

CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS EN EL MUCÍLAGO DE CACAO Y SUS USOS

CHARACTERIZATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN COCOA MUCILAGE AND THEIR USES

Stuard Nelson Montoya Vizúete¹, Jaime Andres Camino Valdez², Luis Alberto Toala Murillo³, Remilton Agustín Ramírez Reyes⁴, Frella Soraya García Larreta⁵

{stuamontoya@gmail.com¹, jcamino_87@hotmail.es², luis.toalam@ug.edu.ec³, remilton.ramirez@ug.edu.ec⁴, soraya.garcia@ug.edu.ec⁵}

Fecha de recepción: 26/12/2024 /

Fecha de aceptación: 26/12/2024 /

Fecha de publicación: 06/01/2025

RESUMEN: El cacao (*Theobroma cacao*) es ampliamente valorado por sus propiedades nutricionales, físicas y químicas, siendo esencial en diversas industrias. Este estudio revisa la pulpa de cacao, un subproducto a menudo desechado, pero rico en componentes nutritivos y bioactivos. La pulpa de cacao contiene principalmente agua (82-87%), azúcares (10-15%), ácidos cítricos (1-3%) y pectina (1-1.5%), con variaciones según el cultivo y la madurez del fruto. Investigaciones recientes destacan la potencialidad de la pulpa de cacao para diversos usos debido a su contenido en polifenoles, antioxidantes y compuestos bioactivos como catequinas, epicatequinas y procianidinas. Los estudios indican que estos compuestos poseen capacidades antioxidantes, inactivan radicales libres y podrían prevenir enfermedades degenerativas, cáncer y cardiovasculares. La metodología de esta revisión se basa en una exhaustiva búsqueda bibliográfica en bases de datos reconocidas, cubriendo literatura desde 2012 hasta la actualidad. La evidencia recopilada confirma que la pulpa de cacao es un recurso valioso no solo por su contenido nutritivo, sino también por su potencial uso en la industria alimentaria y farmacéutica. Se concluye que, dada la riqueza en compuestos bioactivos del mucílago de cacao, es imperativo seguir investigando su viabilidad y aplicaciones industriales, promoviendo así un uso sostenible de este subproducto agrícola.

Palabras clave: *Cacao, Theobroma cacao, Pulpa de cacao, Mucílago de cacao, Subproducto del cacao, Composición de la pulpa de cacao*

ABSTRACT: Cacao (*Theobroma cacao*) is globally valued for its nutritional, physical, and chemical properties, playing a crucial role in various industries. This study reviews the often discarded cacao pulp, which is rich in nutrients and bioactive compounds. Cacao pulp primarily contains water (82-87%), sugars (10-15%), citric acids (1-3%), and pectin (1-1.5%), with variations depending on cultivation and fruit maturity. Recent research highlights the potential

¹Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-8760-6296>.

²Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7699-2670>.

³Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0003-5014-4985>.

⁴Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-3944-6539>.

⁵Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-5893-5939>.

of cacao pulp due to its polyphenols, antioxidants, and bioactive compounds such as catechins, epicatechins, and procyanidins. These compounds exhibit antioxidant properties, inactivate free radicals, and may prevent degenerative diseases, cancer, and cardiovascular conditions. The methodology of this review is based on an exhaustive bibliographic search in recognized databases, covering literature from 2012 to the present. The collected evidence confirms that cacao pulp is a valuable resource not only for its nutritional content but also for its potential applications in the food and pharmaceutical industries. It is concluded that given the richness of bioactive compounds in cacao mucilage, further research is imperative to investigate its viability and industrial applications, promoting sustainable use of this agricultural byproduct.

Keywords: *Cacao, Theobroma cacao, Cacao Pulp, Cacao mucilage, Cacao by-product, Composition of cacao pulp*

INTRODUCCIÓN

El cacao es reconocido mundialmente por sus excelentes propiedades nutricionales, físicas y químicas, que lo hacen útil en diversas industrias. El nombre científico del cacao, *Theobroma cacao*, proviene del griego y significa árbol de cacao o cacaotero (1). El fruto del cacao se distingue por su forma de baya ovoide, con una longitud de aproximadamente 30 cm, un diámetro de 10 cm y un peso que oscila entre 200 y 1000 gramos. Dentro del fruto, se encuentran entre 20 y 40 semillas, cada una cubierta por una pulpa mucilaginoso, lo que da al cacao fresco o recién extraído el nombre de cacao en baba (2).

