









Caracterización física y sensorial de 24 genotipos especiales de cacao *Theobroma cacao*

Physical and sensory characterization of 24 special cocoa genotypes *Theobroma cacao*

Lucero Gertrudis Rodríguez-Silva¹ ; Lucas Fernando Quintana-Fuentes² ; Roberto Antonio Coronado-Silva¹ ;
Alberto García-Jerez² ; Eliana Yadira Báez-Daza^{1*} ; Genaro Andrés Agudelo-Castañeda¹ 

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, Centro de Investigación La Suiza. Rionegro - Santander, Colombia; e-mail: lgrodriguez@agrosavia.co, rcoronado@agrosavia.co; ebaez@agrosavia.co; gagudelo@agrosavia.co

²Universidad Abierta y a Distancia - UNAD. Bucaramanga - Santander, Colombia; e-mail: lucas.quintana@unad.edu.co; alberto.garcia@unad.edu.co

*autor de correspondencia: ebaez@agrosavia.co

Cómo citar: Rodríguez-Silva, L.G.; Quintana-Fuentes, L.F.; Coronado-Silva, R.A.; García-Jerez, A.; Báez-Daza, E.Y.; Agudelo-Castañeda, G.A. 2023. Caracterización física y sensorial de 24 genotipos especiales de cacao *Theobroma cacao*. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 26(1):e2410. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2410>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: enero 21 de 2022

Aceptado: junio 16 de 2023

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

Colombia, se destaca como país productor de cacao fino y de aroma, por lo cual, resulta de gran importancia explorar las características físicas y sensoriales de la diversidad genética existente. Para el presente estudio, se seleccionaron 22 genotipos de colecciones de trabajo con atributos productivos sobresalientes y dos testigos comerciales, reconocidos por su productividad y calidad sensorial; las muestras evaluadas fueron tomadas, de acuerdo con un muestreo aleatorio simple y se realizó un proceso de poscosecha homogéneo, controlado e independiente por genotipo, para obtener muestras de cacao seco individuales. Se realizaron análisis físicos al grano de cada genotipo y se preparó licor de cacao con cada una de las muestras obtenidas. Posteriormente, se evaluó cada licor por medio del panel de evaluación sensorial entrenado, donde se identificó y cuantificó la intensidad de atributos básicos, atributos especiales y atributos adquiridos, característicos de cada muestra. La información fue analizada mediante estadística descriptiva y análisis de componentes principales, lo que permitió la identificación de tres genotipos sobresalientes por el índice de grano y el porcentaje de cascarilla. El análisis sensorial evidenció que, en diecisiete genotipos, predominaron los atributos especiales, como herbal, floral, frutal, frutos secos y dulce. Estos resultados son un aporte importante para la selección de nuevas variedades de

alta productividad, con características sensoriales de interés para la comercialización, que pueden ser evaluadas en diferentes regiones, para aumentar la disponibilidad genética en futuros programas de renovación y siembra de cacao que está en expansión, en los distintos territorios del país.

Palabras clave: Análisis sensorial; Calidad del cacao; Fitomejoramiento; Genotipos promisorios; Licor de cacao.

ABSTRACT

Colombia stands out as a country that produces fine and aroma cocoa; therefore, it is of great importance to explore the physical and sensory characteristics of the existing genetic diversity. For the present study, 22 genotypes from working collections with outstanding productive attributes and two recognized commercial controls were selected and evaluated for its productivity and sensory quality; the evaluated samples were taken according to a simple random sampling and a homogeneous, controlled, and independent post-harvest process was carried out by genotype, to obtain individual dry cocoa samples. Physical analyzes were carried out on the grain of each genotype and cocoa liquor was prepared with each of the samples obtained. Subsequently, each liquor was evaluated by means of the trained sensory evaluation

panel, where the intensity of basic attributes, special attributes and acquired attributes characteristic of each sample was identified and quantified. The information was analyzed through descriptive statistics and principal component analysis, which allowed the identification of three outstanding genotypes by the grain index, and the husk percentage. The sensory analysis showed that, in seventeen genotypes, special attributes predominated such as: herbal, floral, fruity, dried fruit and sweet. These results are an important contribution for the selection of new high productivity varieties with sensory characteristics of interest for commercialization, which can be evaluated in different regions, to increase genetic availability in future renewal and planting programs of cocoa that is expanding in the different territories of the country.

Keywords: Cocoa liquor; Cocoa quality; Plant breeding; Promising genotypes; Sensory analysis.

INTRODUCCIÓN

El cacao *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) es originario de la región amazónica, donde se encuentra una alta diversidad natural de la especie (Zhang & Motilal, 2016). En Colombia, el cultivo de cacao ocupa un área de 194.428 ha (MADR - CNC, 2021), con una producción de 69.040 t, para el 2021 (Fedecacao, 2022) y una proyección de incremento, para el 2030, que puede llegar a 160.000 t, con un rendimiento promedio de 470 kg ha⁻¹ (Jaimes Suárez *et al.* 2021). La producción de cacao es una actividad productiva de importancia para el sector agrícola, considerado como uno de los principales productos que aporta a la economía del departamento de Santander, con una producción de 28.037 t, en el 2021, equivalente al 41 % de la producción Nacional (Fedecacao, 2021).

Según la Organización Internacional del Cacao - ICCO (por sus siglas en inglés), el cultivo de cacao en Colombia es catalogado como fino aromatizado (ICCO, 2020), involucrando a más de 65.341 familias y 30 departamentos en la producción, resaltando a Santander, como el de mayor producción (PROCOLOMBIA, 2020). Colombia, se caracteriza como productor de cacao y, a su vez, como consumidor, lo cual, conlleva al desarrollo empresarial y su implementación, como nuevas alternativas de producción y sustitución de cultivos ilícitos (Ramírez Montañez *et al.* 2019).

El cacao es un cultivo con diversidad genética amplia en la que se encuentran tres grupos genéticos principales: 1) el grupo de los criollos, caracterizados por su rugosidad en el fruto con forma alargada y coloración verde y rojo, que cambian a color amarillo y naranja cuando obtiene la madurez fisiológica; las almendras son de color blanco o crema con atributos sensoriales predominantes a nuez, amargo suave y notas afrutadas; 2) el grupo de los Forasteros, que presentan frutos amelonados de color verde, en estado inmaduro y amarillo, cuando madura, las almendras son pequeñas y de color púrpura o morado; 3) el grupo tipo Trinitarios, que son producto de cruzamientos naturales y controlados entre los Criollos y Forasteros; este grupo presenta una gran diversidad en color, forma del fruto, tamaño de semillas y coloración interna de la almendra, encontrando variaciones entre crema hasta púrpura (Ríos *et al.*

2017; Ramírez-Guillermo *et al.* 2018); sin embargo, Motamayor *et al.* (2008) realizaron un estudio donde encontraron 10 grandes grupos amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Maraño, Nacional, Nanay, Purús, que determinan la diversidad genética de *Theobroma cacao* y ratifican que la especie es originaria del triángulo amazónico.

