mallas con las 5 muestras de cacao criollo destinadas al análisis fisicoquímico en Hacienda Las Bromelias

Los datos y resultados obtenidos a partir de este protocolo experimental se presentan en la sección de resultados y discusión, donde se abordan detalladamente las diferencias en la composición química proximal y las implicaciones de dichas diferencias en la calidad sensorial y nutricional del cacao criollo evaluado.

Análisis químico proximal del grano seco y fermentado

La composición química proximal de los granos de cacao es un factor determinante en su calidad y valor nutricional, afectando directamente las características sensoriales y el potencial comercial del producto final, Afoakwa *et al.* (2013), Kongor *et al.* (2016). En este estudio, se evaluaron las propiedades químicas de tres genotipos espontáneos de cacao (GE-06, GE-11 y GE-20) y se compararon con muestras comerciales (OC-60 y OC-61), enfocándose en parámetros como contenido de humedad, proteína cruda, cenizas, fibra cruda y pH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad

El contenido de humedad en los granos de cacao es crucial para su conservación y calidad, ya que niveles elevados pueden favorecer el crecimiento microbiano y la aparición de olores indeseables, De Brito *et al.* (2017), Fowler *et al.* (2019). Los resultados obtenidos muestran que los genotipos espontáneos presentaron valores de humedad que oscilaron entre 5,55% y 7,02%, mientras que las muestras comerciales tuvieron valores entre 6,91% y 6,94%. Todos los valores se encuentran dentro del rango establecido por la Norma Venezolana Covenin 50-1995, que especifica un contenido máximo de humedad de 8% para las almendras de cacao fermentadas y secas, Covenin (1995).

Estos resultados indican que tanto los genotipos espontáneos como las muestras comerciales son aptos para el almacenamiento prolongado, minimizando el riesgo de deterioro por microorganismos y asegurando la calidad del producto, Álvarez *et al.* (2007). Estudios similares, como el de De Brito *et al.* (2017), señalan que un contenido de humedad entre 6% y 7% es óptimo para garantizar la estabilidad del cacao durante su almacenamiento y transporte.

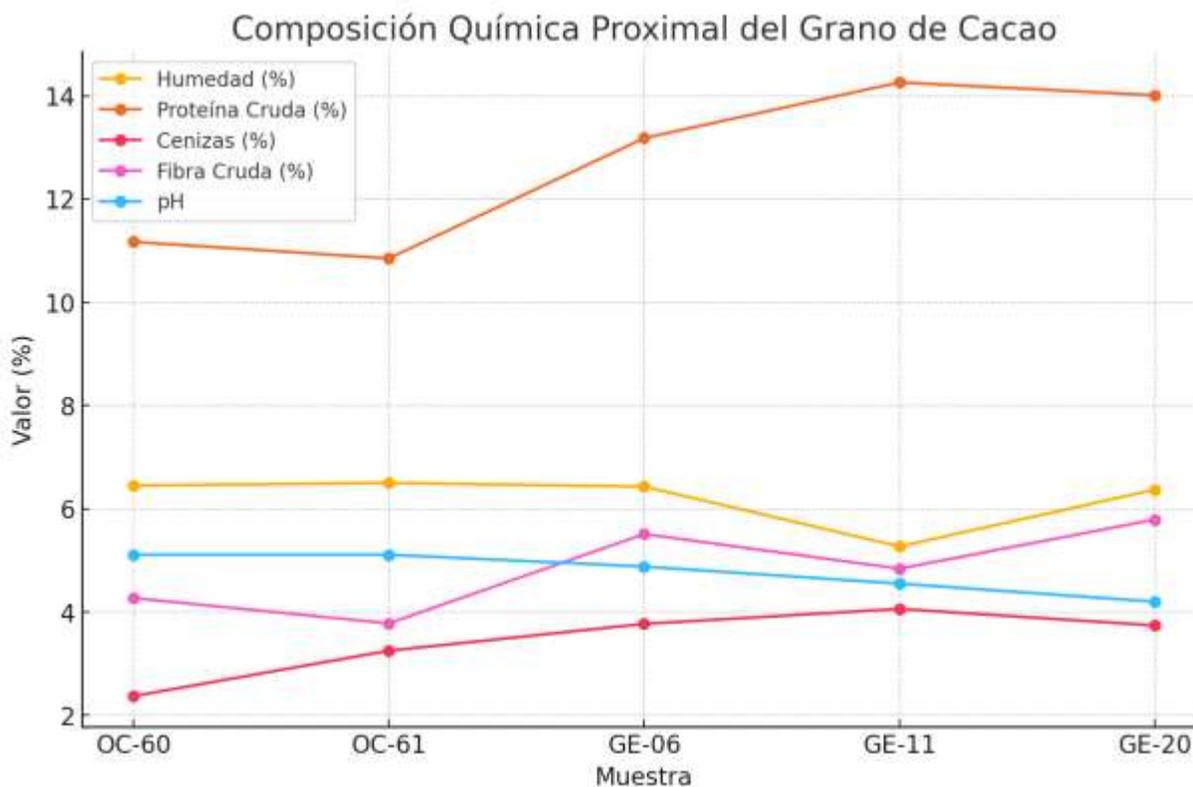


Figura 2. Composición química proximal (resultados no expresados en base seca). Valores promedio de humedad, proteína cruda, cenizas, fibra cruda y pH.