La pulpa de cacao, una capa mucilaginoso blanca y dulce que rodea las semillas del fruto, a menudo es vista como un subproducto de la industria del cacao, sin recibir el reconocimiento adecuado a pesar de sus numerosas propiedades beneficiosas. Este material contiene diversos componentes físicos, químicos, enzimáticos y nutricionales que no se encuentran en muchas otras materias primas utilizadas en la industria alimentaria (3). La composición de la pulpa varía según el tipo de cultivo, el grado de madurez y la región de cultivo, pero generalmente está compuesta por agua (82-87%), azúcares (10-15%), ácidos cítricos (1-3%) y pectina (1-1.5%).

A pesar de ser considerado un residuo postcosecha del procesamiento del grano de cacao, la pulpa de cacao, después de la fermentación, se desecha como un líquido (4). Sin embargo, investigaciones como la de (5) sobre la variedad CNN-51 han demostrado que el mucílago de cacao es un recurso valioso y saludable para la alimentación diaria, con una composición de humedad del 77,34%, cenizas 2,91%, 0,36% de extracto etéreo, 5,41% de proteína, 8,22% de fibra, 62,95% de azúcares totales y 11,98% de azúcares reductores.

El interés en los subproductos agrícolas, como los de frutas y hortalizas, ha aumentado debido a sus implicaciones ambientales. Por ello, los científicos sugieren su uso como ingredientes alimenticios o en otras aplicaciones, añadiéndoles valor. En esta línea, es crucial investigar parámetros que permitan determinar la viabilidad de su uso. El objetivo fue cuantificar los

polifenoles totales y la capacidad antioxidante en la piel, cáscara, pulpa y semilla de la mazorca de cacao (6). Los antioxidantes naturales presentes en estos compuestos pueden inactivar los radicales libres del proceso de oxidación del organismo, previniendo enfermedades degenerativas, varios tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (7).

El propósito de este artículo de revisión es analizar la actividad de los compuestos bioactivos del mucílago de cacao, considerando sus diferentes características y beneficios. Se busca recopilar la evidencia científica disponible y examinar resultados confiables.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada en esta revisión se basó en una búsqueda exhaustiva de la literatura existente, incluyendo artículos, libros y tesis que han sido publicadas desde 2012 hasta el presente. Este proceso meticuloso de recopilación de información se llevó a cabo con el objetivo de garantizar la inclusión de todas las investigaciones relevantes y actualizadas sobre el tema en cuestión.

Para llevar a cabo esta revisión exhaustiva, se utilizaron una variedad de motores de búsqueda y bases de datos reconocidos en el ámbito académico y científico. Entre estos, se incluyeron Scopus, Web of Science, SciELO, PubMed, Google Académico y ResearchGate. Estas plataformas fueron seleccionadas debido a su amplia cobertura y la alta calidad de las fuentes que indexan. Cada una de estas bases de datos ofrece acceso a una vasta cantidad de publicaciones científicas, lo que permite a los investigadores obtener una visión comprensiva y detallada del estado actual del conocimiento en su campo de estudio.

La búsqueda bibliográfica se realizó de manera sistemática y organizada. Inicialmente, se establecieron una serie de términos de búsqueda específicos para garantizar la relevancia y precisión de los resultados obtenidos. Entre estos términos se incluyeron "compuestos bioactivos cacao" y "mucílago de cacao bioactivo," así como otros términos clave como "catequina," "epicatequina," y "procianidinas mucílago cacao." Estos términos fueron seleccionados debido a su pertinencia y frecuencia en la literatura relacionada con el cacao y sus subproductos.

La estrategia de búsqueda se implementó tanto de manera individual como colectiva. En la búsqueda individual, cada término fue utilizado por separado para identificar artículos y fuentes que trataran específicamente sobre ese aspecto particular del tema. En la búsqueda colectiva, se combinaron varios términos para obtener resultados más amplios y variados, lo que permitió una cobertura más completa de la literatura disponible. Esta combinación de enfoques aseguró que no se pasara por alto ninguna fuente relevante y que se incluyeran todas las perspectivas posibles sobre el tema.

