

EL CACAO Y *LA SALUD HUMANA*

Una relación que se explica
por la transformación del
grano y su química

Autores: Edison Osorio Durango
Catalina Agudelo Ramírez
Luis Carlos Carrillo Hormaza
Susana Muñoz Acevedo
Elkin Galeano Jaramillo

Sede de Investigación Universitaria-SIU
Universidad de Antioquia



GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA



El conocimiento
es de todos

Minciencias



FEDERACION
NACIONAL DE
CACAOTEROS



tech
innovation
group

EL CACAO Y LA SALUD HUMANA

Una relación que se explica por
la transformación del grano y
su química

Autores

Edison Javier Osorio Durango

Químico Farmacéutico, *MSc, PhD*

Profesor titular

Grupo de Investigación en Sustancias

Bioactivas -GISB

Universidad de Antioquia

Catalina Agudelo Ramírez

Química Farmacéutica, *MSc*

Investigadora

Grupo de Investigación en Sustancias

Bioactivas -GISB

Universidad de Antioquia

Luis Carlos Carrillo Hormaza

Químico Farmacéutico, *MSc, PhD*

Investigador

Grupo de Investigación en Sustancias

Bioactivas -GISB

Universidad de Antioquia

Elkin de Jesús Galeano Jaramillo

Químico Farmacéutico, *MSc, PhD*

Profesor titular

Grupo de Investigación en Sustancias

Bioactivas -GISB

Universidad de Antioquia

Susana Muñoz Acevedo

Estudiante de Química Farmacéutica

Grupo de Investigación en Sustancias

Bioactivas -GISB

Universidad de Antioquia

Universidad de Antioquia

Gobernación de Antioquia

Federación Nacional de Cacaoteros

Tech Innovation Group

Medellín, Colombia, 2022



GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA



EL CACAO Y *LA SALUD HUMANA*

Introducción



El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de origen latinoamericano, ampliamente cultivada en muchas regiones tropicales del mundo. Se constituye como el ingrediente esencial para el chocolate y otros productos, con una demanda actual más fuerte que nunca (Allied Market Research, 2020; Shahbandeh, 2021). Como resultado, los cultivos y la producción de cacao muestran una rápida expansión, con una variedad de clones y el desarrollo de variedades regionales a partir de polinización controlada o hibridación (Prabhakaran-Nair, 2010). El germoplasma de cacao de nuestro país alberga tanto clones introducidos (clones universales) como variedades regionales (Carrillo et al., 2014), las cuales se han desarrollado con la finalidad de obtener mayor rendimiento y producción para satisfacer la demanda, mediante la renovación y rehabilitación de los cultivos de cacao sin sacrificar la tolerancia a plagas y enfermedades (Henao et al., 2018). La Federación Nacional de Cacao (Fedecacao), en Colombia, ha realizado estudios con más de 100 materiales prometedores. Por ejemplo, Federación Arauquita (FEAR-5), Federación El Carmen (FEC-2), Federación San Vicente (FSV-41) y Federación Tame 2 (FTA-2), los cuales corresponden a materiales con alta penetración agrícola. Los clones comerciales / universales Castro Naranjal Collection (CCN51) y Imperial College Selection (ICS-95) también se cultivan en Colombia. Estos son clones precoces y resistentes a enfermedades y son conocidos por sus altos rendimientos (Rojas et al., 2020).

Cada clon de cacao proporciona granos con características químicas y sensoriales específicas relacionadas con su origen (Marseglia et al., 2020; Febrianto & Zhu, 2022). Sin embargo, la calidad de los granos de cacao también depende de las condiciones ambientales (clima y propiedades del suelo) y de los diferentes cambios bioquímicos generados en los granos durante las técnicas de poscosecha (Gil et al., 2021). Sin embargo, la química cambia principalmente durante los procesos de fermentación y secado (Gil et al., 2021; Velásquez-Reyes et al., 2021). Por lo general, los granos de cacao fermentados son pobres en compuestos bioactivos, pero tienen altas cantidades de sustancias volátiles aromáticas clave (Febrianto & Zhu, 2022). Por lo tanto, los factores genéticos, las condiciones ambientales y las prácticas poscosecha alteran la huella química de los granos de cacao y pueden proporcionar características únicas a los productos de cacao.

La compleja química del cacao le confiere fascinantes beneficios para la salud. El cacao ha sido reconocido como una fuente importante de polifenoles, en particular de monómeros flavonoides (catequina, epicatequina) y polímeros oligoméricos (procianidinas) (Martín y Ramos, 2017; Gil et al., 2021). Por otro lado, los alcaloides teobromina (3,7-dimetilxantina) y cafeína (1,3,7-trimetilxantina) son abundantes, y se le han atribuido también diferentes propiedades farmacológicas. Comprender la composición química de los clones de cacao que crecen en diferentes condiciones es un tema de gran interés industrial. Este documento muestra algunos datos de la química y de los beneficios saludables del cacao, así como el análisis de flavonoides, procianidinas y metilxantinas de diez materiales, entre ellos clones regionales (FSV-41, FEAR-5, FEC-2, TAME-2) y su comparación con clones introducidos (CCN-51, EET-96, ICS-1, ICS-60, ICS-95 y TSH-565) cultivados en dos regiones diferentes de Antioquia, Colombia.

