



# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DE GRANO DE *Theobroma cacao* L. EN RESPUESTA A PROCESOS DE BENEFICIO EN MUNICIPIOS DEL NORTE DEL HUILA, COLOMBIA

## THE EVALUATION OF THE PHYSICAL AND SENSORY QUALITY OF THE *Theobroma cacao* L. BEANS IN RESPONSE TO PROCESSING IN NORTHERN HUILA MUNICIPALITIES, COLOMBIA

Leidy Machado Cuellar <sup>1</sup>

Eliana Lizeth Medina Rios <sup>2</sup>

Kathryn Yadira Guzmán Pacheco <sup>3</sup>

Claudia Mercedes Ordoñez Espinosa <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Magíster en Agroforestería, Servicio Nacional de Aprendizaje, Regional Huila, Centro de Formación Agroindustrial, Campoalegre, Colombia. [lmachado@sena.edu.co](mailto:lmachado@sena.edu.co)

<sup>2</sup> Magíster en Desarrollo Rural, Servicio Nacional de Aprendizaje, Regional Huila, Centro de Formación Agroindustrial, Campoalegre, Colombia. [elmedinar@sena.edu.co](mailto:elmedinar@sena.edu.co)

<sup>3</sup> Ingeniero Agroindustrial, Servicio Nacional de Aprendizaje, Regional Huila, Centro de Formación Agroindustrial, Campoalegre, Colombia. [kyguzman@sena.edu.co](mailto:kyguzman@sena.edu.co)

<sup>4</sup> Doctora en Ciencias Biología, Servicio Nacional de Aprendizaje, Regional Huila, Centro de Formación Agroindustrial, Campoalegre, Colombia. [cordoneze@sena.edu.co](mailto:cordoneze@sena.edu.co)

**Citación:** Machado, L., Medina, E., Guzmán, K. y Ordoñez, C. (2024). Evaluación de la calidad física y sensorial de grano de *Theobroma cacao* L. en respuesta a procesos de beneficio en municipios del norte del Huila, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 15(1), 137-156. <https://doi.org/10.22490/21456453.6710>

## RESUMEN

**Contextualización:** los procesos de fermentación y secado de grano de cacao en las fincas cacaoteras, constituyen la base para la obtención de un producto de calidad, no obstante, su manejo varía entre productores y fincas de la misma región, dificultando el mejoramiento de los procesos de beneficio, limitando las condiciones de comercialización y oferta del producto.

**Vacío de conocimiento:** limitada implementación de prácticas de beneficio del grano de cacao que garanticen la calidad física-sensorial.

**Propósito:** el objetivo fue evaluar la calidad física y sensorial de grano de cacao en respuesta a procesos de beneficio en fincas productoras de los municipios de Algeciras, Campoalegre y Rivera ubicados en el Norte del departamento del Huila.

**Metodología:** el estudio se desarrolló en 18 fincas productoras de cacao de los municipios de Rivera, Campoalegre y Algeciras, al norte del Huila. En cada finca se recolectaron 2 Kg de grano de cacao seco que fueron enviados al laboratorio para ser analizados mediante prueba de análisis físico, en donde se identificaron granos completamente fermentados, parcialmente fermentados y granos sin fermentar; y, el análisis sensorial se desarrolló mediante el panel de catación, evaluando des-

criptores como aroma, acidez, astringencia, amargor, sabor a fruta, floral, nueces, panela y herbal; finalmente, se realizaron análisis estadísticos de conglomerados y componentes principales.

**Resultados y conclusiones:** en el análisis por conglomerados se generaron tres grupos con una correlación del 81,10%, evidenciando similitud y cercanía entre ellos de acuerdo con las variables evaluadas. El grupo 1, constituido por fincas del municipio de Algeciras, se caracteriza por presentar muestras con mejores condiciones de clasificación, mayor porcentaje de granos bien fermentados, contenido de humedad; en los grupos 2 y 3, conformados por fincas de los municipios de Rivera y Campoalegre, se evidenciaron muestras con bajo porcentaje de granos bien fermentados y altos porcentajes de humedad. Por su parte, la evaluación de atributos y características relacionadas con el análisis sensorial, mostraron mayor nivel de agrupamiento en las fincas del municipio de Rivera. Las muestras provenientes de los municipios de Algeciras y Campoalegre, arrojaron mayor presencia de atributos como acidez frutal (cítrica), fruta fresca, especiado (canela), floral y madera.

**Palabras clave:** atributos, conglomerados, descriptores, fermentación, secado

## ABSTRACT

**Contextualization:** The fermentation and drying process of cocoa beans in cocoa farms is the basis for obtaining a quality product. However, its management varies among producers and farms in the same region, making it difficult to improve the processing and limiting the marketing and supply conditions of the product.

**Knowledge gap:** Limited implementation of cocoa bean processing practices that ensure the physical and sensory quality.

**Purpose:** The objective was to evaluate the physical and sensory quality of cocoa beans in response to processing in farms of Algeciras, Campoalegre, and Rivera municipalities located in the northern part of the Huila department.

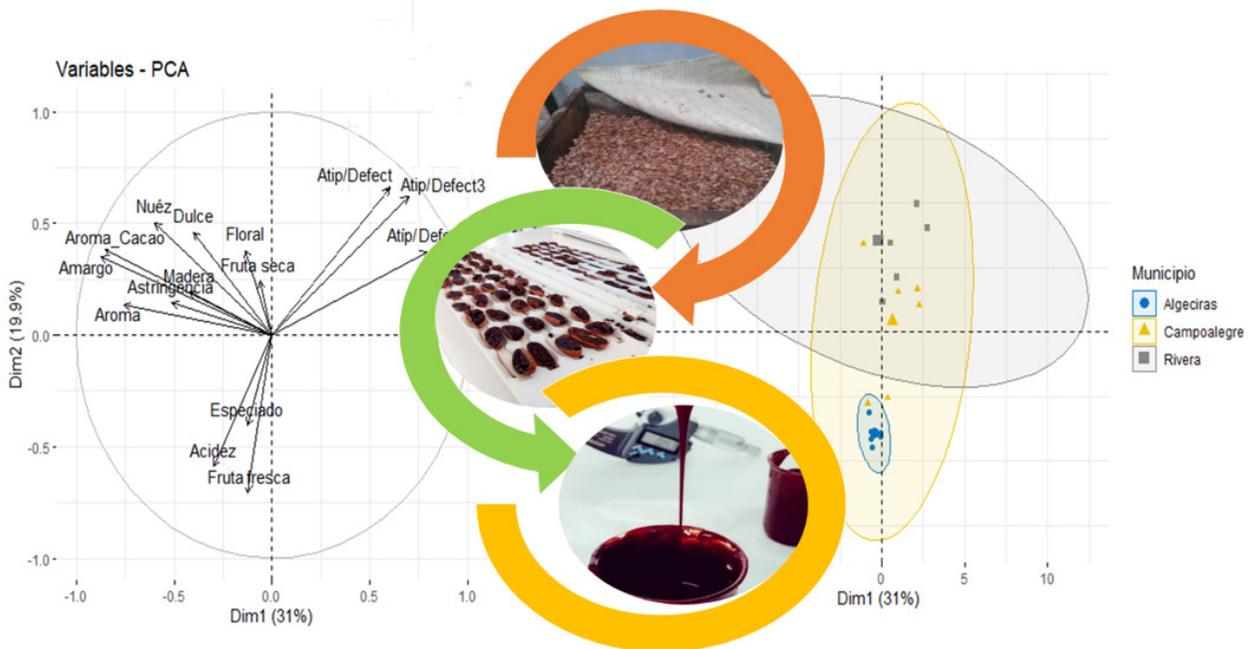
**Methodology:** The study was conducted in 18 cocoa farms of Rivera, Campoalegre, and Algeciras municipalities of northern Huila. In each farm, 2kg of dry cocoa beans were collected and sent to the laboratory to be analyzed through a physical analysis test, where completely fermented, partially fermented, and non-fermented beans were identified. The sensory analysis was carried out through the tasting panel; the descriptors were evaluated, such as aro-

ma, acidity, astringency, bitterness, and fruit, floral, nutty, panela, and herbal flavors. Finally, statistical analyses of cluster and principal analyses were carried out.

**Results and conclusions:** In the cluster analysis, three groups were generated according to the variables evaluated with a correlation of 81.10%, showing similarity and closeness among them. Group 1, composed of farms in Algeciras municipality, is characterized by samples with better classification conditions, higher percentages of well-fermented grains, and moisture content. Groups 2 and 3, composed of farms in the Rivera and Campoalegre municipalities, showed samples with low percentages of well-fermented grains and high moisture content. For its part, the evaluation of attributes and characteristics related to sensory analysis showed a higher level of grouping in the farms in the Rivera municipality. Samples from the Algeciras and Campoalegre municipalities showed a more significant presence of attributes such as fruity acidity (citrus), fresh fruit, spicy (cinnamon), floral, and wood.

**Keywords:** attributes, clusters, descriptors, fermentation, drying

## RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de la cuenca amazónica, los frutos obtenidos son utilizados para la generación de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos. Las características de calidad y sabor del grano de cacao producido en Colombia han permitido el reconocimiento como productor de “cacao fino y de aroma” (ICCO, 2020).

Diferentes autores señalan una relación directa entre las prácticas de beneficio y la calidad del grano (Aprotosoai *et al.*,

2016). Asimismo, Kongor *et al.* (2016) y De Cock (2019) mencionan que la calidad del cacao es expresada mediante características físicas, químicas y sensoriales, estas últimas directamente relacionadas con su sabor y aroma, expresado en notas florales, frutales y cítricas. En este sentido, el perfil aromático y sensorial se deriva de la composición bioquímica del grano, características genéticas de cada material, procesos de beneficio y condiciones ambientales de la zona (Kumari *et al.*, 2018).

Los procesos de fermentación del cacao involucran la actividad microbiana en el proceso de bioconversión del mucílago y reacciones bioquímicas que son precursoras del sabor y aroma de este (Oliveira *et al.*, 2018). La presencia de microorganismos en dichos procesos activa el cambio de temperatura y genera cambios dentro de la masa en fermentación, combinado con los cambios de pH, dan origen al color y formación del sabor del grano (Rojas-Rojas *et al.*, 2021; Viesser *et al.*, 2021).

Asimismo, investigaciones realizadas por De Bertorelli *et al.* (2009) resaltan la importancia del secado del grano fermentado, en este proceso se completa la formación de compuestos de aroma y sabor, además de producirse la eliminación del exceso de humedad del grano, en este sentido, son resaltadas algunas características de humedad de almacenamiento presentándose cáscara quebradiza cuando la humedad es menor al 8,00%, y susceptibilidad a la presencia de hongos cuando está por

encima del mismo valor. El manejo adecuado de la humedad de grano mediante exposición al sol es importante a fin de disminuir la astringencia de los granos, resultado de una hidrólisis enzimática de las antocianinas (Di Mattia *et al.*, 2014).

Los procesos de fermentación y secado se realizan bajo prácticas que difieren entre departamentos, regiones, e incluso, entre los mismos productores, por tal razón, se hace necesaria la elaboración de protocolos para el mejoramiento de la calidad mediante evaluación física, monitoreo de variables del proceso de fermentación y análisis sensorial. Lo anterior, a fin de estandarizar los procesos de postcosecha del cacao que permitan generar un producto de mayor calidad para acceder a nuevos mercados. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad física y sensorial de grano de cacao en respuesta a procesos de beneficio en fincas productoras de los municipios de Algeciras, Campoalegre y Rivera, ubicados en el Norte del departamento del Huila.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

La investigación se realizó en fincas cacoteras ubicadas en tres municipios del Norte del departamento del Huila, Colombia: Campoalegre, Rivera y Algeciras. Estos municipios cuentan con franjas altitudinales que varían en promedio entre los 550, 750 y 1.050 msnm respectivamente. Las cabeceras municipales registran

las siguientes coordenadas: Campoalegre 02° 41' 16" de latitud norte y 75° 19' 41" de longitud oeste, temperatura promedio de 27°C, precipitación media anual de 1.300 mm; Rivera, localizada a los 02° 47' 07" de latitud norte y 75° 15' 32" de longitud oeste, 26°C y precipitación media anual entre 2.500 mm; y, el municipio de Algeciras, localizado a los 02° 31' 35" de latitud norte y

75° 19' 14" de longitud oeste, temperatura promedio de 22°C, precipitación media anual de 1.500 mm (Machado *et al.*, 2018; Suárez *et al.*, 2020).

## 2.2 Muestreo

Para la obtención de las muestras fueron seleccionadas 18 fincas en total, 6 por cada municipio, utilizando un diseño de muestreo estratificado, donde los estratos obedecieron a variables de ubicación altitudinal contrastantes entre las veredas de los tres municipios, lo cual resultó de la siguiente forma: 1) Campoalegre con las veredas Llano Sur, La Vuelta y Palmar Bajo, que se encuentran entre los 500 y 600 msnm; 2) Rivera con las veredas Mesitas, La Ulloa, Bajo pedregal, El guadual y Rio frío, las cuales se encuentran entre los 700 y 800 msnm; 3) Algeciras con las veredas de Bella vista, Santa Lucia, Lagunilla y Satías, que se encuentran entre los 1.000 y 1.100 msnm. Los procesos de beneficios (fermentación y secado), fueron realizados según las condiciones que cada productor desarrolla en la finca; el número de fincas estuvo limitado por el costo de los análisis de laboratorio y los desplazamientos para acceder a las fincas (Bolaños, 2012).

## 2.3 Recolección de la información

Se tomaron 2 kg de granos de cacao seco por muestra, durante el segundo semestre de 2021, se registró el proceso de secado en finca hasta llegar a una humedad del

8,00%. Las muestras se embalaron en bolsas de cierre hermético, debidamente rotuladas, y fueron llevadas al laboratorio de calidad del Centro de Formación Agroindustrial SENA Regional Huila, ubicado en el municipio de Campoalegre, para realizar los análisis descritos a continuación.

### 2.3.1 Análisis físico

Se realizó una evaluación previa mediante observación de la muestra y percepción de aroma propio o por contaminantes del grano de cacao. Posteriormente, con base en la metodología establecida en la Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021, se estableció la presencia de hongos, insectos, impurezas o materias extrañas, residuos y granos planos; asimismo, se determinó el porcentaje de humedad y el índice de grano, expresado como peso promedio en gramos de 100 granos, los cuales fueron evaluados por medio de la valoración de escalas. En la prueba de guillotina se realizó un corte longitudinal a 100 granos de cacao por muestra, los cuales fueron evaluados mediante observación de la coloración interna del grano, de esta forma, fue posible clasificar en: granos completamente fermentados, parcialmente fermentados, y granos sin fermentar; además, se pudo determinar aquellos dañados por insectos, germinados y mohosos según la (NTC 1252, 2021).

### 1.3.2 Análisis sensorial

El proceso de evaluación de calidad sensorial fue desarrollado según el protocolo COEX, en donde se evalúan los descrip-

tores de sabor y defectos. Las muestras fueron tostadas en un horno a 130°-135° C por 20 minutos (temperaturas utilizadas para el proceso de tostado de muestras de análisis sensorial), (ISCQF, 2020); una vez tostados los granos de cacao, se procede a separar los cotiledones de la testa; el descascarillado se desarrolla previo a la trituration mecánica del grano, los cuales son sometidos a un separador de cáscara de grano mediante flujo de aire (descascarilladora de cacao IMSA).

Posteriormente, se realizó la preparación de muestras para análisis sensorial (molino planetario de bolas PM 100-Retsch),

para obtener licor de cacao, evaluado mediante un panel de catación a través de una prueba hedónica. Los determinantes de la calidad sensorial se evaluaron mediante escalas de percepción e intensidad de sabor, atributo y defecto (Tabla 1).

Los descriptores de sabor considerados en el estudio fueron: cacao, acidez, astringencia, amargor, fruta seca y fresca, floral, nuez, panela, herbal y sabores atípicos (Afoakwa *et al.*, 2013). Para ello se utilizó una escala de 0 a 10, haciendo registros en un formato de evaluación en el cual se identificó la calidad e intensidad de defectos y atributos de la muestra.

**Tabla 1.** Descripción de la escala de percepción del sabor.

Intensidad del atributo	Significado
0	No está presente
1	Solo trazas, es posible no encontrar en una segunda catación
2	Presente en la muestra
3-5	Caracterización clara de la muestra
6-8	Dominante
9-10	El máximo que se ha experimentado

Fuente: BEANS (2015).

## Análisis estadístico

La información de las variables recolectadas en campo y laboratorio fueron analizadas por medio de técnicas de análisis multivariado como: análisis de varianza multivariada (ANAVAMU), análisis de conglomerados (dendrogramas), mediante método Ward y distancia Gower, análisis de componentes principales (ACP), en los que se tuvo en cuenta las pruebas

de Bartlett (<0.05), Kaiser -Meyer -Olkin (>0.05) y selección de componentes principales por medio del eigenvalues (1,0), además se realizaron técnicas para las comparaciones de medias con error estándar con ayuda de modelos lineales generales y mixtos (MLGM). Los análisis se realizaron utilizando el Software Infostat, versión profesional, 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020) y (RStudio Team, 2020).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Parámetros de calidad física

Los métodos de comparación de medias para la variable municipio, muestra que solamente Roy (Prueba de comparación de pruebas multivariadas) presentó diferencias significativas con  $p$ -valor =

0.0424 (Tabla 2). Sin embargo, la Prueba de comparación de medias por el método de Hotelling corregido por Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ), mostró diferencias significativas para el análisis multivariado, evidenciando que el municipio Algeciras, con el mayor rango altitudinal, es el que genera dichas diferencias (Tabla 2).

**Tabla 2.** Métodos de análisis de varianza multivariado ( $p$ -valor).

Variable	Wilks	Pillai	Lawley-Hotelling	Roy
Municipio	0,4409	0,7891	0,4371	0,0424

Municipio	GBF	GIF	IG	CH	IME	GSF	R(%FMM)	GP	Comparación
Algeciras	57,67	21,83	118,64	7,15	3,42	20,50	5,95	37,69	A
Rivera	51,33	26,67	128,00	7,46	6,90	22,00	10,76	46,15	B
Campoalegre	48,00	30,67	132,54	7,24	2,80	21,00	6,95	26,53	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) Grano Bien Fermentado (GBF); Grano Insuficientemente Fermentado (GIF); Índice de Grano (IG); Contenido de Humedad (CH); Impureza Materia Extraña (IME); Grano Sin Fermentar (GSF); Tamizaje (T); Residuos o materia relacionada (R %FMM); Grano Plano (GP).

Fuente: autores.

Grano bien fermentado (GBF): la muestra de cacao obtenida en el municipio de Algeciras mostró el porcentaje más alto respecto a esta variable, con el 57,67%;

seguido por la muestra del municipio de Rivera con un 51,33%; y Campoalegre con 48,00%. Según la Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021, este resultado

indica que la muestra de Algeciras se encuentra dentro de la categoría de calidad estándar (entre 55,00 a 65,00%); mientras que Rivera y Campoalegre se encuentran en la categoría de grano corriente (<55,00%).