El proceso de selección de fuentes fue riguroso y cuidadoso. Se revisaron los resúmenes y, cuando fue necesario, el texto completo de los artículos, para determinar su relevancia y calidad.

Solo se incluyeron en la revisión aquellos estudios que cumplieran con criterios específicos de validez científica y pertinencia al tema de los compuestos bioactivos del cacao y su mucílago. Este enfoque garantizó que la revisión se basara en evidencia sólida y confiable.

Además de la búsqueda en bases de datos, se consultaron otras fuentes como bibliotecas universitarias y repositorios institucionales, donde se pudieron encontrar tesis y disertaciones que no siempre están disponibles en bases de datos comerciales. Estas fuentes adicionales enriquecieron la revisión al incluir investigaciones originales y estudios detallados que a menudo proporcionan datos y perspectivas únicas.

En resumen, la metodología de esta revisión se caracterizó por su exhaustividad y rigor. Al utilizar una amplia variedad de motores de búsqueda y bases de datos, y al aplicar una estrategia de búsqueda tanto individual como colectiva con términos específicos, se logró compilar una colección comprensiva de la literatura relevante sobre los compuestos bioactivos del cacao y su mucílago. Este enfoque meticuloso asegura que la revisión esté basada en la mejor evidencia disponible, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria alimentaria y otros campos relacionados.

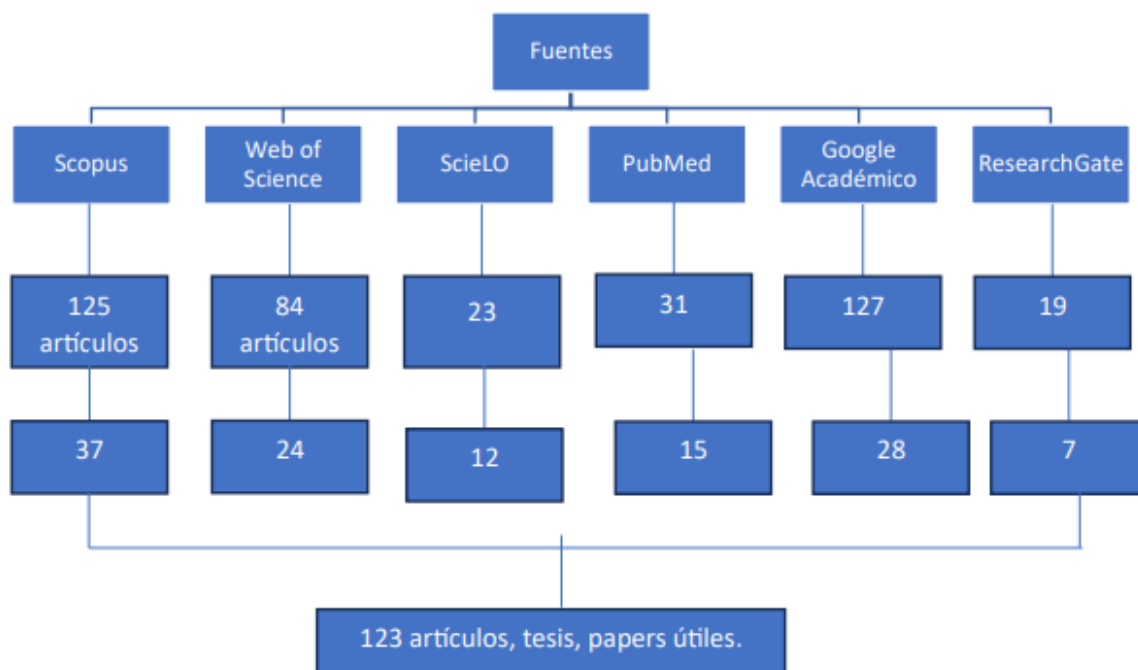


Figura 1. Selección de los documentos a utilizar.