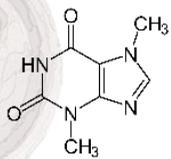
La composición química del cacao se destaca por sus compuestos no nutrientes, es decir, aquellos de carácter fenólico y no fenólico. Aunque no son esenciales para la nutrición humana, están relacionados con procesos que mejoran la salud a través de la prevención de algunas enfermedades. Por ello, pueden ser indispensables a la hora de la creación de valor agregado al cacao

La química del CACAO

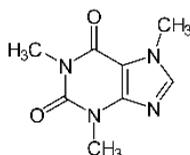


Los compuestos no fenólicos están representados por las metilxantinas, siendo la teobromina el compuesto mayoritario, seguido por la cafeína y en menor proporción la teofilina.

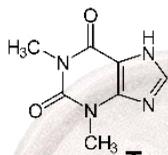
No fenólicos



Teobromina

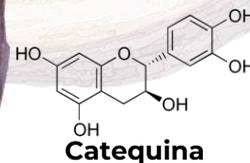


Cafeína

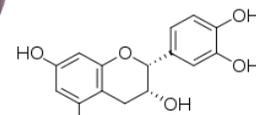


Teofilina

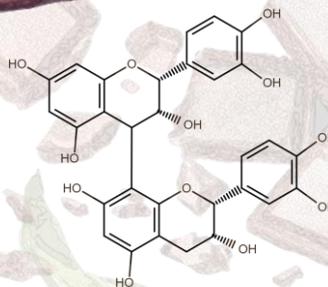
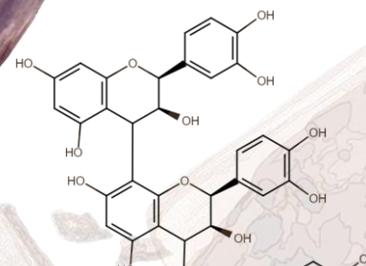
Fenólicos



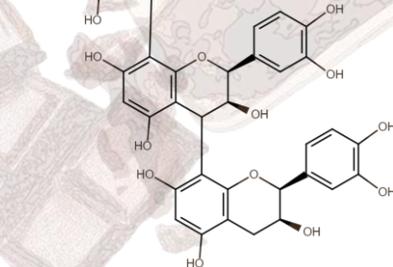
Catequina



Epicatequina



Procianidina B2
(2 unidades de catequinas)



Procianidina (polímero de 4 unidades de catequinas)

El cacao es la fuente de teobromina más consumida, pero también, contiene una alta concentración de catequinas y antocianidinas. El cacao natural contiene aproximadamente 35 mg/g de teobromina y el cacao altamente procesado contiene alrededor de 4 mg/g.

Los compuestos fenólicos presentan una diversa variedad química, caracterizada principalmente por la presencia de flavonoides, procianidinas y ácidos fenólicos. Entre los flavonoides, se destacan la catequina y epicatequina. Las procianidinas son moléculas de gran tamaño molecular compuestas por 2 a 10 unidades de catequina y epicatequina. De allí, su denominación como "polímeros de flavonoides". Estas formas poliméricas representan hasta el 60% de los compuestos fenólicos presentes en el Cacao.

FACTORES INTRÍNSECOS Y EXTRÍNSECOS EN LA CALIDAD DEL CACAO

La cantidad de bioactivos del cacao depende, en gran medida, de factores intrínsecos como el origen genético, y factores extrínsecos como de la procedencia geográfica, el manejo agronómico, las condiciones del suelo y las condiciones climáticas.

Teobromina

Cafeína

El contenido de metilxantina de los granos de cacao, en particular la relación Teobromina / Cafeína, se ha utilizado como un buen marcador para clasificar los granos de cacao por su genotipo, constituyendo también una herramienta importante para certificar la calidad de los granos de diferentes orígenes geográficos.

La relación Teobromina / Cafeína permite clasificar los cacaos en Trinitarios, Forasteros y Criollos y se ha utilizado para explorar el origen de los cacaos que se cultivan en Colombia, Ecuador y Venezuela.



CRIOLLO



FORASTERO



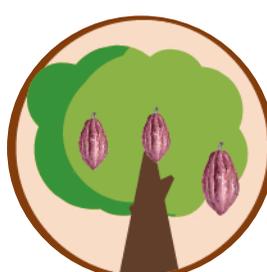
TRINITARIO



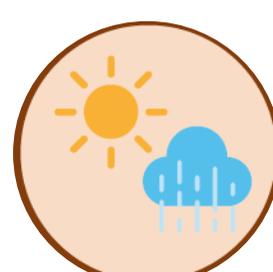
ABONOS Y SUELOS



EL RIEGO



TIEMPO DE COSECHA



EL CLIMA

El contenido de compuestos fenólicos en cacao Forastero fermentado seco varía generalmente entre 50 a 100 mg por gramo de material. Dicho contenido es menor (alrededor de 33-66 mg / g) en granos de cacao Criollo. Sin embargo, además del genotipo, la variación puede depender de muchos factores que afectan la cosecha y la pos-cosecha.

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL CACAO

La química del cacao se correlaciona también con el grado de procesamiento e industrialización. Así, el manejo poscosecha (especialmente fermentación y secado del grano) son fundamentales.