El cacao presenta alta diversidad genética, la que, en su mayor parte, es conservada en bancos de germoplasma; este recurso genético es un insumo para investigaciones y selección de genotipos con características sobresalientes, como: índice de grano, número de mazorcas por árbol, calidad sensorial, resistencia a enfermedades e identificación de nuevos grupos genéticos, factores de suma importancia para los programas de mejoramiento genético (González-Orozco *et al.* 2022). Como resultado de las diferentes estrategias para mejorar la cadena productiva de cacao, en Agrosavia, Centro de Investigación la Suiza, se han desarrollado procesos de selección de genotipos de cacao, denominados con la sigla TCS (*Theobroma Corpoica* la Suiza), producto de investigaciones previas y selección participativa. Estos genotipos presentan genética de tipo criollo, trinitario y forastero, los cuales, se destacan por presentar índice de grano > 1,2, alta productividad, tolerancia a enfermedades y calidad sensorial diferenciadora, lo que permite contribuir a mejorar la productividad y competitividad y posesionar a Colombia con cacao de calidad, en los diferentes mercados (Báez-Daza *et al.* 2022).

Asimismo, el grano de cacao se puede diferenciar, de acuerdo con el mercado, donde se encuentran tipos de cacao corriente y especial (fino y de aroma). El cacao especial proviene de genotipos Criollos o Trinitarios, mientras que el cacao corriente, de cultivares Forasteros, con algunas excepciones, dependiendo de la región donde se cultiva y los procesos de poscosecha que se realizan (Finagro, 2018). A partir de la producción y la comercialización, se identifica una estrategia para la oferta de cacaos especiales en donde están vinculados países, como Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana (Sánchez *et al.* 2019); sus objetivos principales es la generación de políticas que impulsen la cadena de valor y el mejoramiento en la comercialización (Ríos *et al.* 2017).

Los cacaos especiales se comercializan con precios diferenciadores, representando el 5 % de la oferta mundial, que son muy apetecidos internacionalmente, por sus características organolépticas, para elaboración de productos premium. Estas tendencias se dan por nuevas corrientes de consumo del chocolate, donde los consumidores buscan alimentos con menos concentraciones de azúcar y mayor proporción de la materia prima que, en este caso, es el cacao, lo que conlleva a que el cacao de alta calidad sea mejor valorado económicamente (Sánchez *et al.* 2019).

El chocolate está entre los alimentos más apetecidos por los consumidores, el mismo que es obtenido a partir de semillas de cacao, que son sometidas a procesos de poscosecha y transformación, como fermentación, secado, tostado y molienda (Delgado *et al.* 2018). Dentro del proceso de fermentación, los granos de cacao frescos (sin fermentar) están compuestos por una pulpa que recubre

la almendra, que presenta altos contenidos de azúcares y ácido cítrico, que favorecen los procesos fermentativos por medio de las levaduras, en donde se desarrolla el ácido acético y etanol y esta primera etapa es denominada anaeróbica; una segunda etapa, que se desarrolla es la fase aeróbica, donde se provoca aireación al grano por medio de volteos periódicos a la masa que se encuentra en proceso de fermentación.

Posteriormente, inicia la proliferación de bacterias ácido-acéticas (BAA) encargadas de la oxidación de etanol, que se convierten en ácido acético y acetato de etilo; estos procesos bioquímicos producen cambios en las variables fisicoquímicas, como pH, acidez, % fermentación y elevación de la temperatura, que influyen en el desarrollando de los precursores de sabor y aroma (García-González *et al.* 2021). En este proceso bioquímico se forman los compuestos volátiles y se da la oxidación del cotiledón, lo que conlleva a la pérdida de polifenoles, que contribuyen a la reducción del amargo y la astringencia (Rojas-Rojas *et al.* 2021). La expresión del sabor en los granos de cacao se da posterior al tostado, mediante diversas reacciones, en la que se destaca la de Maillard, la cual, contribuye en la presencia de sabor y aroma a nuez y es activada con la presencia de temperaturas altas; sin embargo, en temperaturas entre 30 a 50 °C, también se favorece esta reacción (Rodríguez-Sierra *et al.* 2022). Lo anterior, genera la caramelización de los azúcares, degradación de la proteínas, activación y formación de compuestos volátiles, reacciones que dan origen al color, sabor y aroma del producto final y que serán percibidos en el análisis sensorial (Domínguez-Pérez *et al.* 2019).

La evaluación de la calidad de los granos de cacao presenta diferentes enfoques, considerados relevantes las características físicas, químicas y sensoriales (Quelal-Vásconez *et al.* 2020). Estas caracterizaciones son realizadas, a través de técnicas y metodologías, que pueden definir la identidad de este producto agroalimentario. El análisis sensorial es una metodología, que permite caracterizar organolépticamente los atributos de sabor y aroma, que componen las almendras de cacao; esta metodología debe estar ejecutada bajo un panel capacitado, que permita obtener datos válidos, certeros y sin variabilidad (Lemarcq *et al.* 2021). Los atributos sensoriales que caracterizan un chocolate son determinados por evaluadores expertos, que constituyen un panel y realizan el análisis sensorial; en Colombia, se sigue la guía técnica colombiana GTC 165 (Icontec, 2014). El perfil de sabor evaluado por un panel se realiza en tres pasos: i) Evaluación de olor y apariencia física, ii) Percepción de sabores y atributos y iii) Evaluación de post-gusto (Lemarcq *et al.* 2021).

Teniendo en cuenta la necesidad de profundizar el conocimiento sobre la diversidad genética de cacao existente en el país y algunos resultados de investigaciones previas, se determinaron las características físicas y atributos sensoriales, predominantes de 24 genotipos de cacao, para responder a la demanda de la cadena de cacao en la generación de nuevos genotipos, con cualidades diferenciadoras y de alta calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio fue realizado en el laboratorio de química y análisis sensorial de Agrosavia, Centro de Investigación la Suiza, con ubicación geográfica a 7°22'12" N 73°11'39" O, a 550 m s.n.m, con precipitaciones promedio de 2.000 mm anuales y temperatura media de 30 °C, ubicado en el km 32 vía al mar, vereda Galápagos en Rionegro Santander (Báez-Daza *et al.* 2022). Las muestras fueron recolectadas en parcelas de investigación del mismo centro, entre 2017 y 2019.

Material vegetal. Se utilizaron 24 genotipos de cacao, de los cuales, 22 hacen parte de una colección de trabajo, producto de selección natural participativa. Cuatro de ellos son oferta tecnológica disponible para los agricultores, los cuales, están identificados como Theobroma Corpoica La Suiza – TCS: TCS 01, TCS 06, TCS 13 y TCS 19; 17 genotipos, se encuentran en procesos de evaluación, identificados como TCS 02, TCS 04, TCS 05, TCS 08, TCS 10, TCS 11, TCS 12, TCS 20, TCS 40, TCS 41, TCS 42, TCS 44, TCS 45, TCS 46, TCS 47, TCS 48 y TCS 49, un genotipo producto de cruzamiento dirigido identificado, como TCS 03 y dos genotipos utilizados de referencia internacional, denominados Colección Castro Naranjal – CCN; CCN 51 e Imperial Collage Selection - ICS; ICS 95 (Quintana Fuentes *et al.* 2015). Todos los frutos colectados provienen de parcelas de investigación en el C.I. La Suiza, cosechados cuando presentaron madurez fisiológicamente óptima, libres de patógenos, plagas y daños naturales.