RESULTADOS

Entre compuestos bioactivos del mucílago de cacao se obtuvo:

La revisión de la literatura ha confirmado que la pulpa de cacao es rica en azúcares y minerales,

con ausencia de alcaloides y sustancias tóxicas. Esta riqueza en azúcares y minerales otorga al mucílago de cacao un notable potencial como medio de cultivo para microorganismos industriales. El cacao destaca como una fuente natural significativa de compuestos fenólicos, superando incluso al té y al vino tinto. Este aspecto ha suscitado un interés creciente en la investigación de sus fitoquímicos y su potencial de utilización.

Los estudios han indicado que, a pesar de sus beneficios, la pulpa de cacao contiene niveles bajos de algunas vitaminas. La vitamina C y niacina están presentes en concentraciones relativamente más altas, mientras que otras vitaminas como la vitamina E, vitamina B12, betacaroteno y vitamina D están en niveles muy bajos, a menudo por debajo del límite de detección.

Catequina

Las catequinas, descritas como flavonoides tipo 2-fenilbenzopirano, tienen una estructura química específica que incluye dos anillos aromáticos conectados por un heterociclo oxigenado. La investigación ha revelado que las catequinas son sólidas blancas a temperatura ambiente y son solubles en solventes polares. Los análisis cromatográficos realizados han confirmado la presencia de catequina en el cacao, y su cantidad varía según el método de extracción utilizado. Los estudios han mostrado que el cacao contiene catequina en concentraciones significativas, y su presencia es fundamental para las características sensoriales del cacao, incluyendo su aroma y sabor.

Epicatequina

El análisis cromatográfico ha demostrado que la epicatequina está presente en el mucílago de cacao, con picos detectados a tiempos de retención de 22,88 min para el cacao CCN-51 y 22,2 min para el cacao Nacional. La epicatequina es el componente fenólico de mayor concentración en el cacao CCN-51, con una concentración de 6,69 mg/L. Los estudios también han indicado variaciones en el contenido de epicatequina dependiendo de la variedad de cacao y las condiciones ambientales. Los resultados sugieren que el cacao CCN-51 tiene una concentración variable de epicatequina, influenciada por factores como la región de cultivo y las condiciones de fermentación.

Procianidina

El cacao y sus subproductos tienen un alto contenido de polifenoles, especialmente flavanoles y procianidinas. Los estudios han identificado que los dímeros de procianidina, como la B2, son abundantes en el cacao y están asociados con una coloración pardo-oxidante del mucílago. La identificación y cuantificación de procianidinas, utilizando cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), han mostrado que el cacao CCN-51 de la provincia del Guayas presenta una alta concentración de procianidina B1, B2 y C1. Estos resultados sugieren una influencia significativa del entorno en la concentración de estos polifenoles, afectando así las propiedades funcionales y sensoriales del cacao.

DISCUSIÓN:

Entre compuestos bioactivos del mucílago de cacao

Según la investigación de (8), la pulpa de cacao es rica en azúcares y minerales, sin contener alcaloides ni otras sustancias tóxicas, lo cual coincide con los hallazgos de (9). El mucílago de cacao, debido a su contenido de azúcares y minerales, muestra un gran potencial para ser utilizado como un medio de cultivo para microorganismos de interés en la industria.

El cacao representa una de las mayores fuentes naturales de compuestos fenólicos en comparación con el té y el vino tinto, lo que ha llamado a más estudios para comprender su uso óptimo. Muchos estudios han informado sobre los posibles efectos beneficiosos de estos fitoquímicos (10). De acuerdo con el estudio de la FDA, los productos de pulpa de cacao contienen niveles bajos de vitaminas. La vitamina C es la que se encuentra en mayor concentración, seguida por la niacina.

Sin embargo, varias vitaminas se encontraron en cantidades muy por debajo del límite de detección, incluyendo la vitamina E (alfa, beta, delta, gamma individuales o la suma de todos los tocoferoles) con menos de 0,5 mg por cada 100 g de producto, vitamina B12 con menos de 5 µg por cada 100 g, betacaroteno con menos de 5 µg por cada 100 g y vitamina D con menos de 0,25 µg por cada 100 g.