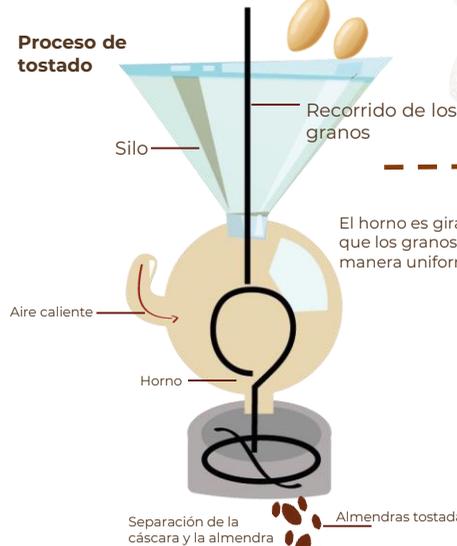
Los granos de cacao contienen altas concentraciones de compuestos fenólicos (aproximadamente 12-18% en peso seco) en los granos sin fermentar.

Extracción y limpieza de la almendra

Almendra de cacao

Los altos niveles de flavonoides en los granos de cacao crudo sin fermentar, disminuyen drásticamente durante la fermentación, el tostado y la alcalinización

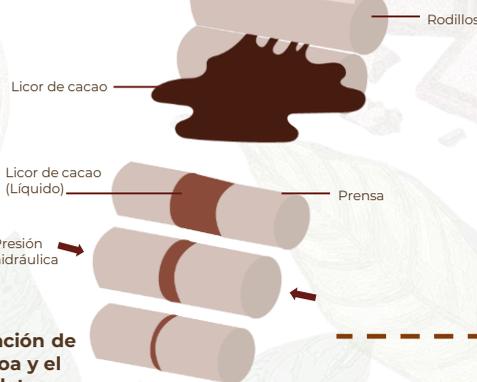
Proceso de tostado



Durante la transformación del cacao, la pérdida de compuestos fenólicos es significativa

La fermentación es esencial para el desarrollo de aromas deseables y precursores de sabor. Sin embargo, más del 80% de la catequina y epicatequina se pierden en este proceso

Licor de cacao



Durante el tostado, se produce una pérdida del 14% del contenido fenólico total

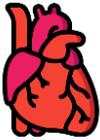
Refinación de la cocoa y el chocolate



Así, la obtención de ingredientes ricos en compuestos de interés es más factible a partir de los granos de cacao sin fermentar. Para ello, es necesario la realización de procesos previos de limpieza para retirar sustancias interferentes.

BENEFICIOS DEL CACAO PARA LA SALUD

Estudios epidemiológicos y clínicos respaldan la evidencia de que los compuestos fenólicos en la dieta mejoran la salud humana al reducir el riesgo y prevenir la aparición de enfermedades degenerativas, incluidas algunos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y trastornos metabólicos.



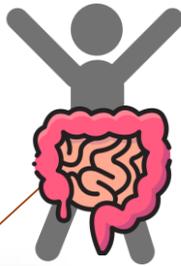
Los polifenoles del cacao presentan propiedades benéficas:

- Pueden disminuir la presión arterial, lo que reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular.
- Pueden inhibir la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), lo que sugiere la reducción del riesgo de aterosclerosis.



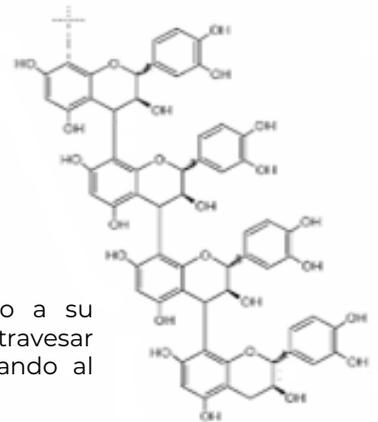
El consumo de productos de cacao se asocia también con la reducción de la agregación plaquetaria, mejora en la sensibilidad a la insulina, y mejora de la función neuronal y cognitiva. Estos efectos pueden ser atribuidos posiblemente por la actividad antiinflamatoria y neuroprotectora de los compuestos fenólicos del cacao.

Los efectos benéficos de los compuestos fenólicos en los seres humanos, solo se logran si estos son absorbidos en el intestino delgado y alcanzan los tejidos en las concentraciones requeridas para que tengan un efecto biológico.



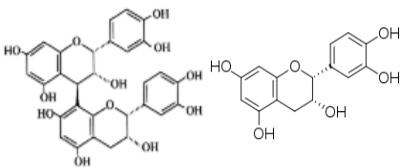
Los estudios realizados en humanos revelan que la absorción de los compuestos fenólicos se ve afectada principalmente por el tamaño de las moléculas.

Procianidinas



Las procianidinas, debido a su gran tamaño, no logran atravesar la barrera intestinal, pasando al colon sin modificaciones.