Proteína cruda

La proteína cruda en los granos de cacao es esencial para el desarrollo de compuestos precursores del aroma y sabor durante el proceso de fermentación y tostado, Kongor *et al.* (2016), Afoakwa *et al.* (2011). Los genotipos espontáneos evaluados mostraron un contenido de proteína cruda significativamente mayor (14,13% a 15,01%) en comparación con las muestras comerciales (11,63% a 11,97%).

La mayor concentración de proteína en los genotipos espontáneos podría atribuirse a diferencias genéticas y al estado de fermentación. Álvarez *et al.* (2022) reportaron que durante la fermentación se produce una degradación de las proteínas de reserva en los cotiledones, liberando péptidos y aminoácidos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor. La variabilidad en el contenido proteico también puede estar influenciada por factores como la variedad, el origen geográfico y las prácticas de cultivo, Díaz-Marquina *et al.* (2019) y Bertolde *et al.* (2011).

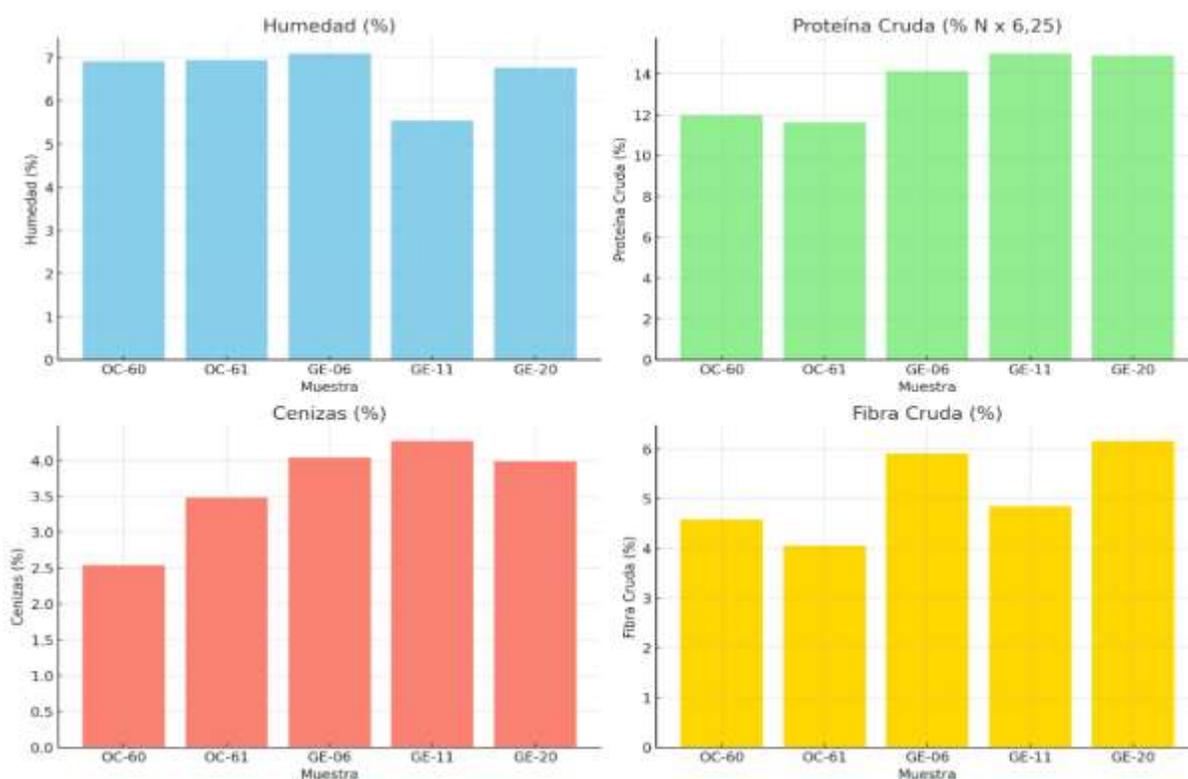


Figura 3. Composición química proximal de los granos de cacao (resultados expresados en base seca). Valores promedio de humedad, proteína cruda, cenizas, fibra cruda y pH.

Cenizas

El contenido de cenizas representa el contenido mineral del grano de cacao y es un indicador de su valor nutricional, Afoakwa *et al.* (2013). Los genotipos espontáneos presentaron valores de cenizas entre 3,98% y 4,27%, superiores a los de las muestras comerciales, que oscilaron entre 2,54% y 3,48%.

La disminución del contenido de cenizas en las muestras comerciales podría estar relacionada con pérdidas de minerales solubles durante el proceso de fermentación, especialmente en las fases iniciales donde se produce exudación de líquidos debido a la actividad microbiana, Álvarez *et al.* (2022). Esto sugiere que los genotipos espontáneos, al tener una fermentación posiblemente menos intensa o diferente, retienen una mayor cantidad de minerales, lo que incrementa su valor nutricional.