Procesamiento de muestras. Se realizó un muestreo de frutos maduros, donde se extrajo el grano fresco, para iniciar proceso de fermentación por separado a cada genotipo, utilizando la metodología de microfermentación, mediante el uso de incubadora marca MEMMERT IN 450, ajustado a los procesos fermentativos del grano de cacao y alcanzando porcentajes de fermentación superiores al 75 %. El proceso de secado fue realizado de forma natural a libre exposición, hasta obtener una deshidratación del 7% de humedad, parámetro determinado, de acuerdo con la norma NTC 1252 de 2021 (Icontec, 2021a); este registro se realizó con el medidor de humedad portátil marca COFFE PRO MOISTURE-MAC.

Análisis Físico. El análisis físico es aplicado a 300 granos bajo la norma NTC 1252 de 2021 (cacao en grano, especificaciones y requisitos de calidad), la cual, determina el índice de grano (Peso seco promedio de un grano), porcentaje de cascarilla y almendra, bajo el método de recuento de granos para el cacao de comercialización nacional. Los valores de porcentaje de cascarilla y almendra, se obtuvieron a partir del peso de 100 granos de cacao, utilizando la balanza de precisión marca Santorius, CPA323S, labor realizada por triplicado. El índice de grano se determinó mediante la fórmula de Báez-Daza *et al.* (2022):

$$\text{Índice de grano} = \frac{\text{Peso total de 100 granos de cacao}}{100}$$

Para la determinación del porcentaje de cascarilla y almendra se tomaron 100 granos previamente pesados, a los cuales, se les retiró la cascarilla o testa y se calculó el porcentaje, aplicando las fórmulas de Báez-Daza *et al.* (2022):

$$\text{Porcentaje de cascarilla} = \frac{\text{Peso cascarilla} * 100}{\text{Peso total de 100 granos completos}}$$

$$\% \text{ cotiledón} = \frac{\text{Peso cotiledón} * 100}{\text{Peso total de 100 granos completos}} \text{ cotiledón}$$

Obtención de licor de cacao. En la preparación de las muestras por cada genotipo se utilizaron granos de cacao fermentado y seco, con el uso de una guillotina marca MAGRA 12; se realizó corte transversal a los granos quedando expuesta la parte interna para separar los granos bien fermentados, lo que permitió obtener el porcentaje de fermentación de cada muestra. Finalmente, se seleccionó una muestra de 250 g por genotipo con granos bien fermentados, para obtener la mayor expresión sensorial del recurso genético; estas muestras fueron tostadas y descascarilladas.

El proceso de tostado de las muestras se realizó mediante el uso de un tostador marca Caffemat, que permite la transferencia de energía a la masa, con una temperatura de 110 °C, durante 12 minutos, realizando reacciones químicas, que se evidencian con cambios en las características físicas, químicas y sensoriales.

Para el descascarillado de grano se utilizó un equipo marca Cocoa Town, que permitió la separación de la cascarilla de los nibs. Este proceso se efectuó minuciosamente, con el fin de evitar la presencia de cascarilla, ya que estas pueden generar amargor y astringencia en el licor de cacao (Quintana Fuentes & García Jerez, 2021).

Los nibs de cada una de las muestras en evaluación fueron procesados en un molino de piedras marca Cocoa Town, que permite la obtención de licor de cacao, con una granulometría aproximada entre 20 a 30 μ (Quintana Fuentes & García Jerez, 2021).

Con el apoyo del panel sensorial del Centro de Investigación La Suiza, AGROSAVIA, conformado por once evaluadores y un juez experto, se realizó la evaluación sensorial, bajo la normativa vigente GTC 165 del 2014 (Icontec, 2014). Para la conformación de este panel se surtieron procesos de preselección de candidatos, selección y formación de jueces, de acuerdo con las normas NTC 5278 del 2004 (Icontec, 2004), GTC 280 del 2017 (Icontec, 2017), NTC 3929 del 2021 (Icontec, 2021b), GTC 232 del 2020 (Icontec, 2020) y la NTC 3501 de 2012 (Icontec, 2012).

Con base en las normativas mencionadas, se estableció el protocolo de análisis sensorial, que se utilizó para la evaluación de los atributos sensoriales de licor de cacao, que contempló un análisis descriptivo cualitativo por consenso, donde los panelistas cuantificaron la percepción de los sabores básicos de amargor, astringente, acidez; atributos complementarios de cacao, frutal, floral, frutos secos, dulce, herbal y otros y defectos o sabores atípicos, como sobre fermentado, verde, pizarroso, entre otros, con base en una escala de 0 a 10 (Cacao of Excellence, 2021; Icontec, 2021b). Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y análisis de componentes principales, utilizando el software XLSTAT 2021.3.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad física del grano. Los resultados promedio de la variable índice de grano generan valores desde 1,3 hasta 2,2 g, identificándose claramente tres genotipos con un índice de grano superior; por tanto, cabe mencionar que todos los genotipos

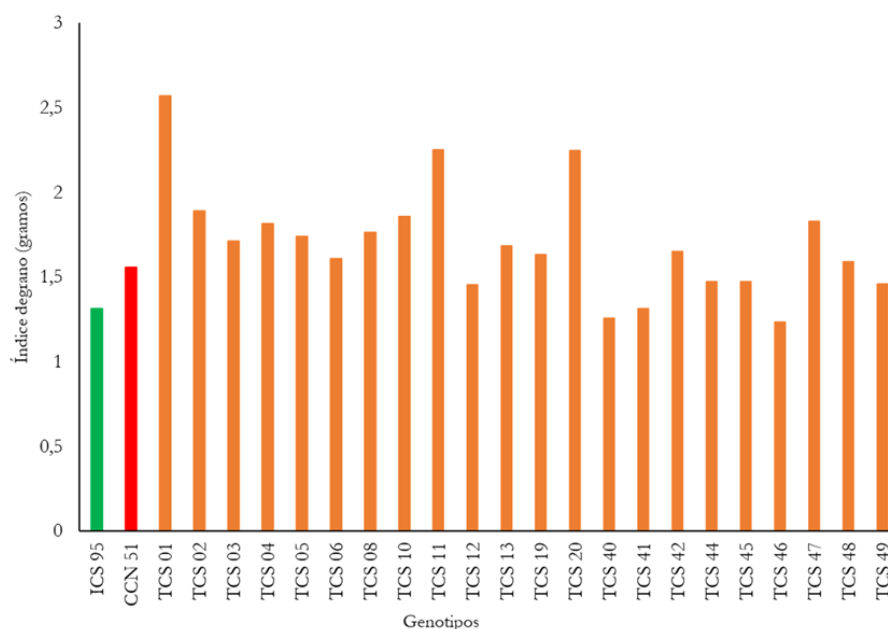


Figura 1. Índice de grano en los 22 genotipos TCS (*Theobroma Corpoica* La Suiza) y 2 genotipos universales CCN 51 (Colección Castro Naranjal), ICS 95 (Imperial College Selection).

presentaron un tamaño de grano superior a 1,2 g (Figura 1). Lo anterior, determina que los genotipos de cacao evaluados son de buena calidad comercial, catalogados como “premium”, ya que cumplen con los requerimientos de la Norma (Icontec, 2021a).