Monómeros y dímeros de flavonoides



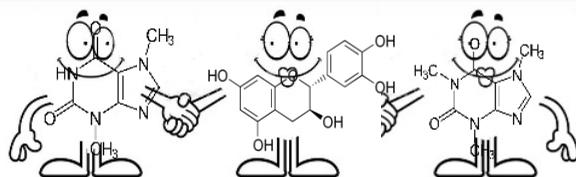
Son los compuestos más pequeños, que se encuentran en mayor concentración en sangre. Por lo tanto, son los que pueden alcanzar los órganos en donde alcanzan el efecto.

La ingesta de los flavonoides en su forma más sencilla, es decir, como monómeros y dímeros, es fundamental para garantizar los efectos en la salud humana.



BENEFICIOS DEL CACAO PARA LA SALUD

La producción de metilxantinas ha evolucionado en muchas especies vegetales debido a sus propiedades pesticidas, siendo tóxicas para los insectos y muchos otros patógenos potencialmente dañinos. Sin embargo, los seres humanos descubrieron que su consumo tiene diversos beneficios para la salud.



Teobromina

- Disminución de la fatiga
- Activación del metabolismo
- Disminución del sueño
- Aumento del rendimiento físico
- Eficaz contra la caries

Cafeína

- Mejora el estado del ánimo. Las dosis moderadas de 100 a 300 mg son las más beneficiosas.
- Mejora rendimiento cognitivo: atención, vigilancia y alerta.

Los compuestos que se consumen conjuntamente con la cafeína pueden presentar efectos aditivos a los ya producidos por la cafeína o pueden proteger contra los efectos secundarios, bien sean agudos o crónicos de esta: aumento del nerviosismo, ansiedad, taquicardia y un aumento de la presión arterial.

Cafeína + teobromina en la atención: No hay evidencia de que la teobromina tenga un efecto sobre la atención por sí sola. Sin embargo, las preparaciones de chocolate con bajo contenido de metilxantinas (8 mg de cafeína + 100 mg de teobromina) producen una mejora en la atención en comparación con el chocolate sin metilxantinas.

Cafeína vs teobromina en el SNC: La teobromina tiene propiedades menos excitantes del Sistema Nervioso Central (SNC) en comparación con la cafeína. Esto se puede explicar por tener menor permeabilidad en el cerebro.

Cafeína + teobromina en el estado de ánimo: La teobromina combinada con cafeína potencia ligeramente el estado de ánimo en comparación con el efecto producido por cada una de ellas, sin causar un aumento en la presión arterial.

Cafeína + teobromina: La teobromina reduce la presión arterial y atenúa el aumento inducido por la cafeína.

Teobromina + compuestos fenólicos: La teobromina interactúa con los flavonoides del cacao mejorando sus efectos cardiovasculares por un incremento en su absorción intestinal.

Cafeína + compuestos fenólicos: Los flavonoides del cacao pueden atenuar los efectos de ansiedad por el consumo de la cafeína sola.

Cafeína + teobromina + flavonoides: El consumo conjunto de estos compuestos aumenta el flujo sanguíneo y la función endotelial, lo que mejora el suministro de nutrientes y oxígeno al cerebro.

MAS ALLÁ DEL ALIMENTO A BASE DE CACAO: PRODUCTOS FUNCIONALES

Aplicaciones comerciales del cacao enriquecido con flavonoides

“Ruby es el cuarto tipo de chocolate y es un verdadero placer sensorial. Una combinación entre el sabor frutal de las moras y una deliciosa suavidad”: según la compañía.



Ruby: chocolate rosado millennial.
De la compañía Barry Callebaut



Barras de chocolate negro ricas en flavonoides (500 mg por barra)

FlavaBars®

FlavaMix® flavanaturals

Cacao en polvo con 900 mg de flavanoles de cacao. Proporciona los niveles de flavonoides que han demostrado promover la función cerebral, mejorar la salud del corazón y respaldar un nivel saludable de azúcar en la sangre.



COSMOS (Suplemento de cacao y multivitamínico)



Es la intervención dietética clínica más grande que examina el impacto de la ingesta de flavanoles de cacao y multivitaminas en la salud y los riesgos de enfermedad cardíaca, accidente cerebrovascular y cáncer. Examina a más de 21000 hombres y mujeres generalmente sanos mayores de 60 años en EE. UU. y se lleva a cabo durante 5 años. El ensayo está a cargo del Hospital Brigham and Women's, una filial de la Escuela de Medicina de Harvard, y el Centro de Investigación del Cáncer Fred Hutchinson.



Estándares publicados por la Autoridad Europea en Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) como declaración para el consumo de chocolates funcionales (200 mg/día de flavanoles en un consumo de 10 gramos de chocolate negro con alto contenido de flavanoles – 2,5 g de cacao en polvo con alto contenido de flavanoles)

CARACTERÍSTICAS DE LOS CLONES DE CACAO (INTRODUCCIDOS Y REGIONALES) CULTIVADOS EN NUESTRA REGIÓN



Factores considerados:

- Rendimiento en Kg/ha/año.
- Índice de Grano (I.G.): es el peso promedio en gramos de un grano de cacao.
- Índice de Mazorca (I.M.): es el número de mazorcas necesarias para obtener un kilo de cacao seco.
- Número de Frutos por árbol al año (Frutos/árbol/año)
- Compatibilidad sexual:
 - ✓ Autocompatible (AC)
 - ✓ Autoincompatible (AI)
 - ✓ Intercompatible (IC)
 - ✓ Interincompatible (II)
- Respuesta a la monilia: susceptibilidad a la “moniliasis”.
 - ✓ R = resistente
 - ✓ MR = moderadamente resistente
 - ✓ T = tolerante
 - ✓ MS = moderadamente susceptible
 - ✓ S = susceptible