Catequina

Según la investigación de (11), las catequinas son compuestos fenólicos clasificados como "flavonoides del tipo 2-fenilbenzopirano". Tienen una estructura carbonada C6-C3-C6, es decir, dos anillos aromáticos conectados por un heterociclo oxigenado de tres átomos de carbono, y también se denominan "flavan-3-oles" debido al grado de oxidación de su estructura. Las catequinas tienen dos carbonos quirales (C2, C3), por lo que producen un fenómeno de rotación óptica que, dependiendo de los sustituyentes que las componen, da lugar a cuatro formas ópticamente activas (dos racémicas).

Las catequinas se describen como sólidos blancos a las siguientes temperaturas: temperatura ambiente, peso molecular relativamente alto (> 250 g/mol), alto punto de fusión, fácilmente soluble en solventes polares. En la investigación realizada por (12) en el análisis cromatográfico en la detección de la catequina específicamente fue realizada a una longitud de onda de 210 nm. En el análisis de catequinas por CE se evaluaron diferentes condiciones, a saber: composición de la solución buffer, pH de esta solución, voltaje y temperatura.

Basado en el criterio de los autores (13), al determinar las características funcionales químicas del cacao, se cuantificó la catequina por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Cada valor obtenido es muy relevante para poder resaltar las características que hacen especial al cacao. El gran consumo mundial de productos derivados del cacao, tomando en cuenta aspectos sensoriales como su aroma y sabor, es atribuido al contenido de compuestos fenólicos, entre los cuales se destaca la catequina, específicamente por su efecto antioxidante. Además, según un estudio realizado por (14), se confirmó mediante el método de adición de estándar que el

compuesto adyacente al pico representado en la gráfica correspondiente a la cafeína era catequina con una mayor concentración.

Epicatequina

Según un estudio realizado por (15), se obtuvieron resultados sobre las epicatequinas mediante el uso de cromatogramas en donde se compararon los tiempos de retención de las muestras de mucílago de cacao. Se identificó que el mucílago de cacao de tipo CCN-51 presenta picos cromatográficos de compuestos fenólicos como la epicatequina a los 22,88 min. Por otro lado, según el cromatograma en el mucílago de cacao Nacional, se observaron picos cromatográficos de epicatequina a los 22,2 min, observando así que casi no hay mucha diferencia entre los tiempos de retención de los dos tipos de variedades de cacao. La epicatequina es el componente fenólico de mayor concentración en cacao CCN-51 con 6,69 mg/L.

Al comparar los resultados obtenidos por (16), se indica que mediante el uso de un cromatograma partiendo de una muestra de la variedad de cacao CCN-51, se identificó la presencia de epicatequina cuando el pico cromatográfico de tiempo de retención fue de 23,12 min. El contenido de epicatequina en muestras de cacao CCN-51 varía entre 2 y 16 mg/g, posiblemente debido a las condiciones ambientales ya que las muestras fueron tomadas de diferentes provincias del Ecuador, como Los Ríos, Guayas y Manabí.

(17) menciona que, de los diferentes tipos de genotipos, el ICS 60 es el que destaca en comparación con la especie CCN-51, presentando mayor contenido de fenoles, taninos, antocianinas y epicatequinas en su estado inmaduro. Esto lo corrobora (9), al identificar y cuantificar 16 compuestos fenólicos en los extractos de subproductos de cacao obtenidos por calentamiento óhmico (OH) y con el proceso convencional (CH) en condiciones optimizadas por HPLC, mencionando que su contenido y concentración fenólica suelen estar influenciados por la variedad de cacao, el grado de madurez, el procesamiento y el almacenamiento.

Para la extracción asistida por microondas (MAE), se puede considerar una alternativa a diferenciarse las técnicas de extracción convencionales, ya que mostró mayores rendimientos de extracción. Las condiciones óptimas de la extracción asistida por microondas (MAE) se determinaron como 5 min, pH 12, 97°C y S/L 0,04 g/mL, demostrando así un mejor resultado que la extracción con solvente convencional. Se obtuvieron compuestos bioactivos en subproductos de cacao a un pH 12, como proteínas (580,0 mg BSA/g), polisacáridos (370,4 mg Glu/g) y polifenoles (35,9 mg GAE/g).

Esto difiere con el estudio realizado por (18), que indica que la extracción por solventes fue la que arrojó el mayor contenido de epicatequina (97,45 mg/g), visualizando así que esta técnica ayuda a la extracción de un alto contenido de compuestos bioactivos, lo que puede deberse a los granos de cacao sin fermentar con los que se obtuvieron estos resultados.

De acuerdo a (19), mediante el método sólido-líquido de extracción supercrítica, la variación del rendimiento y contenido de flavan-3-oles (epicatequina) en frutos del clon CCN-51 en función del tiempo de contacto entre la cáscara de cacao y la mezcla de solventes CO₂-sc + etanol (matriz-FSC) presentó un aumento durante los primeros 2400 s. No se presentaron diferencias

significativas ($p < 0,05$) en sus valores de concentración, evidenciando que la transferencia de flavan-3-oles hacia la fase fluida es constante entre los 3600 y 14400 s, obteniéndose un contenido de flavan-3-oles promedio de 9,40 (+0,73) mg EEP/g EL (mg de epicatequina por gde extracto liofilizado) a través de este método de extracción supercrítica.

Procianidina

El cacao y sus subproductos, según (20), presentan un alto contenido de polifenoles, entre los que se caracterizan los flavonoides. Dentro de esta clasificación se encuentran los, flavanoles, formados por especies monoméricas como la (+)-catequina y sus formas oligoméricas como el dímero procianidina B2. Esto concuerda con lo mencionado por (21), ya que, formadas por oligómeros de catequina, son una clase de polifenoles presentes en abundancia en alimentos como el cacao, manzanas, semillas de uva y vino tinto.

(21) mencionan que el porcentaje de sustancias fenólicas va del 5 al 10% y las procianidinas brindan una oxidación de color parduzco al mucílago. Los dímeros mayoritarios son las procianidinas B2 a B6, existiendo numerosos esteroisómeros posibles, lo que dificulta su identificación y separación. Además, los autores mencionan la capacidad captadora de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, además de ser capaces de modular la función inmune y la activación de plaquetas.

La cuantificación e identificación de los polifenoles, entre los que se encuentran las procianidinas B1, B2 y C1, se realiza mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Se identificó que la muestra de mucílago de cacao (CCN-51) de la provincia del Guayas presentó mayor concentración de procianidina B1, B2 y C1, lo que determina que existe un efecto directo del ambiente en relación con la concentración

CONCLUSIONES

El mucílago de cacao, a menudo considerado un subproducto, revela un valor significativo debido a su riqueza en azúcares y minerales, sin la presencia de sustancias tóxicas. Este material tiene un potencial considerable para aplicaciones industriales, incluyendo su uso como medio de cultivo para microorganismos. El cacao, reconocido por su alto contenido de compuestos fenólicos como catequinas, epicatequinas y procianidinas, ofrece beneficios antioxidantes y contribuye a sus propiedades sensoriales.

La concentración de epicatequina y otros compuestos fenólicos varía según la variedad de cacao y las condiciones de cultivo, indicando la necesidad de optimizar estos factores para mejorar el contenido de compuestos bioactivos. Los métodos de extracción, como la extracción asistida por microondas (MAE) y la extracción por solventes, muestran diferencias en rendimiento y concentración de compuestos, lo que sugiere la importancia de elegir el método adecuado para maximizar el valor de los subproductos.