Fibra cruda

La fibra cruda es un componente importante en la dieta humana y contribuye a las propiedades funcionales del cacao, Díaz-Marquina *et al.* (2019). Los genotipos espontáneos mostraron un contenido de fibra cruda entre 4,84% y 6,16%, mientras que las muestras comerciales presentaron valores entre 4,05% y 4,58%.

El aumento en el contenido de fibra en los genotipos espontáneos podría estar relacionado con la generación de carbohidratos no digeribles durante el proceso fermentativo, que no son degradados por las enzimas utilizadas en el proceso (α -amilasa, proteasa y amiloglucosidasa) (Senanayake *et al.*, 1997). Además, factores genéticos y de manejo postcosecha pueden influir en el contenido de fibra, Bertolde *et al.* (2011).

pH

El pH es un parámetro que afecta significativamente el sabor y aroma del cacao, influyendo en la percepción sensorial del chocolate, Afoakwa *et al.* (2008). Los genotipos espontáneos presentaron valores de pH entre 4,20 y 4,88, ligeramente inferiores a los de las muestras comerciales, que registraron un pH de 5,11.

Un pH más bajo en los genotipos espontáneos puede indicar una mayor acidez, lo cual puede influir en las características organolépticas del producto final. La fermentación es un factor clave que afecta el pH del grano de cacao; durante este proceso, se generan ácidos orgánicos que disminuyen el pH, Schwan y Wheals (2004). La diferencia observada sugiere variaciones en el proceso de fermentación entre los genotipos espontáneos y las muestras comerciales.

Comparación y discusión

Las diferencias significativas en la composición química proximal entre los genotipos espontáneos y las muestras comerciales reflejan la influencia de factores genéticos, ambientales y de manejo postcosecha, Díaz-Marquina *et al.* (2019) y Bertolde *et al.* (2011). Los genotipos espontáneos mostraron mayores contenidos de proteína, cenizas y fibra cruda, así como un pH más bajo, lo que puede repercutir positivamente en la calidad sensorial y nutricional del cacao.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que señalan que la variedad y el origen geográfico del cacao afectan su composición química y, por ende, sus propiedades organolépticas, Fowler *et al.* (2019).

LITERATURA CITADA

- Afoakwa, E.; Paterson, A.; Fowler, M.; Ryan, A. 2013. Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(9): 739-757. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Álvarez, C.; Iñiguez, E.; Díaz-Marquina, C. 2022. Composición química del cacao criollo en la región de Cumboto, Venezuela. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología* 21(1): 15-23.
- Bertolde, F.; da Silva, R.; Corrêa, R.; das Graças, D. 2011. Influence of genetic and environmental factors on physicochemical quality of cacao beans. *Food Research International* 44(2): 573-579. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.026>
- Cedeño, J.; Salinas, N.; Rodríguez, J.; Vargas, M. 2019. Composición física y química de almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes genotipos en Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos* 39(3): 256-264. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- De Brito, E.; García, N.; Almeida, A. 2017. Stability of polyphenolic compounds during the processing of cocoa beans. *Food Research International* 96:111-117. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.008>
- De Vuyst, L.; Leroy, F. 2020. Functional role of yeasts, lactic acid bacteria, and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. *Food Microbiology* 91: 103-123. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103537>
- Díaz-Marquina, C.; Bertolde, F.; Alvarez, J. 2019. Evaluación de la calidad de granos de cacao criollo y su impacto en la producción de chocolate. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 39(4): 327-335. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Fowler, M.; Coutel, F.; Valverde, M. 2019. Post-harvest processing and quality of cocoa beans: Influence of growing environment and processing methods. *Food Science and Technology* 110: 1-10. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108283>
- Guehi, T.; Dingkuhn, M.; Cros, E.; Fourny, G. 2010. Impact of cocoa fermentation duration on chemical composition and physical quality of raw cocoa beans. *Journal of Food Science and Technology* 47(2): 241-246. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0051-4>
- Jinap, S.; Ding, P. 2018. Quality of cocoa beans: Changes in composition during fermentation. *International Journal of Food Science & Technology* 53(2): 231-239. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13520>
- Kongor, J.; Hinneh, M.; Van de Walle, D.; Afoakwa, E.; Boeckx, P.; Dewettinck, K. 2016. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean flavour profile: A review. *Food Research International* 82: 44-52. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Montgomery, D. 2017. *Design and analysis of experiments* (10th ed.). Wiley.
- Saltini, R.; Akkerman, R.; Frosch, S. 2013. Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of fermentation, drying, and roasting on bean flavor. *Food Control* 30(1): 392-399. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.001>
- Schwan, R.; Wheals, A. 2004. The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44(4): 205-221. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408390490464104>
- Senanayake, S.; Jansz, E.; Buckle, K. 1997. Effect of processing conditions on development of volatile and non-volatile compounds in fermented cocoa beans. *Journal of Food Science* 62(6): 1219-1224. (En línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb12251.x>