Clon FEAR-5

Epicatequina: 8.36 mg/g

Catequina: 0.11 mg/g

Procianidinas: 4.76 mg/g

Cafeína: 0.64 mg/g

Teobromina: 7.74 mg/g

Origen: Arauquita

Compatibilidad: AC

Respuesta a la monilia: MS

Frutos/árbol/año: 28

Rendimiento (Kg/ha/año):

1.689

Índice de grano: 1.4

Índice de mazorca: 18

Clon FTA-2

Epicatequina: 7.44 mg/g

Catequina: 0.20 mg/g

Procianidinas: 4.20 mg/g

Cafeína: 0.79 mg/g

Teobromina: 9.35 mg/g

Origen: TAME

Compatibilidad: AC

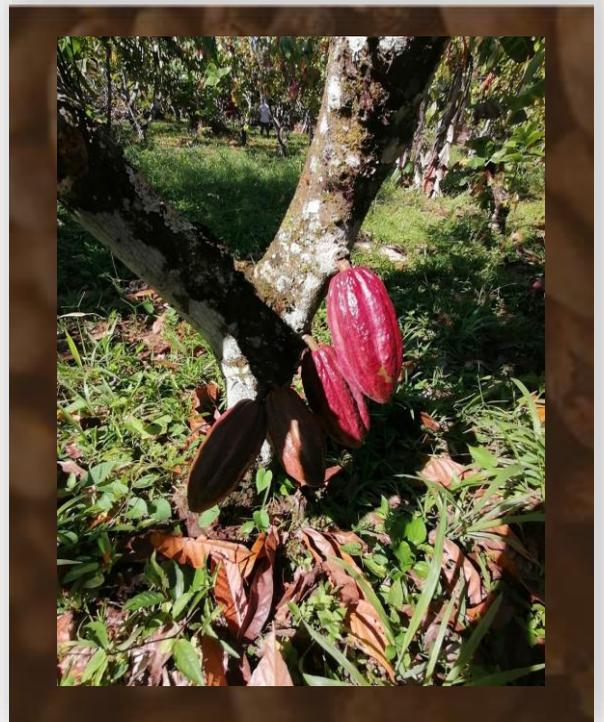
Respuesta a la monilia: MS

Frutos/árbol/año: 22

Rendimiento (Kg/ha/año): 1.389

Índice de grano: 1.6

Índice de mazorca: 15





Clon FEC-2

Epicatequina: 8.14 mg/g

Catequina: 0.17 mg/g

Procianidinas: 5.09 mg/g

Cafeína: 0.79 mg/g

Teobromina: 9.41 mg/g

Origen: Santander, Colombia

Compatibilidad: A1

Respuesta a la monilia: R

Frutos/árbol/año: 16

Rendimiento (Kg/ha/año): 1.370

Índice de grano: 1.3

Índice de mazorca: 18

Clon FSV-41

Epicatequina: 8.18 mg/g

Catequina: 0.20 mg/g

Procianidinas: 5.13 mg/g

Cafeína: 1.25 mg/g

Teobromina: 8.05 mg/g

Origen: Santander, Colombia

Compatibilidad: AC

Respuesta a la monilia: S

Frutos/árbol/año: 15

Rendimiento (Kg/ha/año): 1.496

Índice de grano: 2

Índice de mazorca: 12



CLONES DE CACAO INTRODUCIDOS



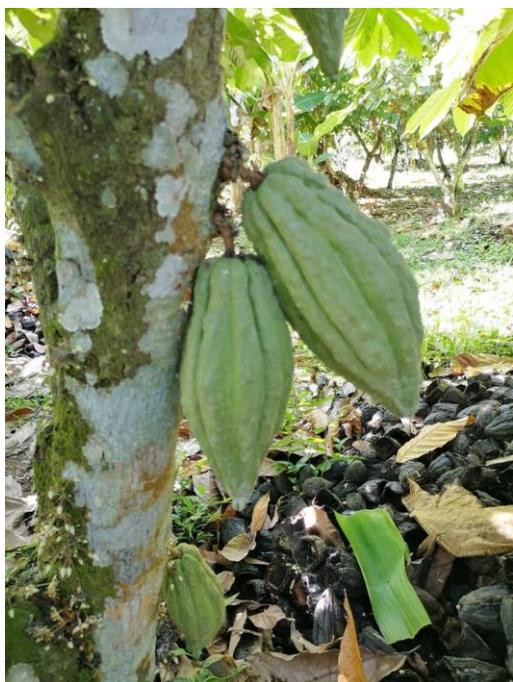
Clon CCN-51

Epicatequina: 10.63 mg/g
Catequina: 0.15 mg/g
Procianidinas: 7.31 mg/g
Cafeína: 0.75 mg/g
Teobromina: 10.00 mg/g
Origen: Ecuador
Compatibilidad: AC
Respuesta a la monilia: MR
Frutos/árbol/año: 26
Rendimiento (Kg/ha/año): 1.441
Índice de grano: 1.6
Índice de mazorca: 15