En conclusión, el mucílago de cacao tiene un gran potencial para ser utilizado en diversas aplicaciones, siempre que se optimicen las condiciones de procesamiento y extracción. Esto no solo mejorará la sostenibilidad en la industria del cacao, sino que también aumentará el valor agregado de sus subproductos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez, A. (2013). Estudio de tres métodos para la obtención de pulpa de mesocarpio del cacao (*Theobroma cacao* variedad CCN-51). Disponible En [Http://Dspace.Udla.Edu.Ec/Bitstream/33000/710/1/UDLA-EC-TIAG-013-11.Pdf](http://Dspace.Udla.Edu.Ec/Bitstream/33000/710/1/UDLA-EC-TIAG-013-11.Pdf) .
2. Bravo, N., & Mingo, F. (2011). Valoración de tres métodos de fermentación y secado paramejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Panguitzadel Cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Nacional de Loja, 244.
3. Ayala, D. V. (2020). Mucilago del cacao biomasa residual: Perspectiva como materia prima en la industria de alimentos. Trabajo de Grado Pregrado. Universidad de Pamplona – Facultad de Ingenieras y Arquitectura. Obtenido de <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4782>
4. Endraiyani, V., Ludescher, R. D., & Karwe, r. M. (2016). Total Phenolics and Antioxidant Capacity of Cocoa Pulp: Processing and Storage Study†. *Journal of Food Processing and Preservation*. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.13029>
5. Rodas, M. G. (febrero de 2021). Actividad antioxidante de la harina de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) para su aplicación en la agroindustria. *Revista Observatorio de la Economía Latinamericana*, 19(2), 107-123. Obtenido de <https://www.eumed.net/es/revistas/economia-latinoamericana/oel-febrero21/harinamucilago-cacao>
6. Acosta Otálvaro, E. V. (2021). Obtención de un extracto de cacao y café con alto contenido de compuestos bioactivos [Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://doi.org/10.31428/10317/10317>
7. Sangronis, E., Soto, M., Valero Y, & Buscema I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano comomateria prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 64(2), 123 - 130. Retrieved2022, from <Http://Saber.Ucv.Ve>.
8. Soares, T. F., & Oliveira, M. B. P. P. (2022). Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Molecules*, 27(5). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27051625>
9. Sánchez, M., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2023). Cocoa Bean Shell: A By-Product with High Potential for Nutritional and Biotechnological Applications. *Antioxidants* 2023, Vol. 12, Page 1028,12(5), 1028. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX12051028>
10. Cortez, D., Quispe-Sanchez, L., Mestanza, M., Oliva-Cruz, M., Yoplac, I., Torres, C., &Chavez, S. G. (2023). Changes in bioactive compounds during fermentation of cocoa (*Theobroma cacao*)harvested in Amazonas-Peru. *Current Research in Food Science*, 6, 100494. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100494>
11. Quispe, L. J. (2013). TEOBROMINA, CAFEÍNA Y CATEQUINAS, EN GRANOS DE. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/294/FIA210.pdf?sequenc>

- e=1&is Allowed=y
12. Chungara, M., Ortiz S, J., & Ibieta, G. (Abril de 2019). Theobromine, catechin, total antioxidant capacity and total phenolic content in representative samples of. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602019000100004
 13. Quintero, J. A. (2012). https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1621/1/GilQuinteroJorgeAndres_2012_%20EstabilidadActividadAntioxidante.pdf.
 14. Silva, E. N., Ramos, D. d., Menezes, L. M., Souza, A. O., Lannes, S. C., & Silva, M. v. (2014). Nutritional
 15. Yépez, J. (2017). Caracterización del contenido de polifenoles: catequina, epicatequina y procianidinas b1, b2 y c1; en cacao ccn-51 de las principales zonas productoras del ecuador. Universidad central del ecuador
 16. Lozano, M. (2020). Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
 17. Acosta Otálvaro, E. V. (2021). Obtención de un extracto de cacao y café con alto contenido de compuestos bioactivos [Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://doi.org/10.31428/10317/10317>
 18. Pérez, Luisa, & Pulido, N. (2014). Determinación experimental y modelamiento de los perfiles de extracción supercrítica para la obtención de compuestos bioactivos a partir de cascara de cacao (clon ccn-51). Universidad Industrial De Santander.
 19. Lujano, E., Manganiello, L., Contento, A., & Rios, Á. (2019). Identificación y cuantificación de (+) - Catequinas y Procianidinas en cacao procedente de Ocumare de la Costa, Venezuela. *INGENIERÍA UC*, Vol. 26, Núm. 2, Pp. 192-201, 2019.
 20. Torres, J. (2022). Procianidinas B: están en el chocolate o las manzanas y estos son sus beneficios para la salud. *Infolusus*.
 21. Villamar, Á., & Ortega, T. (2015). Cacao ¿Alimento y medicamento? *Farmacia Profesional*, 19, 68–73.