Los resultados obtenidos son acordes con los estudios realizados por Puentes-Páramo *et al.* (2014), quienes reportan índices de grano para CCN 51, de 1,6 g y para ICS 95, de 1,3 g; asimismo, estudios realizados por Nazario *et al.* (2013), donde evaluaron ocho genotipos de cacao, reportan que los genotipos CCN 51 e ICS 95 tienen un índice de grano de 1,4 y 1,3 g, respectivamente.

El análisis demuestra la variabilidad de los 24 genotipos evaluados en cuanto al índice de grano, los cuales, se pueden agrupar en tres patrones, de acuerdo con esta variable; en el primer patrón, se encuentran aquellos genotipos considerados de grano pequeño, con un índice entre 1,2 y 1,5 g en seco; en el segundo patrón, genotipos de grano intermedio, con índices entre 1,5 y 1,9 g y un tercer patrón, aquellos genotipos de grano grande, con índice mayor a 2 g. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Quintana Fuentes *et al.* (2015), donde clasificaron tres genotipos de cacao, de acuerdo con el tamaño de grano, estableciendo rangos

de tamaño pequeño, con índice de grano inferior a 1,3 g, tamaño mediano, con rangos entre 1,3 a 1,7 g y tamaño alto, con valores superiores a 1,7 g.

El porcentaje de cascarilla es otro indicador de calidad física del grano de cacao de los genotipos evaluados, en donde a menor porcentaje de cascarilla indica un mayor rendimiento (González-Alejo *et al.* 2019). De acuerdo con el genotipo varía la proporción de cascarilla, lo que permite establecer categorías de porcentajes, como alto >13 %, medio 11-12 % y bajo <11 % (García-Jerez *et al.* 2022). En la figura 2, se observa un rango que oscila entre el 11,20 a 15,32 %, para los genotipos evaluados. Los resultados indican que los genotipos que se destacan por presentar porcentajes inferiores al 13 % son el TCS 01, TCS 03, TCS 05, TCS 06, TCS 08, TCS 10, TCS 11, TCS 19, TCS 20, TCS 40 y TCS 45, lo cual, permite proyectar un buen rendimiento para los procesadores de cacao y garantizar rendimientos en los procesos de transformación (García-Jerez *et al.* 2022). Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Quintana Fuentes *et al.* (2015), donde se indica que los valores de porcentaje superiores al 13 % son considerados como altos; asimismo, encontraron que el ICS 95 y CCN 51 presentan contenidos de cascarilla, con valores de 13 y 12 %, respectivamente.

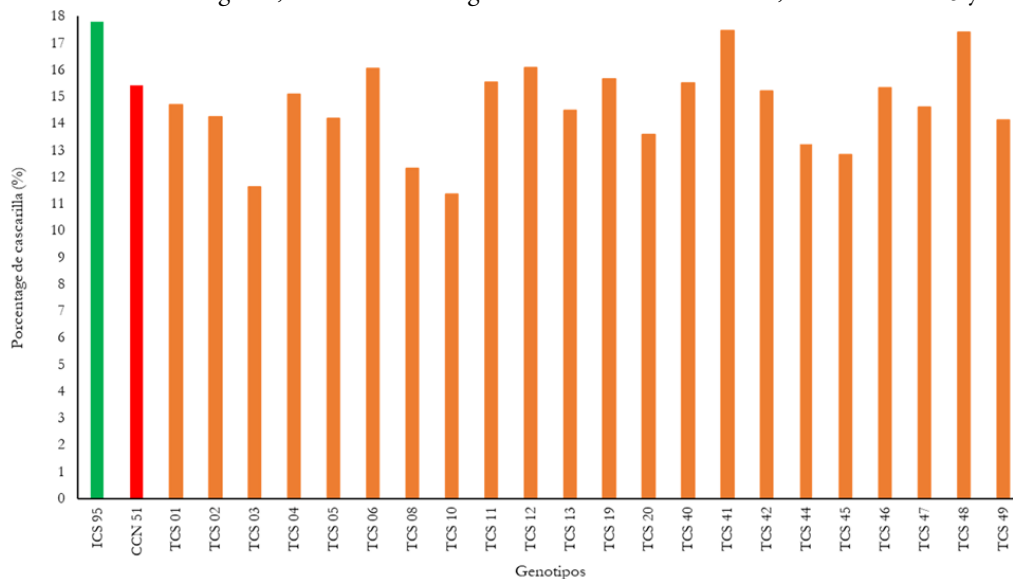


Figura 2. Porcentaje de cascarilla cuantificado en los 22 genotipos *Theobroma Coripoica* La Suiza - TCS y 2 genotipos universales, el Colección Castro Naranjal - CCN 51 y el Imperial College Selection - ICS 95.

Perfil sensorial para los 24 genotipos de cacao. El perfil sensorial para cada genotipo está representado por la gráfica radial “telaraña”, donde se puede evidenciar la puntuación de los atributos sensoriales (amargor, acidez, astringente, cacao, dulce, floral, frutal y otros).

En los sabores básicos se obtuvieron un puntaje máximo de 5, en el rango de la escala de 0 a 10 puntos, para las sensaciones de acidez, amargor, astringencia y cacao, destacándose los genotipos TCS 05, TCS 08, TCS 10, TCS 11, TCS 13, TCS 19, TCS 47 y TCS 49, con mayor puntaje en estas cualidades; sin embargo, esta valoración es considerada de intensidad media, con acidez tipo frutal, lo que no afecta negativamente el perfil sensorial. En los atributos complementarios, se observa que las notas a frutos secos y

frutal se cuantificaron con una calificación máxima de 5 puntos; las notas de dulzor hasta 4 puntos; las sensaciones florales, herbal hasta 3 puntos y las notas a especiado, se percibieron en un valor máxima de 2 puntos, donde se destaca el genotipo TCS 11 (Figura 3). Estas cualidades sensoriales se pueden interpretar como resultado de la genética y el correcto uso de los procesos de postcosecha ejecutados. En un estudio realizado con los cultivares FEAR 5 y CCN 51, cosechados en el departamento de Arauca (Colombia), mejoraron sus características organolépticas en aromas a nuez, dulzor, frutal y floral, por efecto de la fermentación controlada con adición de reactivos con ácido acético y ácido láctico respecto a la fermentación tradicional; sin embargo, la acidez siempre estuvo en niveles altos (Santander *et al.* 2021).

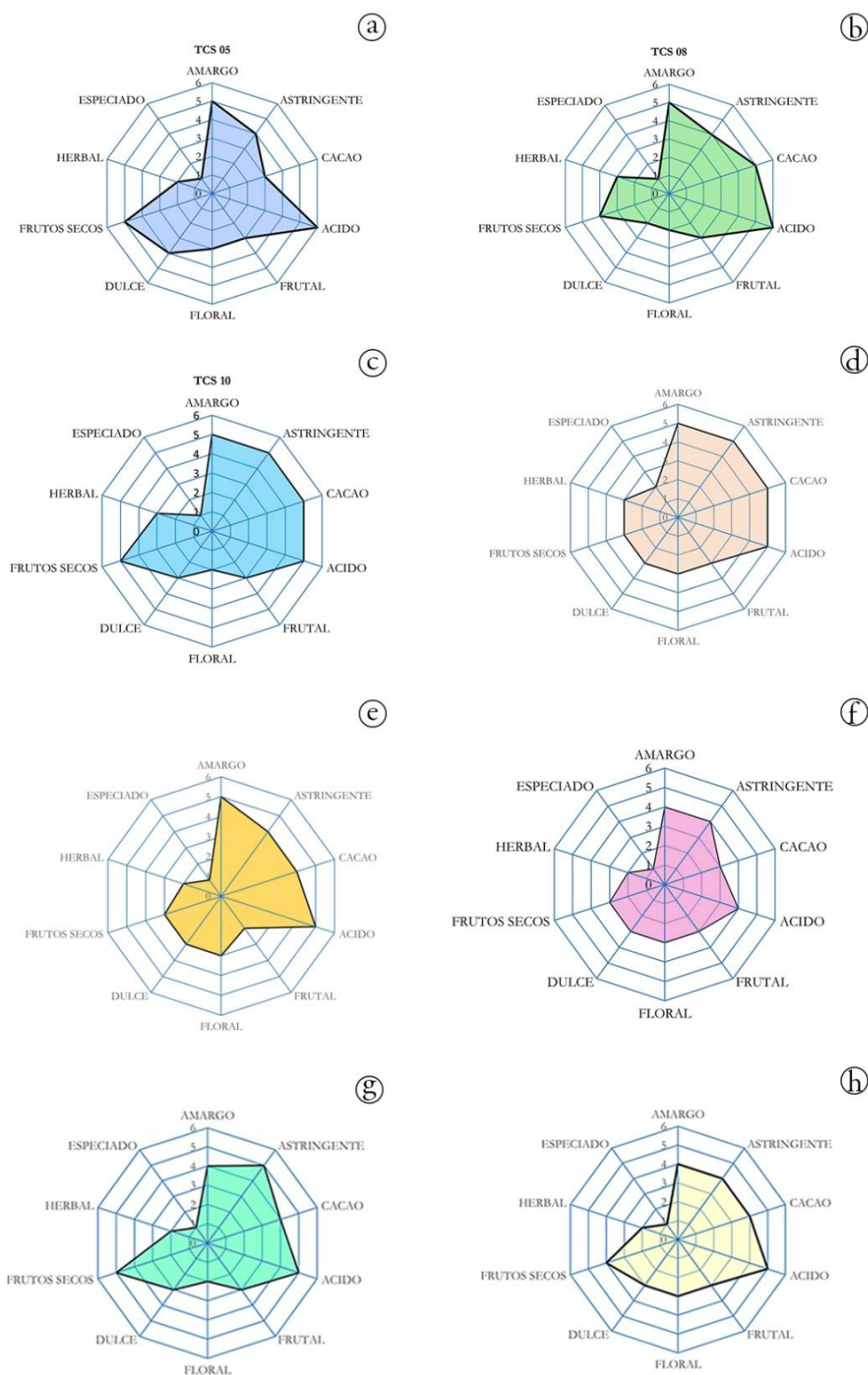


Figura 3. Genotipos de cacao con mayor calidad sensorial en cuanto a sabores básicos, atributos de aroma y sabor, de acuerdo con el análisis sensorial para los 22 genotipos TCS (*Theobroma Corpoica* La Suiza) y 2 genotipos universales CCN 51 (Colección Castro Naranjal), ICS 95 (Imperial College Selection). a) TCS 05; b) TCS 08; c) TCS 10; d) TCS 11; e) TCS 13; f) TCS 19; g) TCS 47; h) TCS 49.

El análisis de componentes principales (ACP) muestran la variabilidad de los 24 genotipos en estudio con respecto a intensidad de los atributos sensoriales, evaluados con un 65,61 % de variación de los dos primeros componentes, como se aprecia en la figura 4. En

el primer grupo se observan 17 genotipos, los cuales, ofrecen mayor intensidad de los atributos complementarios, como especiado herbal, floral, frutal, frutos secos, dulzor y cacao; en estos genotipos, se observa el balance del perfil sensorial entre sabores básicos y los

sabores complementarios de la muestra, durante la percepción en boca. En el segundo grupo, se presentan los genotipos con un balance intermedio resaltando atributos favorables con una menor intensidad, siendo estos finos y de aroma y el tercer grupo está conformado por los genotipos con sabores básicos de astringencia, amargor y acidez. Estos resultados muestran un contraste de los genotipos con características más planas, como CCN 51 que, en este caso, presentó notas marcadas de acidez, astringencia y amargor, que coincide con lo reportado por Quintana Fuentes & Gómez

Castelblanco (2011). Las notas de especiado fueron percibidas con una intensidad de 2 puntos en el genotipo TCS 11, mientras en los cultivares TCS 08, TCS 10 y TCS 13, se cuantificaron en 1; en tanto que las notas florales se asociaron, en mayor medida, a los genotipos TCS 05 y TCS 49. El conjunto de atributos de frutos secos (nuez), afrutado, cacao y dulzor, se percibieron en mayor medida, en los genotipos TCS 01, TCS 02, TCS 03 TCS 06, TCS 12, TCS19, TCS 40, TCS 41, TCS 44 e ICS 95.

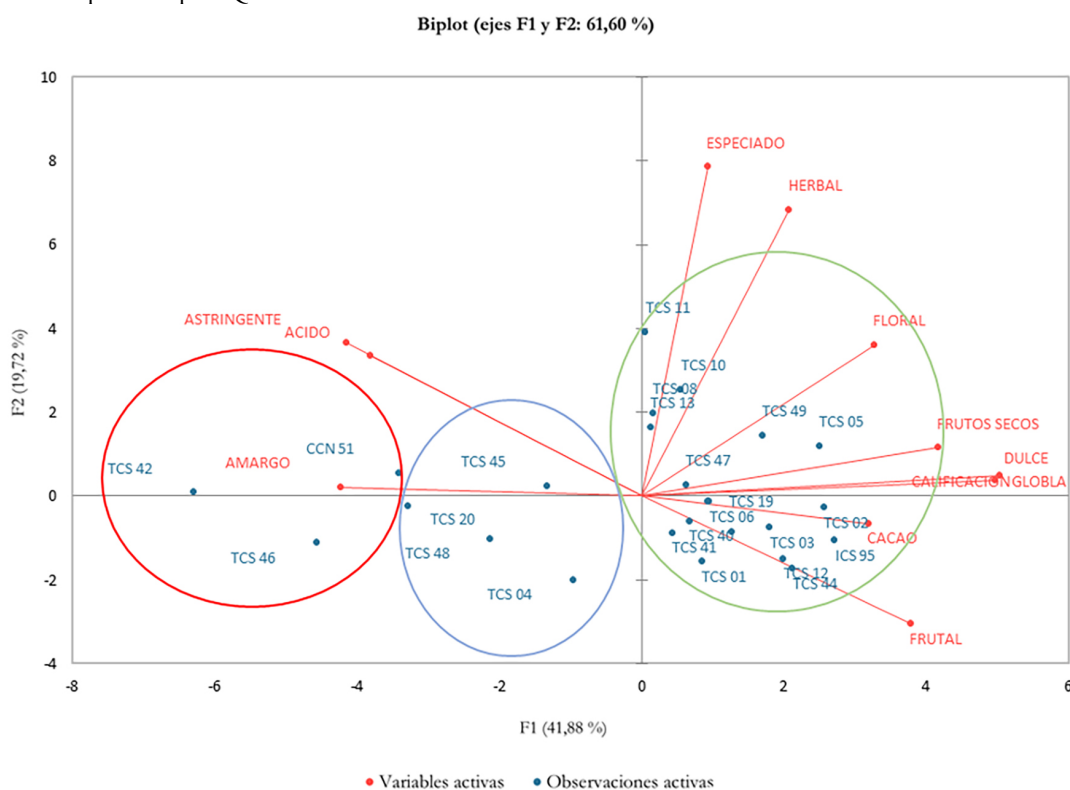


Figura 4. Análisis de componentes principales para los 22 genotipos *Theobroma Corpoica* La Suiza - TCS y dos genotipos universales, la Colección Castro Naranjal - CCN 51 y el Imperial College Selection - ICS 95. Primer grupo encerrado en verde, segundo grupo encerrado en azul y tercer grupo encerrado en rojo.

Otro de los aspectos evaluados en la determinación de un perfil sensorial es la calificación global del producto, en donde es otorgada a la muestra de licor catada, un valor numérico en escala de 0-10, escala estandarizada, de acuerdo con Cacao of Excellence y la NTC 3939 del 2021, permitiendo calificar los factores encontrados entre sabores básicos, específicos y posibles defectos encontrados, la cual, fue valorada en los 24 genotipos evaluados. Este comportamiento global (Figura 5) permite identificar un nivel satisfactorio para la mayoría de los genotipos evaluados; los licores obtuvieron valores superiores, con la presencia de atributos especiales. Este resultado e identificación de descriptores positivos permite categorizar ocho genotipos, anteriormente mencionados, como cacaos finos y aromatizados (ICCO, 2020). Estos resultados confirman que en Colombia se encuentran recursos genéticos valiosos, que representan ventajas competitivas para apuntar al mercado externo especializado, entre estos, se destacan los genotipos TCS 01, TCS 02, TCS 03, TCS 05, TCS 10, TCS 44, TCS 49 e ICS 95. Los genotipos que se pueden catalogar como cacaos corrientes, de

acuerdo con los resultados, son el TCS 42, TCS 46 y CCN 51, que podrían mejorar sus características organolépticas, con la inclusión de procesos de fermentación eficientes, así como el manejo de curvas de temperatura, acorde con la genética del material.

La evaluación de los parámetros de índice de grano, porcentaje de cascarilla y calidad sensorial permiten valorar la genética existente del cacao en Colombia, para proyectar nuevos genotipos con potencial de producción y comercialización; para efectos en este estudio, se encontró genotipos de cacao con índices de granos altos, que representan rentabilidad y competitividad en los mercados; a esto, se suma la calidad sensorial, donde se destacan perfiles de sabor de cacaos finos y de aroma. El índice de grano superior a 1,5 se encontró en los genotipos TCS 01, TCS 03, TCS 08, TCS 10, TCS 11, TCS 19 y TCS 20, que presentan porcentaje de cascarilla inferior a 13 % y perfil sensorial con notas predominantes a cacao, frutal, frutos secos, floral y herbal, con balance de sabores básicos (Figura 6). Estos recursos genéticos de Colombia evidencian la

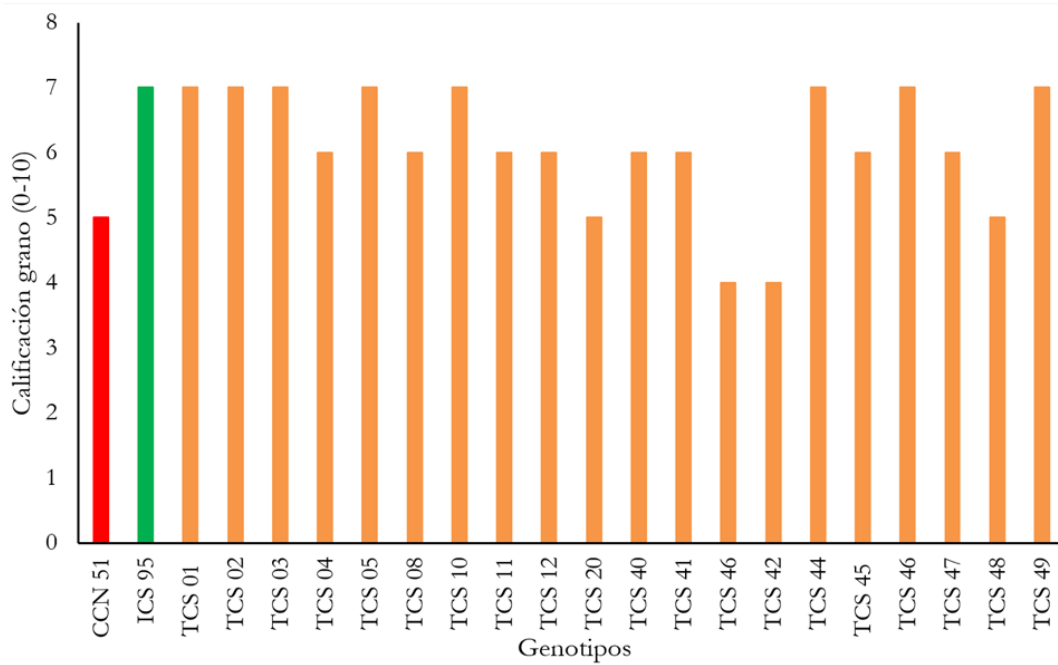


Figura 5. Calificación global de perfiles sensoriales para los 22 genotipos Theobroma Corpoica la Suiza - TCS y 2 genotipos universales el genotipo Colección Castro Naranjal - CCN 51, y el Imperial College Selection - ICS 95.

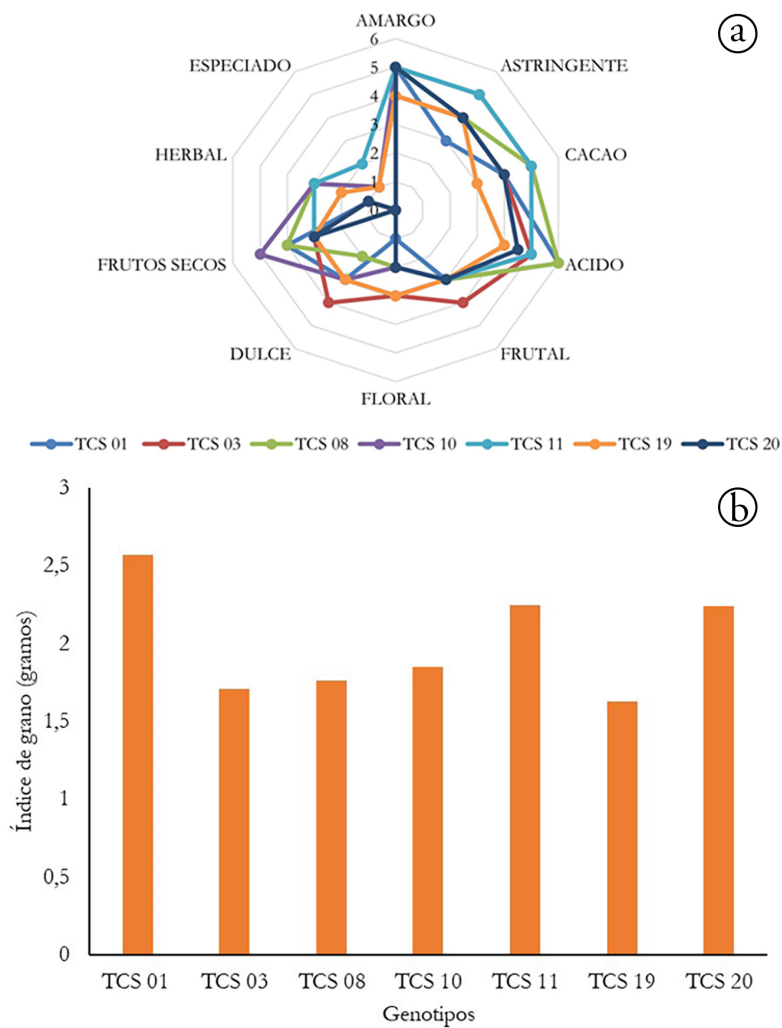


Figura 6. Genotipos destacados: a) perfil sensorial, b) índice de grano.

calidad física y sensorial del grano de cacao, lo cual, conlleva a mantener el cacao colombiano con categoría de fino sabor y aroma. Además, permite seleccionar genotipos de cacao para incluir en procesos de investigación, donde se evaluó su comportamiento, productividad y tolerancia a enfermedades, para generar paquetes tecnológicos con nuevas variedades especiales, que contribuyan al incremento de la productividad del cultivo de cacao en Colombia.

Agradecimientos. Los autores agradecen al Centro de Investigación la Suiza de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD grupo de investigación GIAUNAD, por el desarrollo del proyecto bajo la actividad Caracterización física y sensorial de los 24 genotipos de cacao, que se desarrolla dentro del proyecto de investigación BPIN 20013000100255 "Investigación, desarrollo e innovación de cacaos especiales bajo sistemas agroforestales". De igual manera, agradecen a Carol Castro Rodríguez y Jiner Niño Solano (Asistentes de investigación), por su apoyo en la consecución de mazorcas para la obtención de grano. **Financiación:** obtenida de sistema general de regalías del gobierno Nacional de Colombia. **Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses. **Contribución de los autores:** todos los autores participaron en el planteamiento de la investigación y la toma, procesamiento y análisis de los datos. Lucero Gertrudis Rodríguez-Silva, Lucas Fernando Quintana-Fuentes, Alberto García-Jerez y Eliana Yadira Báez-Daza participaron en la redacción inicial del manuscrito y Roberto Antonio Coronado-Silva y Genaro Andrés Agudelo-Castañeda participaron en la revisión y edición del documento. Todos los autores aprueban la versión final.

REFERENCIAS

- BÁEZ-DAZA, E.Y.; AGUDELO CASTAÑEDA, G.A.; NÚÑEZ GÓMEZ, K.S.; RODRIGUEZ SILVA, L.G.; CORONADO SILVA, R.A.; LÓPEZ GIRALDO, L.J. 2022. Caracterización agronómica, fisicoquímica, sensorial y de metabolitos con actividad funcional de cacaos especiales cultivados bajo sistemas agroforestales en el departamento de Santander. AGROSAVIA. 203p. <https://doi.org/10.21930/AGROSAVIA.INVESTIGATIO.N.7405309>
- CACAO OF EXCELLENCE. 2021. Quality & Flavour Assessment. Disponible desde Internet en: <https://www.cacaoofexcellence.org/about-us/quality-flavour-assessment>
- DELGADO, J.D.; MANDUJANO, J.I.; REÁTEGUI, D.; ORDOÑEZ, E.S. 2018. Desarrollo de chocolate oscuro con nibs de cacao fermentado y no fermentado: polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante y evaluación sensorial. *Scientia Agropecuaria*. 9(4):543-550. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.10>
- DOMÍNGUEZ-PÉREZ, L.A.; LAGUNES-GÁLVEZ, L.M.; BARAJAS-FERNÁNDEZ, J.; OLÁN-ACOSTA, M.D.L.Á.; GARCÍA-ALAMILLA, R.; GARCÍA-ALAMILLA, P. 2019. Caracterización vibracional de grupos funcionales en granos de cacao durante el tostado usando espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier. *Acta Universitaria*. 29:e2172. <https://doi.org/10.15174/AU.2019.2172>
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS - FEDECACAO. 2021. Producción Nacional de cacao. Disponible desde Internet en: <https://www.fedecacao.com.co/economianacional>
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS - FEDECACAO. 2022. La producción cacaotera nacional sigue creciendo: en 2021 logra un récord histórico. Disponible desde Internet en: <https://www.fedecacao.com.co/post/la-produccion-cacaotera-nacional-sigue-creciendo-en-2021-logra-un-nuevo-record-historico>
- FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO - FINAGRO. 2018. Inteligencia de mercado: cacao. Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios -UGRA. 16p. Disponible desde Internet en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_cacao_version_ii.pdf
- GARCÍA-GONZALEZ, E.; OCHOA-MUÑOS A.F.; MONTALVO-RODRIGUEZ, C.; ORDOÑEZ-NARVAES, G.A.; LONDOÑO-HERNANDEZ, L. 2021. Sucesión microbiana durante la fermentación espontánea de cacao en unidades productivas. *Ciencia en Desarrollo*. 12(2):21-30. <https://doi.org/10.19053/01217488.V12.N2.2021.12242>
- GARCÍA-JEREZ, A.; QUINTANA-FUENTES, L.F.; MORENO MARTINEZ, E. 2022. Determinación del índice de grano y del porcentaje cascarilla de los genotipos de cacao regionales FSV41, FEAR5 y FLE2 y genotipo universal CCN 51. *Ingeniería y Competitividad*. 24(2):11420. <https://doi.org/10.25100/iyv.v24i02.11420>
- GONZÁLEZ-ALEJO, FA.; BARAJAS-FERNÁNDEZ, J.; GARCÍA-ALAMILLA, P. 2019. Extracción de compuestos solubles de la cascarilla de cacao con CO₂ supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa. *CienciaUAT*. 13(2):128-140. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1073>
- GONZÁLEZ-OROZCO, C.E.; OSORIO-GUARÍN, J.A.; YOCKTENG, R. 2022. Diversidad filogenética de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 20(3):203-214. <https://doi.org/10.1017/S1479262123000047>
- INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION FINE OR FLAVOUR COCOA - ICCO. 2020. Fine or Flavour Cocoa. Disponible desde Internet en: <https://www.icco.org/fine-or-flavor-cocoa/#:~:text=It%20sh>

- ould%20be%20noted%20that,rich%20and%20balanced%20chocolate%20bases.
13. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2004. Norma técnica colombiana NTC 5278. Análisis sensorial. Metodología. Análisis secuencial. Icontec. Bogotá D.C. 9p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-metodologia-analisis-secuencial-ntc5278-2004.html>
14. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2012. Norma técnica colombiana NTC 3501. Análisis sensorial. Vocabulario. Icontec. Bogotá D.C. 26p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-vocabulario-ntc3501-2012.html>
15. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2014. Guía técnica colombiana GTC 165. Análisis sensorial. Metodología. Guía general. Icontec. Bogotá D.C. 26p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-metodologia-guia-general-gtc165-2014.html>
16. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2017. Guía técnica colombiana GTC 280: Análisis sensorial. Directrices para la selección, el entrenamiento y seguimiento de evaluadores seleccionados y expertos. Icontec. Bogotá D.C. 34p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-directrices-para-la-seleccion-entrenamiento-y-seguimiento-de-evaluadores-sensoriales-seleccionados-y-expertos-gtc280-2017.html>
17. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2020. Guía técnica colombiana GTC 232. Análisis sensorial. Metodología. Guía general para el establecimiento de un perfil sensorial. Icontec. Bogotá D.C. 45p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/catalogsearch/result/?q=gtc+232>
18. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2021a. Norma técnica colombiana NTC 1252. Cacao en grano. especificaciones y requisitos de calidad. Icontec. Bogotá D.C. 57p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/gp-cacao-en-grano-especificaciones-y-requisitos-de-calidad-ntc1252-2021.html>
19. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. 2021b. Norma técnica colombiana NTC 3929. Análisis sensorial. Metodología. Métodos del perfil de sabor. Icontec. Bogotá D.C. 15p. Disponible desde Internet en:
<https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-metodologia-metodos-del-perfil-de-sabor-ntc3929-2021.html>
20. JAIMES SUÁREZ, Y.Y.; AGUDELO, G.A.; BÁEZ DAZA, E.Y.; RENGIFO ESTRADA, G.A.; ROJAS MOLINA, J. 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Santander. AGROSAVIA. Mosquera, Colombia. 214p.
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>
21. LEMARCQ, V.; VAN DE WALLE, D.; MONTERDE, V.; SIORIKI, E.; DEWETTINCK, K. 2021. Assessing the flavor of cocoa liquor and chocolate through instrumental and sensory analysis: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1-17.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1887076>
22. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR; CONSEJO NACIONAL CACAOTERO - CNC. 2021. Plan nacional de desarrollo cacaotero 2012-2021. MADR. 30p. Disponible desde Internet en:
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Normatividad/2012%20Plan%20Decenal%20cacaotero%202012-2021.pdf>
23. MOTAMAYOR, J.C.; LACHENAUD, P.; DA SILVA E MOTA, J.W.; LOOR, R.; KUHN, D.N.; BROWN, J.S.; SCHNELL, R.J. 2008. Diferenciación geográfica y genética de la población del árbol del chocolate amazónico (*Theobroma cacao* L.). *PLOS ONE*. 3(10):e3311.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0003311>
24. NAZARIO, O.; ORDOÑEZ, E.; MANDUJANO, Y.; ARÉVALO, J. 2013. polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante de granos secos y análisis sensorial del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo y siete clones. *Investigación y Amazonía*. 3(1):51-59.
25. PROCOLOMBIA. 2020. Cacao en Colombia, un producto reconocido a nivel mundial. Disponible desde Internet en:
<https://www.colombiatrader.com.co/noticias/cacao-en-colombia-un-producto-reconocido-nivel-mundial>
26. PUENTES-PÁRAMO, Y.J.; MENJIVAR-FLORES, J.C.; GÓMEZ-CARABALÍ, A.; ARANZAZU-HERNÁNDEZ, F. 2014. Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica*. 63(2):145-152. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V63N2.40041>
27. QUELAL-VÁSCONEZ, M.A.; LERMA-GARCÍA, M.J.; PÉREZ-ESTEVE, É.P.; TALENS, P.; BARAT, J.M. 2020. Roadmap of cocoa quality and authenticity control in the industry: A review of conventional and alternative methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19(2):448-478. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12522>

28. QUINTANA FUENTES, L.F.; GARCIA JEREZ, A. 2021. Evaluación integral de la calidad sensorial del cacao. Sello Editorial UNAD. 136p. Disponible desde Internet en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/4852/4570>
29. QUINTANA FUENTES, L.F.; GOMÉZ CASTELBLANCO, S. 2011. Perfil del sabor del clon CCN51 del Cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucurí. Publicaciones e Investigación. 5(1):45-58. <https://doi.org/10.22490/25394088.594>
30. QUINTANA FUENTES, L.F.; GÓMEZ CASTELBLANCO, S.; GARCÍA JEREZ, A.; MARTÍNEZ GUERRERO, N. 2015. Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 6(1):253-265.
31. RAMÍREZ-GUILLERMO, M.Á.; LAGUNES-ESPINOZA, L.C.; ORTIZ-GARCÍA, C.F.; GUTIÉRREZ, O.A.; DE LA ROSA-SANTAMARÍA, R. 2018. Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. Revista fitotecnia mexicana. 41(2):117-125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>
32. RAMÍREZ MONTAÑEZ, J.; VALERO CÓRDOBA, G.M.; MARTÍNEZ HIGUERA, P. 2019. Oportunidades de las minicadenas productivas del sector cacao de Santander frente al pos conflicto colombiano. Económicas CUC. 40(2):153-182. <https://doi.org/10.17981/econcuc.40.2.2019.10>
33. RÍOS, F.; RUIZ, A.; LECARO, J.; REHPANI, C. 2017. Estrategias país para la oferta de cacaos especiales. Políticas e iniciativas privadas exitosas en el Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana. Swisscontact Foundation. 136p. Disponible desde Internet en: https://www.swisscontact.org/_Resources/Persistent/b/7/9/0/b7909c63ce01d3c0333defd340188b15376359d7/Estrategias_pais_para_la_oferta_de_cacaos_especiales.pdf
34. RODRÍGUEZ-SIERRA, E.; JORGE-CABRERA, M.C.; RODRIGUEZ-ÁLVAREZ, I. 2022. Influencia de la granulometría en el perfil de sabor del licor de cacao cubano refinado con molino de piedras. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 32(3):6-9.
35. ROJAS-ROJAS, K.; HERNÁNDEZ-AGUIRRE, C.; 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>
36. SÁNCHEZ, V.H.; ZAMBRANO, J.L.; IGLESIAS, C. 2019. La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe. Fontagro, Espol, Iniap ((Ecuador). 100p. Disponible desde Internet en: https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf
37. SANTANDER, M.; VAILLANT, F.; SINUCO, D.; RODRÍGUEZ, J.; ESCOBAR, S. 2021. Enhancement of fine flavour cocoa attributes under a controlled postharvest process. Food Research International. 143:110236. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110236>
38. ZHANG, D.; MOTILAL, L.A. 2016. Origin, dispersal, and current global distribution of cacao genetic diversity. En: Bailey, B.A.; Meinhardt, L.W. (eds.). Cacao diseases. Springer. p.3-31. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_1