Clon ICS-1

Epicatequina: 8.08 mg/g
Catequina: 0.06 mg/g
Procianidinas: 4.89 mg/g
Cafeína: 1.26 mg/g
Teobromina: 7.71 mg/g
Origen: Trinidad
Compatibilidad: AC
Respuesta a la monilia: S
Frutos/árbol/año: 23
Rendimiento (Kg/ha/año): 1.372
Índice de grano: 1.6
Índice de mazorca: 18





Clon ICS-60

Epicatequina: 10.42 mg/g
Catequina: 0.18 mg/g
Procianidinas: 7.28 mg/g
Cafeína: 1.45 mg/g
Teobromina: 11.60 mg/g
Origen: Trinidad
Compatibilidad: AI
Respuesta a la monilia: S
Frutos/árbol/año: 17
Rendimiento (Kg/ha/año): 1.233
Índice de grano: 2.2
Índice de mazorca: 14

Clon ICS-95

Epicatequina: 7.67 mg/g
Catequina: 0.16 mg/g
Procianidinas: 5.92 mg/g
Cafeína: 1.70 mg/g
Teobromina: 11.37 mg/g
Origen: Trinidad
Compatibilidad: AC
Respuesta a la monilia: R
Frutos/árbol/año: 22
Rendimiento (Kg/ha/año): 1.039
Índice de grano: 1,4
Índice de mazorca: 19



CLONES DE CACAO INTRODUCIDOS



Clon EET-96

Epicatequina: 12.30 mg/g

Catequina: 0.33 mg/g

Procianidinas: 7.56 mg/g

Cafeína: 1.24 mg/g

Teobromina: 10.97 mg/g

Origen: Ecuador

Compatibilidad: AC

Respuesta a la monilia: R

Frutos/árbol/año: 40

Rendimiento (Kg/ha/año):

2.380

Índice de grano: 1.7

Índice de mazorca: 17

Clon TSH-565

Epicatequina: 11.24 mg/g

Catequina: 0.22 mg/g

Procianidinas: 7.00 mg/g

Cafeína: 1.63 mg/g

Teobromina: 10.84 mg/g

Origen: Trinidad

Compatibilidad: AI

Respuesta a la monilia: S

Frutos/árbol/año: 24

Rendimiento (Kg/ha/año):