**Grano insuficientemente fermentado (GIF):** esta variable se encontró con mayor valor en el municipio de Campoalegre con 30,67%; seguido por Rivera y Algeciras con el 26,67% y 21,83%, presentando deficiencias en la fermentación del grano. Esto, tiene concordancia con la variable grano bien fermentado (GBF), mostrada anteriormente, donde Algeciras presenta los niveles más bajos de granos insuficientemente fermentados y sin fermentar, 21,83% y 20,50% respectivamente, cabe la posibilidad que se deba al establecimiento de protocolos de fermentación durante sus procesos. Lo anterior se relaciona con lo propuesto por Murcia-Artunduaga *et al.* (2022), quienes mencionan una relación entre el porcentaje de granos insuficientemente fermentados y el proceso de fermentación de cacao.

**Índice de grano (IG):** el análisis de comparación de medias multivariadas al 95,00% de confiabilidad, muestra en la variable de índice de grano, dos grupos homogéneos, Rivera (128 g) y Campoalegre (132,54 g), indicando que el municipio de Algeciras (118,64 g) difiere respecto a estos, mostrando un menor peso de grano; información que es consistente con otros estudios de caracterización física que arrojan promedios de índice de grano similares a los encontrados en esta in-

vestigación (Cilas *et al.*, 2010). También es consistente con los reportes de (Almeida y Valle (2007), quienes relacionaron el índice y peso de grano con características ambientales, especialmente la precipitación y temperatura. En este caso, las alturas de ubicación de las fincas (Campoalegre 500 y 600 msnm; Rivera 700 y 800 msnm; Algeciras 1.000 y 1.100 msnm) entre los municipios, es un factor que podría estar explicando dichas diferencias en el índice del grano.

En este sentido, la variable de índice de grano, según la Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021, permiten clasificar las muestras del municipio de Algeciras como un grano tipo estándar, diferente a las muestras que comprenden los municipios de Rivera y Campoalegre, las cuales son consideradas como grano premium.

Algunas investigaciones relacionan el llenado de grano con factores ambientales como altura sobre el nivel del mar, temperatura y pluviosidad (Daymond y Hadley, 2008), lo que pudiese explicar resultados de este estudio, en donde las fincas ubicadas a mayor altitud (en su totalidad pertenecientes al municipio de Algeciras 1.000 y 1.100 msnm), muestran una relación inversamente proporcional entre las variables temperatura y peso de grano. Asimismo, Daymond y Halley (2008) mencionan que, en un estudio realizado en ambientes simulados de Malasia, Brasil y Ghana, se reportó una relación inversa entre los dos factores mencionados, en materiales amelonado y UF 676.

**Contenido de humedad:** valores porcentuales de humedad por encima de 7,50% se consideran cacao corriente o estándar, lo cual puede representar un inadecuado proceso de secado. En este caso, la variable analizada mostró que los tres municipios (Algeciras, Rivera y Campoalegre) presentan en promedio un porcentaje de humedad entre 7,0-7,5 lo que según la NTC:1252 catalogaría las muestras como cacao tipo premium.

**Impureza materia extraña (IME):** el municipio de Rivera evidenció el mayor porcentaje de impurezas y materias extrañas con el 6,90%. Autores como Álvarez *et al.* (2022) mencionan la importancia de este parámetro, debido a que un elevado porcentaje de IME se refleja en una disminución de la calidad sensorial y disminución del rendimiento del grano.

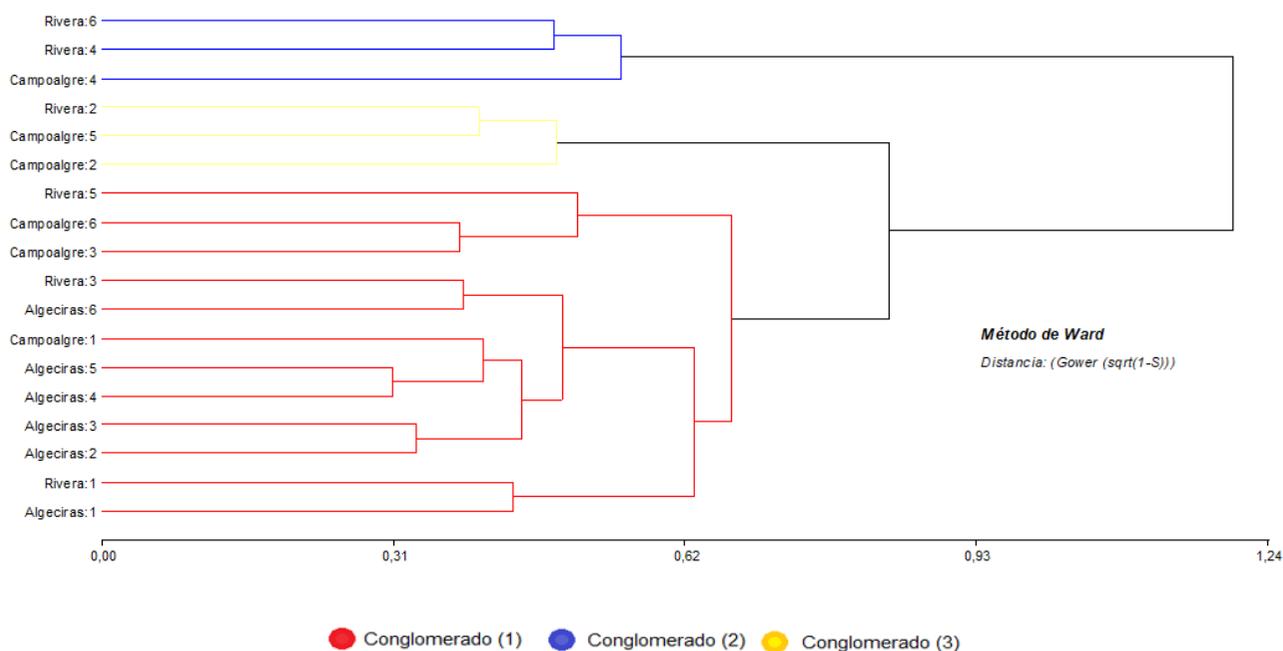
**Residuos o materia relacionada (R%-FMM):** residuos es considerado como granos partidos y deformes. Se evidenciaron valores altos (10,76%) para el municipio de Rivera, seguido por Campoalegre y Algeciras con el 6,95 y 5,95%; según la NTC:1252, este parámetro no debe superar el 3,50% del total de la muestra analizada.

**Grano plano (GP):** un alto porcentaje de grano plano (46,15%) fue referenciado en el municipio de Rivera, lo cual podría indicar deficiencias agronómicas o ambientales atribuidas al llenado del grano (Fowler y Coutel, 2017), mientras que Algeciras y Campoalegre mostraron valores de 37,69% y 26,53%.

## Prueba de corte

### *Descripción de los conglomerados*

En cuanto a la prueba de corte, se desarrolló un análisis mediante el método de Ward y la distancia de Gower, se generaron tres grupos, con una correlación cofenética del 81,10%, evidenciando similitud y cercanía entre ellos de acuerdo con las variables evaluadas. Se evidencian dos grupos (C2 y C3) con pocas unidades de análisis, en comparación con el C1, conformado este último por las fincas ubicadas en el municipio de Algeciras 1, 2, 3, 4, 5 y 6; Rivera 1, 3 y 5; y, Campoalegre 1, 3 y 6. El conglomerado 2 presentó tres fincas: Rivera 4 y 6; y, Campoalegre 4. Por último, el conglomerado 3, las fincas: Rivera 2; y, Campoalegre 2 y 5 (Figura 1).



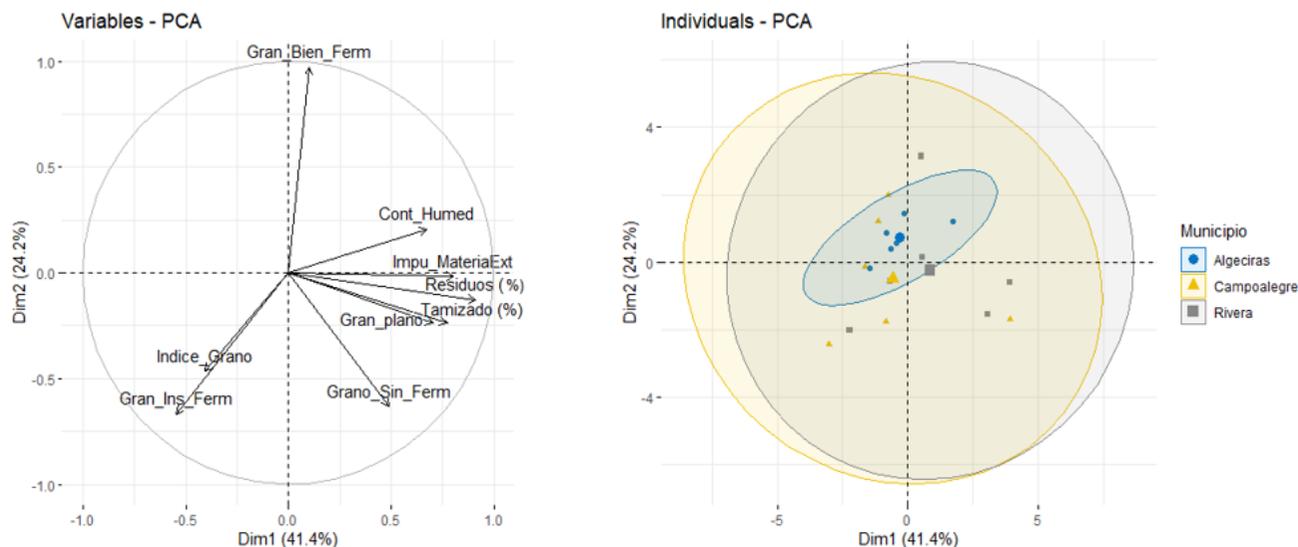
**Figura 1.** Análisis de conglomerados, según la técnica de Ward, para 18 fincas de zona rural de los municipios Rivera, Campoalegre y Algeciras del departamento del Huila, Colombia. 2021. C1: clúster 1; C2: clúster 2; C3: clúster 3.

Fuente: autores.

En este sentido los grupos de fincas más pequeños (2 y 3) se caracterizaron por un menor porcentaje de granos bien fermentados, y porcentajes de humedad más altos; asimismo, fincas del C2, agruparon las muestras con mayor contenido de impurezas o materias extrañas, mayor contenido de residuos y de granos planos, además de un alto número de granos sin fermentar.

Por el contrario, se evidencia un grupo (C1) más grande, conformado por un total de 12 fincas ubicadas en los tres municipios objeto de estudio. No obstante,

se identifica una mayor proporción de fincas correspondientes al municipio de Algeciras (33,33%), seguido por fincas de Campoalegre y Rivera en una proporción del 16,67% cada uno. Además, este grupo se caracteriza por presentar muestras con mejores condiciones de clasificación, mayor porcentaje de granos bien fermentados, contenido de humedad (sin exceder el 80% en masa), menor porcentaje de residuos e impurezas, y menor número de granos sin fermentar; características relacionadas a partir de los requerimientos para la clasificación de cacao según NTC 1252:2021, 5° actualización.



Por otra parte, se realizó la prueba de Bartlett, proporcionando datos que rechazan la hipótesis nula, con un p valor de 1,674223 e -35 (<0.05), asimismo el test de Kaiser-Meyer-Olkin permitió observar que los datos son adecuados con un resultado de p valor 0,8, concluyendo que se puede continuar con el análisis de componentes principales (PCA), representado gráficamente en la Figura 2.

**Figura 2.** Caracterización del análisis físico de 18 muestras de cacao de fincas productoras de la zona rural de los municipios Rivera, Campoalegre y Algeciras del departamento del Huila. Gran\_Ins: Grano insuficientemente fermentado; Con\_Humed: Contenido de humedad; Gran\_Bien\_Ferm: Grano bien fermentado; Impu\_MayeriaExt: Impurezas material externo; Gran\_plano: Grano plano; Grano\_Sin\_Ferm: Grano sin fermentar; Índice\_Grano: Índice de grano.

Fuente: autores.

¿En la Figura 2 se visualizan las principales variables evaluadas en el análisis físico, en donde se explica el 65,6% de la variabilidad de los datos en los dos primeros ejes; las fincas de los municipios de Rivera y Campoalegre presentaron un mejor comportamiento frente a las variables del análisis físico realizado; mientras tanto, las fincas del municipio de Algeciras, se rela-

cionaron solamente con las variables de contenido de humedad e índice de grano.

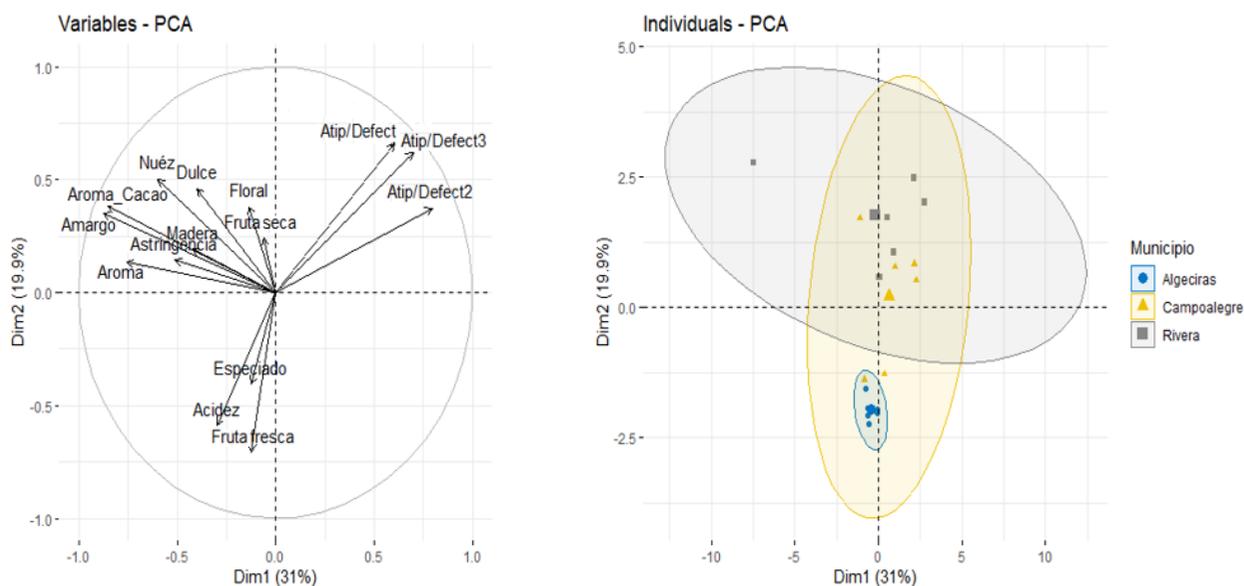
### 3.2 Actividad sensorial

La prueba de Bartlett proporcionó datos que rechazan la hipótesis nula, con un p valor de 3,544856 e -17 (<0.05), asimismo el test de Kaiser -Meyer -Olkin permitió

observar que los datos son adecuados con un resultado de  $p$  valor 0,76, concluyendo que se puede continuar con el análisis. En este sentido, se realizó un análisis de componentes principales, representado gráficamente en la Figura 3, en donde se visualiza las principales variables evaluadas en el análisis sensorial, en donde se explica el 50,90% de la variabilidad de los datos en los dos primeros ejes; es posible observar una variabilidad entre los distintos atributos estudiados y los municipios, es viable que las diferencias de la calidad sensorial en las localidades evaluadas se deban, en buena parte, a condiciones ambientales, en especial a temperaturas altas y oferta hídrica relacionadas con la altitud donde se encuentran ubicadas las fincas de cada municipio, coincidiendo con reportes realizados por Adjaloo *et al.* (2012); Ribas *et al.* (2014) y Lujan *et al.* (2021), quienes relacionaron atributos de la calidad con variables ambientales.

El análisis sensorial permitió establecer una diferenciación entre las muestras procedentes de los tres municipios, siendo Rivera aquel que concentró una mayor cantidad de atributos como sabores espe-

cíficos a fruta fresca tropical, pulpa amarilla, fruta seca como arándanos, uvas, especiados, floral, sabor dulce, azúcar morena, blanca, panela y miel, en este sentido autores como Santander-Muñoz *et al.* (2020), mencionan la importancia de desarrollar un adecuado proceso de postcosecha para generar un perfil sensorial de alta calidad. Sin embargo, el mismo municipio agrupó sabores adquiridos de moho y verde, junto con defectos como tierra, sucio empolvado, carnosos animales, cuero y putrefacción, relacionados según Guzmán y Gómez (2014) con un inadecuado almacenamiento, contaminación por hongos, y tiempos prolongados de fermentación; por otra parte, muestras analizadas del municipio de Algeciras agruparon atributos relacionados con sabores a fruta fresca cítrica, acidez láctica, acidez frutal, especiados como canela, y sabores adquiridos a crudo verde, este último corresponde a una alta fermentación o falta de tostado; en cuanto a la tercera localización, que relaciona las fincas procedentes del municipio de Campoalegre, se encontraron muestras con sabores a fruta fresca, floral, especiados tabaco y madera resina.



**Figura 3.** Análisis de componente de la calidad sensorial de cacao de 18 fincas de la zona rural de los municipios Rivera, Campoalegre y Algeciras del departamento del Huila. Atip/Defect: (Sucio, Húmedo, Mohoso); Atip/Defect2: (Cuero, Humo, Verde); Atip/Defect3: (Sobrefermentado, Tierra).

Fuente: autores.

La Tabla 3 muestra los valores medios de las escalas evaluadas en el estudio para cada municipio. De este grupo de escalas se evidencia que la Acidez, Atípicos/Defecto y Atípicos/Defecto, 3 presentaron diferencias significativas entre estos municipios, además resalta que diferencias importantes de la acidez se relacionaron

con el municipio de Algeciras; sin embargo, sobresale el bajo nivel de amargor y astringencia, valores muy importantes para las características de calidad sensorial del Cacao. De igual forma se destacan la presencia de aromas a cacao y otros aromas que sobresalen en las características del cacao en estos municipios.

**Tabla 3.** Modelos Lineales Generalizados y Mixtos (MLGM): Comparación de medias con diferencia mínima significativa (LSD) Fisher Alfa=0,05 para la calificación de escalas por variable en los tres municipios

Escala	Campoalegre	Algeciras	Rivera	p-valor
Otros aromas	3,65 ± 1,5a	2,86 ± 1,4a	3,29 ± 1,4a	0,7824
Aroma cacao	3,49 ± 0,9a	2,14 ± 0,9a	3 ± 0,9a	0,2158
Acidez	3,13 ± 1,4b	6 ± 1,41a	3,43 ± 1,4b	0,0466

Amargo	2,94 ± 0,94a	2,14 ± 0,92a	2,57 ± 0,92a	0,542
Astringencia	2,29 ± 1,0a	2,71 ± 0,9a	2,86 ± 0,9a	0,7897
Fruta fresca	1,17 ± 0,8ab	2,29 ± 0,7a	0,71 ± 0,7b	0,0581
Fruta seca	0 ± 02a	0,14 ± 0,1a	0,14 ± 0,1a	0,631
Floral	0,15 ± 0,1a	0 ± 0a	0,14 ± 0,1a	0,4069
Madera	1,12 ± 0,5a	0,14 ± 0,5b	0,43 ± 0,5ab	0,0566
Especiado	0,29 ± 0,3a	0,43 ± 0,3a	0,14 ± 0,3a	0,6106
Dulce	0,02 ± 0a	0 ± 0a	0,29 ± 0,2a	0,1459
Nuez	0,44 ± 0,4ab	0 ± 0b	0,71 ± 0,4a	0,101
Atípico/Defectuoso	0,99 ± 1,2b	0,29 ± 1,2b	3,86 ± 1,2a	0,0068
Atípico/Defectuoso2	0,37 ± 0,4a	0,57 ± 0,4a	2 ± 1,4a	0,3091
Atípico/Defectuoso3	0 ± 0b	0,43 ± 0,3b	2,86 ± 0,3a	0,0321

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Fuente: autores.

La información obtenida en la prueba sensorial muestra en el municipio de Campoalegre el valor más alto de sabor amargo; sin embargo, arroja los mejores resultados en percepción de aroma típico a cacao, característica que indica un buen manejo en el proceso de beneficio, tostión y ausencia de defectos, tal como lo relaciona Guzmán y Gómez (2014) en evaluación sensorial de Cacao en seis municipios del sur de Bolívar, donde las muestras que tuvieron mayor calificación en la escala de astringencia y amargor, tuvieron la mejor

calificación para aroma típico a cacao; dichos autores mencionan que la contradicción en la información pudiera deberse a las condiciones de manejo de las muestras en beneficio por la mezcla de diferentes clones y cosechas, afectando así su sabor y aroma; no obstante, se resaltan en general valores bajos en la escala de amargor, lo que sugeriría una fermentación y nivel de tostión adecuados (Tabla 4), debido a que el tostado genera la evaporación de ácidos disminuyendo el amargor de los granos de cacao (Kongor *et al.*, 2016).

**Tabla 4.** Valoración de escalas a través de las medianas para las diferentes variables de calidad sensorial en los tres municipios

Variable	Municipio	Mediana	Municipio	Mediana	Municipio	Mediana
Escala_Otros_ aromas	Algeciras	3	Campoalegre	4,5	Rivera	4
Escala_Aroma_ Cacao	Algeciras	2	Campoalegre	3,5	Rivera	4

Escala_Acidez	Algeciras	6	Campoalegre	4,5	Rivera	4
Escala_Amargo	Algeciras	2	Campoalegre	3,5	Rivera	3
Escala_Astringencia	Algeciras	3	Campoalegre	3	Rivera	3
Escala_Fruta_fresca	Algeciras	2	Campoalegre	1	Rivera	1
Escala_Fruta_seca	Algeciras	0	Campoalegre	0	Rivera	0
Escala_Floral	Algeciras	0	Campoalegre	0	Rivera	0
Escala_Madera	Algeciras	0	Campoalegre	1	Rivera	0
Escala_Espe-ciado	Algeciras	0	Campoalegre	0	Rivera	0
Escala_Dulce	Algeciras	0	Campoalegre	0	Rivera	0
Escala_Nuéz	Algeciras	0	Campoalegre	0,5	Rivera	1
Escala_Atíp/Defect	Algeciras	0	Campoalegre	0,5	Rivera	4
Escala_Atíp/Defect2	Algeciras	0	Campoalegre	0	Rivera	0
Escala_Atíp/Defect3	Algeciras	0	Campoalegre	0	Rivera	2

Fuente: autores.

## 4. CONCLUSIONES

Los factores de incidencia de la calidad física y sensorial del grano de cacao se evidenciaron principalmente en la etapa de postcosecha de las fincas evaluadas, en las muestras analizadas se refleja una relación directa entre las condiciones técnicas de fermentación-secado y control de las variables, en este sentido es importante generar la implementación de un plan de mejora continuo así como recomendaciones para cada zona evaluada.

El municipio de Algeciras, aunque reporta el mayor porcentaje de granos bien fermentados en los procesos de beneficio, no representa la mejor calidad sensorial; este municipio se caracteriza por siembras nuevas, resultado de procesos de renova-

ción de cultivos; por tanto, la selección de materiales se considera base fundamental en la obtención de cacao que cumple con los requisitos de calidad física y sensorial que exige el mercado.

El municipio de Campoalegre presento el índice de grano mayor al promedio de las muestras de los municipios de Rivera y Algeciras, lo que permite clasificar su grano como tipo premium; no obstante, su potencialidad se ve afectada por otros parámetros de calidad física dado que las condiciones y técnicas de fermentación, contenido de humedad, presencia de impurezas y residuos, no tienen el manejo adecuado.

Los resultados sugieren que las muestras de cacao procedentes del municipio de Rivera se caracterizan por tener granos de cacao con atributos sensoriales diferen-

ciados, pero debido al inadecuado manejo durante la postcosecha, su calidad se ve afectada por contaminación y deficiencias en la etapa de secado.

## CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

**Leidy Machado Cuellar:** metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, revisión y edición. **Eliana Lizeth Medina Rios:** metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, revisión y edición.

**Kathryn Yadira Guzmán Pacheco:** metodología, investigación, conceptualización, revisión. **Claudia Mercedes Ordoñez Espinosa:** metodología, investigación, conceptualización, revisión y edición.

## AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA; Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación-SENNOVA; Centro de Formación Agroindustrial, Regional Huila; y en especial a los productores de los municipios de Algeciras, Rivera y Campoalegre, que permitieron el desarrollo de la investigación en cada uno de sus sistemas productivos de cacao.

res de los municipios de Algeciras, Rivera y Campoalegre, que permitieron el desarrollo de la investigación en cada uno de sus sistemas productivos de cacao.

## LITERATURA CITADA

Adjaloo, M. K., Oduro, W., & Banful, B. K. (2012). Floral phenology of Upper Amazon Cocoa trees: implications for reproduction and productivity of Cocoa. *International Scholarly Research Notices*, 8. <http://doi:10.5402/2012/461674>

Afoakwa, E. O., Kongor, J. E., Takrama, J. F., & Budu, A. S. (2013). Changes in acidification, sugars and mineral composition of cocoa pulp during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Food*

*Research Journal*, volumen 20(3), 1215-1222. [https://csirspace.foodresearchgh.org/bitstream/123456789/1337/1/IFRJ\\_20\\_3\\_Afoakwa\\_et%20al.pdf](https://csirspace.foodresearchgh.org/bitstream/123456789/1337/1/IFRJ_20_3_Afoakwa_et%20al.pdf)

Almeida, A. A. F. D., & Valle, R. R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 425-448. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>

Álvarez-Fernández, C. O., Liconte-Salgado, N. D., Pérez-Silva, E. E., Lar-

- es-Amaíz, M.P. y Perozo-González, J. G. (2022). Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. *Fundación Grupo para la Investigación, Formación y Edición Transdisciplinar (GIFET)-Directiva*, 12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6548316>
- Aprotosoia, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016). Flavor chemistry of cocoa and cocoa products-an overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73-91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Beans, C. (2015). *Cocoa Beans: Chocolate & Cocoa Industry Quality Requirements*. Michelle End & Robin Dand. <https://www.icco.org/wp-content/uploads/2019/07/19.-Wednesday-Track-2-9.00-Martin-Gilmour-CAOBISCO-Guide.pdf>
- Bolaños, E. (2012). *Muestra y muestreo. Asignatura: Estadística para el Desarrollo Tecnológico*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/tizayuca/gestion\\_tecnologica/muestraMuestreo.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf)
- Cilas, C., Machado, R., & Motamayor, J. C. (2010). Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed weight. *Tree genetics & genomes*, 6, 219-226. <https://doi.org/10.1007/s11295-009-0242-9>
- Daymond, A. J., & Hadley, P. (2008). Differential effects of temperature on fruit development and bean quality of contrasting genotypes of cacao (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology*, 153(2), 175-185. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00246.x>
- De Cock, A. (2019). Altitude and shade influence on sensorial and nutritional cocoa quality in *San Vicente de Chucuri, Colombia*. s.l.. Ghent University, 1-107.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2020). *InfoStat Versión 2020; Centro de Transferencia InfoStat, FCA*. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- De Bertorelli, L. O., De Farinas, L. G., y Rovedas, G. (2009). Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía tropical*, 59(2), 119-127. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5225213>
- Di Mattia, C., Martuscelli, M., Sacchetti, G., Beheydt, B., Mastrocola, D., & Pittia, P. (2014). Effect of different conching processes on procyanidin content and antioxidant properties of chocolate. *Food Research International*, 63, 367-372. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.009>
- Fowler, M. S., & Coutel, F. (2017). Cocoa beans: from tree to factory. *Beckett's industrial chocolate manufacture and use*, 9-49. <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch2>

- Guzmán, J. A., y Gómez, S. L. (2014). Evaluación sensorial de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado en la región del sur del departamento de Bolívar (Colombia). *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 221-237. <https://doi.org/10.22490/21456453.1338>
- International Cocoa Organization. [ICCO]. (2020). Países productores que exportan exclusiva o parcialmente cacao fino o de aroma. Anexo "c" del convenio internacional del cacao. 34.<sup>a</sup> Sesión Especial del Consejo Internacional del Cacao en diciembre de 2020. <https://www.icco.org/fine-or-flavor-cocoa/>
- International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavour. [ISCQF]. (2020). *Los protocolos de esta web han sido revisados, actualizados, completados y recopilados en la Guía 2023 para la Evaluación de la Calidad y Sabor del Cacao*. ISCQF. [www.cocoaqualitystandards.org](http://www.cocoaqualitystandards.org)
- Kongor, J. E., Hinneh, M., Van de Walle, D., Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile-A review. *Food Research International*, 82, 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Kumari, N., Grimbs, A., D'Souza, R. N., Verma, S. K., Corno, M., Kuhnert, N., & Ullrich, M. S. (2018). Origin and varietal based proteomic and peptidomic fingerprinting of *Theobroma cacao* in non-fermented and fermented cocoa beans. *Food research international*, 111, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.010>
- Lujan, V. R., Sánchez, J. S., García, A. L., Reyes, V. M., Navarrete, C. D., Valiente, F. D., Saldaña, Y., & Rivas, D. V. (2021). Physical and Sensory Characterization of Cocoa (*Theobroma Cacao*) from Northin Peru. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 5807-5817.
- Machado, L., Ordoñez, C. M., Angel, Y. K., Guaca, L., & Suárez Salazar, J. C. (2018). Organoleptic quality assessment of *Theobroma cacao* L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia. *Acta Agronómica*, 67(1), 46-52. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.66572>
- Murcia-Artunduaga, K., Gasca-Torres, L., y del Rosario, M. (2022). Evaluación físico-sensorial de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), región sur del Huila (Colombia). *Informador Técnico*, 86(2), 194-204. <https://doi.org/10.23850/22565035.4358>
- Normas Técnicas Colombianas. [NTC]. (2021). NTC 1252. Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad. *ICONTEC*, 65. <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/pdf-view/viewer.aspx?locale=es=419-&Q=04D103EFA7FE09150F248A099F1E-77F9312408EA304CDEFA9&Req=>
- Oliveira, J. S., Costa, K., Acurcio, L. B., Sandes, S. H. C., Cassali, G. D., Uetanabaro, A. P. T., & Porto, A. L. F. (2018). In vitro and in vivo evaluation of two potential probiotic lactobacilli isolated

- from cocoa fermentation (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Functional Foods*, 47, 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.055>
- Ribas-Agusti, A., Gratacós-Cubarsí, M., Sárraga, C., Guàrdia, M. D., García-Regueiro, J. A., & Castellari, M. (2014). Stability of phenolic compounds in dry fermented sausages added with cocoa and grape seed extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 329-336. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.046>
- Rojas-Rojas, K., Hernández-Aguirre, C., y Mencía-Guevara, A. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 53-65. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45694>
- RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA. Posit. <http://www.rstudio.com/>
- Santander, M., Rodríguez, J., Vaillant, F. E., & Escobar, S. (2020). An overview of the physical and biochemical transformation of cocoa seeds to beans and to chocolate: Flavor formation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(10), 1593-1613. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1581726>
- Suárez, J. C., Polanía, J. A., Contreras, A. T., Rodríguez, L., Machado, L., Ordoñez, C., Bee, S., & Rao, I. M. (2020). Adaptation of common bean lines to high temperature conditions: Genotypic differences in phenological and agronomic performance. *Euphytica*, 216(2), 28. [https://doi.org/10.1007/s10681-020-2565-4\(0123456789\)](https://doi.org/10.1007/s10681-020-2565-4(0123456789))
- Viesser, J. A., de Melo, G. V., de Carvalho, D. P., Favero, G. R., de Carvalho, J. C., Goés-Neto, A., & Socol, C. R. (2021). Global cocoa fermentation microbiome: revealing new taxa and microbial functions by next generation sequencing technologies. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03079-2>

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.



#### Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.