1.302

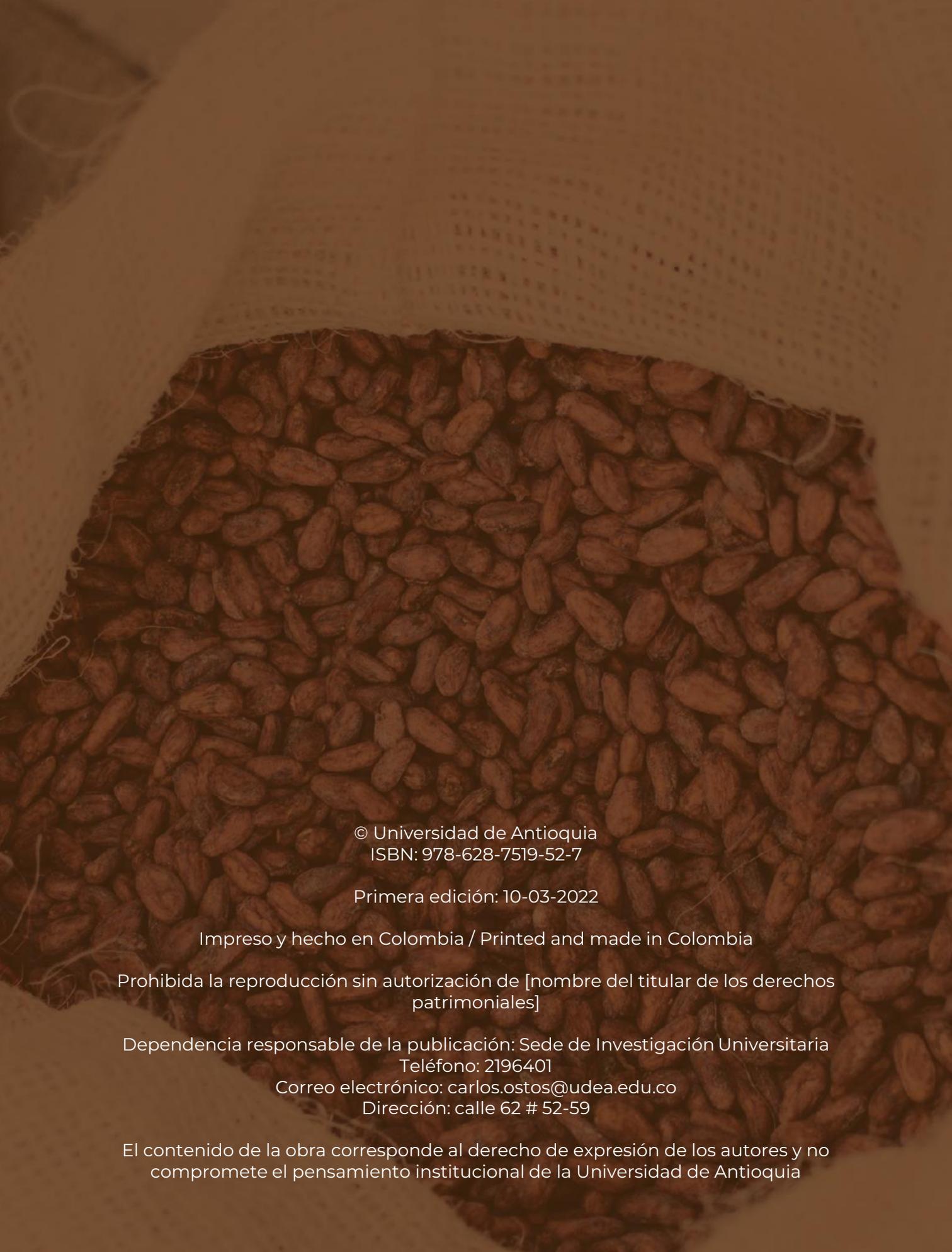
Índice de grano: 1.3

Índice de mazorca: 20



Bibliografía

- Actis-Goretta L, Lévêques A, Rein M, Teml A, Schäfer C, Hofmann U, et al. Intestinal absorption, metabolism, and excretion of (-)-epicatechin in healthy humans assessed by using an intestinal perfusion technique. *Am J Clin Nutr.* 2013;98:924–933.
- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Ryan A. Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2008; 48:840–857.
- Allied Market Research. 2020. "Cocoa Products Market by Product Type (Cocoa Beans, Cocoa Butter, Cocoa Powder & Cake, Cocoa Paste & Liquor, and Chocolate) and Application (Confectionery, Food & Beverages, Cosmetics & Pharmaceutical): Global Opportunity Analysis and Indu."
- Appeldoorn MM, Vincken JP, Gruppen H, Hollman PCH. Procyanidin dimers A1, A2, and B2 are absorbed without conjugation or methylation from the small intestine of rats. *J Nutr.* 2009;139:1469–1473.
- Aranzazu F, Hernández N, Martínez G, Martínez-Botello D. (2011). Diseño de modelos de cacao según su compatibilidad sexual y características especiales. Departamento de investigación- FEDECACAO. https://es.scribd.com/embeds/453553819/content?start_page=1&view_mode=scroll&access_key=key-DXFMtVntRav5tToCCWR
- Brunetto M, Gutiérrez L, Delgado Y, Gallignani M, Zambrano A, Gómez Á, Ramos G, Romero C. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in method with on-line sample cleanup in aswitching-column system. *Food Chem.* 2007;100:459–467.
- Carrillo LC, Londoño-Londoño J, Gil A. Comparison of polyphenol, methyl-xanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Res Int.* 2014;60:273–280.
- Cooper KA, Donovan JL, Waterhouse AJ, Williams G. Cocoa and health: A decade of research. *Br J Nutr.* 2008;99:1–11.
- Corti R, Flammer AJ, Hollenberg NK, Luscher TF. Cocoa and cardiovascular health. *Circulation.* 2009;119(10):1433–41.
- Ding EL, Hutfless SM, Ding X, Girotra S. Chocolate and prevention of cardiovascular disease: A systematic review. *Nutr Metab.* 2006;3(Cvd):2.
- Diomande D, Antheaume I, Leroux M, Lalonde J, Balayssac S, Remaud GS, Tea I. Multi-element, multi-compound isotope profiling as a means to distinguish the geographical and varietal origin of fermented cocoa (*Theobroma cacao* L) beans. *Food Chem.* 2015;188:576–582.
- Febrianto NA, Zhu F. Composition of methylxanthines, polyphenols, key odorant volatiles and minerals in 22 cocoa beans obtained from different geographic origins. *LWT.* 2022;153: 112395.
- Gil M, Uribe D, Gallejo V, Bedoya C, Arango-Varela S. Traceability of polyphenols in cocoa during the postharvest and industrialization processes and their biological antioxidant potential. *Heliyon.* 2021;7:e07738.
- Henaó AM, de la Hoz T, Ospina TM, Atehortúa L, Urrea AI. Evaluation of the potential of regeneration of different Colombian and commercial genotypes of cocoa (*Theobroma cacao* L.) via somatic embryogenesis. *Sci Hortic.* 2018;229:148–156.
- Hu SJ, Kim BY, Baik MY. Physicochemical properties and antioxidant capacity of raw, roasted and puffed cocoa beans. *Food Chem [Internet].* 2016;194:1089–94.
- Kongor JE, Hinneh M, Van de Walle D, Afoakwa EO, Boeckx P, Dewettinck K. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile – a review. *Food Res. Int.* 2016;82:44–52.
- Kothe L, Zimmermann BF, Galensa R. Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa bean roasting. *Food Chem.* 2013;141:3656–3663.
- Lamport DJ, Pal D, Moutsiana C, Field DT, Williams CM, Spencer JPE, et al. The effect of flavanol-rich cocoa on cerebral perfusion in healthy older adults during conscious resting state: A placebo controlled, crossover, acute trial. *Psychopharmacology (Berl).* 2015;232:3227–3234.
- Marseglia A, Musci M, Rinaldi M, Palla G, Caligiani A. Volatile fingerprint of unroasted and roasted cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from different geographical origins. *Food Res Int.* 2020;132:109101.
- Martín MÁ, Ramos S. Health beneficial effects of cocoa phenolic compounds: A mini-review. *Curr Opin Food Sci.* 2017;14:20–25.
- Martínez-Guerrero N, Moreno ME, Gavanzo OM, Duarte EA, Gutiérrez. (s. f.). Mejoramiento genético de cacao en Colombia a través de elección varietal participativa. Grupo de investigación e innovación en cacao - FEDECACAO. <https://www.icco.org/wp-content/uploads/T1.57.-MEJORAMIENTO-GENETICO-DE-CACAO-EN-COLOMBIA-A-TRAVES-DE-SELECCION-VARIETAL-PARTICIPATIVA.pdf>
- Oracz J, Nebesny E. Influence of roasting conditions on the biogenic amine content in cocoa beans of different *Theobroma cacao* cultivars. *Food Res Int.* 2014;55: 1–10.
- Prabhakaran-Nair KP. (2010). 5 - Cocoa (*Theobroma cacao* L.). In: *The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World.* Editor(s): K.P. Prabhakaran Nair. Elsevier. Pages 131-180.
- Rojas KE, García MC, Cerón IX, Ortiz RE, Tarazona MP. Identification of potential maturity indicators for harvesting cocoa. *Heliyon.* 2020;6:e03416.
- Sáenz-Cardona B. 2010. Acuerdo 003: Clones para cacao en Colombia. Consejo nacional cacaotero <https://www.huila.gov.co/publicaciones/5067/cadena-productiva-cacao/descargar.php?idFile=7289#:~:text=003%20QUE%20DEFINE%20EL%20MATERIAL,EN%20LA%20INJERTACI%3%93N%20DE%20CACAO.>
- Saltini R, Akkerman R, Frosch S. Optimizing chocolate production through traceability: a review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control.* 2013;29:167–187.
- Samaniego, I., Espín, S., Quiroz, J., Ortiz, B., Carrillo, W., García-Viguera, C., Mena, P. 2020. Effect of the growing area on the methylxanthines and flavan-3-ols content in cocoa beans from Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis.* 88: 103448..
- Santos-Buelga C, Augustin S. Proanthocyanidins and tannin-like compounds– nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *J Sci Food Agric.* 2000;80:1094–1117.
- Sarriá B, Martínez-López S, Sierra-Cinos JL, García-Diz L, Goya L, Mateos R, et al. Effects of bioactive constituents in functional cocoa products on cardiovascular health in humans. *Food Chem.* 2015;174:214–218.
- Scalbert Augustin , Morand Christine, Manach Claudine RC. Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomed Pharmacother.* 2002;56:276–82.
- Schuster J, Mitchell ES. More than just caffeine: psychopharmacology of methylxanthine interactions with plant-derived phytochemicals. *Prog Neuro-Psychopharmacology Biol Psychiatry.* 2019;89:263–274.
- Shahbandeh, M. *Global Cocoa Production 1980-2021*, 2021.
- Sharafkhaneh A. Medical Management of Fatigue. *Sleep Med Clin.* 2013;8:265–276.
- Smit HJ, Gaffan EA, Rogers PJ. Methylxanthines are the psycho-pharmacologically active constituents of chocolate. *Psychopharmacology (Berl).* 2004;176:412–419.
- Tomás-Barbérán F, Borges G, Crozier A. Phytochemicals in Cocoa and Flavan-3-ol Bioavailability. *Teas, Cocoa Coffee Plant Second Metab Heal.* 2011;193–217.
- Velásquez-Reyes D, Gschaedler A, Kirchmayr M, Avendaño-Arrazate C, Rodríguez-Campos J, Calva-Estrada SJ, Lugo-Cervantes E. Cocoa bean turning as a method for redirecting the aroma compound profile in artisanal cocoa fermentation. *Heliyon.* 2021;7:e07694.
- Wollgast J, Anklam E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Res Int.* 2000;33:423–447.
- Yamada T, Yamada Y, Okano Y, Terashima T, Yokogoshi H. Anxiolytic effects of short- and long-term administration of cocoa mass on rat elevated T-maze test. *J Nutr Biochem.* 2009;20(12):948–955.
- Zhang H, Tsao R. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Curr Opin Food Sci.* 2016;8:33–42.
- Zheng XQ, Koyama Y, Nagai C, Ashihara H. Biosynthesis, accumulation and degradation of theobromine in developing *Theobroma cacao* fruits. *J Plant Physiol.* 2004;161:363–369.
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to cocoa flavanols and maintenance of normal endothelium-dependent vasodilation pursuant to Article 13 (5) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA J.* 2012;10(7:2809):1–21.



© Universidad de Antioquia
ISBN: 978-628-7519-52-7

Primera edición: 10-03-2022

Impreso y hecho en Colombia / Printed and made in Colombia

Prohibida la reproducción sin autorización de [nombre del titular de los derechos patrimoniales]

Dependencia responsable de la publicación: Sede de Investigación Universitaria
Teléfono: 2196401

Correo electrónico: carlos.ostos@udea.edu.co
Dirección: calle 62 # 52-59

El contenido de la obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia