

**Determinación de la calidad física, química y sensorial de una mezcla de cacao en la vereda
El Aburrido, finca La Alegría, Bucaramanga, Santander**

Cindy Paola Camargo Mejía

Asesor

MSc. Lucas Fernando Quintana Fuentes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Ingeniería de Alimentos

2025

Dedicatoria

A mi hija, por ser mi mayor inspiración y la razón de cada esfuerzo; y a mi esposo, por su apoyo incondicional y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Agradecimientos

A mi director Ingeniero Lucas Quintana, por compartir su amplia experiencia en la industria del cacao, por orientarme en este proceso, por estar siempre atento y ser de motivación para lograr mi objetivo.

A la Ingeniera Martha Barrera, por su valiosa guía, apoyo y conocimientos compartidos los cuales fueron fundamentales para la culminación de mi carrera profesional.

A la universidad Abierta y a Distancia – UNAD, por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas académicas y humanas necesarias para mi formación profesional.

A todos los tutores del programa de ingeniería de alimentos que durante mi proceso de formación desde la tecnología alimentaria y seguidamente en la ingeniería de alimentos me aportaron sus conocimientos que hoy me permiten alcanzar el logro de profesional.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad física, química y sensorial de una mezcla de cacao (genotipos CCN 51 (Colección Castro Naranjal 51); FLE 2 (Fedecacao Lebrija 2); FEAR 5 (Fedecacao Arauquita 5); FSV 41 (Fedecacao San Vicente 41) producida en la vereda El Aburrido, finca La Alegría, ubicada en Bucaramanga, Santander. Para ello, se desarrolló un estudio de tipo descriptivo con diseño no experimental, en el cual se realizaron análisis fisicoquímicos del grano seco, incluyendo determinación de humedad, pH e índice de fermentación, así como la evaluación sensorial del licor de cacao mediante un panel de cinco evaluadores entrenados, siguiendo metodologías estandarizadas. Los resultados fisicoquímicos evidenciaron un contenido de humedad promedio de 6,77 %, cumpliendo con los requisitos establecidos por la NTC 1252:2021 para cacao de calidad premium, y un pH del cotiledón de $5,10 \pm 0,13$, indicador de un adecuado manejo poscosecha, proceso de fermentación y secado con la generación de precursores de sabor. En cuanto al perfil sensorial, el licor de cacao de la mezcla presentó notas características a cacao con presencia de atributos afrutados, cítricos y florales muy valorados por la industria de chocolatería fina, baja astringencia y un balance adecuado entre acidez y sabor amargo, lo que sugiere un buen manejo poscosecha. La integración de los resultados permitió concluir que la mezcla evaluada presenta condiciones favorables de calidad, con potencial para ser clasificada dentro del segmento de cacaos finos de aroma, aportando valor agregado a la producción local y constituyéndose como una referencia técnica para el mejoramiento de los procesos de beneficio en la región.

Palabras clave: cacao, perfil sensorial, calidad fisicoquímica, licor de cacao.

Abstract

The present research aimed to determine the physical, chemical, and sensory quality of a cocoa blend (genotypes CCN 51 (Colección Castro Naranjal 51), FLE 2 (Fedecacao Lebrija 2), FEAR 5 (Fedecacao Arauquita 5), and FSV 41 (Fedecacao San Vicente 41)) produced in the El Aburrido vereda, La Alegría farm, located in Bucaramanga, Santander. To this end, a descriptive study with a non-experimental design was conducted, involving physicochemical analyses of the dried beans, including the determination of moisture content, pH, and fermentation index. Additionally, a sensory evaluation of the cocoa liquor was carried out by a panel of five trained evaluators following standardized methodologies. The physicochemical results showed an average moisture content of 6.77%, complying with the requirements established by the NTC 1252:2021 standard for premium-quality cocoa. Furthermore, the cotyledon pH was 5.10 ± 0.13 , indicating appropriate post-harvest handling, fermentation, and drying processes that promote the generation of flavor precursors. Regarding the sensory profile, the cocoa liquor from the blend exhibited characteristic cocoa notes accompanied by fruity, citric, and floral attributes highly valued by the fine chocolate industry. It also displayed low astringency and an adequate balance between acidity and bitterness, further suggesting excellent post-harvest management. The integration of these results led to the conclusion that the evaluated blend presents favorable quality conditions and has the potential to be classified within the fine flavor and aroma cocoa segment. This adds value to local production and serves as a technical reference for improving post-harvest practices in the region.

Keywords: cacao, sensory profile, physicochemical quality, cocoa liquor

Tabla de contenido

Introducción	11
Marco teórico	13
El cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	13
Origen, historia y dispersión mundial.....	16
Producción de cacao en el mundo.....	18
El cacao en Colombia y Santander	20
Especificaciones de calidad del cacao en grano para comercialización nacional.....	22
Objetivos.....	26
Objetivo General.....	26
Objetivos Específicos.....	26
Materiales y métodos	27
Diseño experimental	27
Material Vegetal.....	28
Muestreo de grano seco	32
Análisis físicos	34
Prueba de corte.....	40
Análisis fisicoquímicos.....	42
Determinación de humedad	42
Determinación de pH	42
Procesamiento del grano seco – licor de cacao.....	44
Tostado de grano.....	45
Descascarillado	46

Refinado de nibs en licor de cacao	47
Análisis sensorial del Cacao	48
Resultados y Discusión.....	52
Resultados de análisis fisicoquímicos.....	52
Porcentaje de humedad grano seco	52
Resultados pH cotiledón, cascarilla y grano entero	54
Índice de fermentación.....	56
Resultados perfil sensorial licor de cacao	58
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	62
Referencias Bibliográficas	63
Apéndices.....	67

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Árbol de Cacao</i>	14
Figura 2. <i>Países que Cultivan Cacao en el Mundo</i>	20
Figura 3. <i>Procedimiento metodología de análisis de grano</i>	32
Figura 4. <i>Muestra de cacao análisis de humedad</i>	33
Figura 5. <i>Muestreo y cuarteo de muestras para análisis</i>	34
Figura 6. <i>Prueba de corte</i>	40
Figura 7. <i>Procedimiento para la prueba de corte</i>	41
Figura 8. <i>Medidor de Humedad marca agraTronix MT-16</i>	42
Figura 9. <i>Análisis de pH al cacao en grano seco</i>	43
Figura 10. <i>Horno de convección tostado de grano</i>	46
Figura 11. <i>Descascarilladora de grano de cacao</i>	46
Figura 12. <i>Molino de piedra refinación de cacao</i>	47
Figura 13. <i>Licor de cacao</i>	48
Figura 14. <i>Perfil Sensorial Licor de Cacao</i>	51
Figura 15. <i>Gráfico Control de Medias Humedad</i>	53
Figura 16. <i>Resultados pH grano seco</i>	55
Figura 17. <i>Prueba de Corte</i>	57
Figura 18. <i>Perfil Sensorial Licor de Cacao</i>	58

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Clasificación Tradicional del Cacao</i>	15
Tabla 2. <i>Mayores Productores de Cacao</i>	18
Tabla 3. <i>Producción de Cacao en Colombia Departamentos</i>	21
Tabla 4. <i>Especificaciones Sensoriales para el Cacao en Grano Seco</i>	22
Tabla 5. <i>Clasificación del Cacao en Grano para Comercialización Nacional</i>	24
Tabla 6. <i>Características de Genotipos de Estudio</i>	28
Tabla 7. <i>Características sensoriales del cacao en grano</i>	35
Tabla 8. <i>Sabores básicos, específicos y adquiridos del Cacao</i>	48
Tabla 9. <i>Guía de términos para evaluación del sabor de Cacao</i>	50
Tabla 10. <i>Análisis Humedad Grano Seco</i>	52
Tabla 11. <i>Resultados análisis pH grano seco</i>	54
Tabla 12. <i>Resultados Prueba de Corte</i>	56

Lista de Apéndices

Apéndice A. <i>Formato evaluación de sabores del cacao</i>	67
---	----

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.), cuyo nombre científico se traduce del griego como "Alimento de los Dioses", es una de las materias primas agrícolas más importantes a nivel mundial, constituyendo la base del mercado del chocolate. Originario de la alta Amazonía, con evidencia de domesticación que data de hace aproximadamente 5450 a 5300 años, la historia del cacao es un relato de dispersión y evolución genética. A nivel global, la producción se concentra mayoritariamente en África Occidental, con países como Costa de Marfil y Ghana que dominan las exportaciones de grano a granel. La clasificación tradicional del cacao se basa en tres grupos principales: el criollo de alta calidad aromática, el forastero que es robusto, dominante en volumen y el trinitario híbrido que combina características de ambos, siendo este último el predominante en la producción colombiana. (Leiva-espinoza & Aime, 2020)

Dada esta estructura de mercado, donde la competencia por volumen es inviable, la estrategia económica de Colombia se ha orientado hacia el nicho de mercado de alta calidad. La Organización Internacional del Cacao (ICCO) ha clasificado a Colombia como un productor de Cacao Fino de Sabor y Aroma. Esta distinción implica que el valor agregado del cacao nacional reside en su perfil sensorial diferenciado, lo que exige un control de calidad riguroso en toda la cadena de valor. El sector involucra a más de 65.341 familias productoras en 30 departamentos, siendo un motor de desarrollo rural y económico para el país. (Rodríguez-silva et al., 2023)

En este contexto nacional, el departamento de Santander juega un papel estratégico y fundamental. Santander se ha consolidado como el principal productor de cacao en Colombia, contribuyendo con el 42% del total de la producción nacional según el informe de Fedecacao (2025).

La calidad final del grano de cacao que es indispensable para mantener la certificación y clasificación otorgada por ICCO, no es solo un atributo genético, sino la resultante directa de procesos poscosecha bien ejecutados, en particular la fermentación y el secado. Estos procesos son donde se generan los precursores de sabor y aroma; una fermentación inadecuada o un secado deficiente resultan en granos con alta acidez y astringencia, comprometiendo el perfil esperado (Murcia-artunduaga et al., 2022). Por lo tanto, la validación de la calidad se convierte en una prueba de la eficiencia de los protocolos de beneficio implementados por la unidad de producción.

La investigación aborda esta necesidad a escala local con la determinación de la calidad física, química y sensorial de una mezcla de cacao en la vereda El Aburrido, finca La Alegría, Bucaramanga, Santander. El estudio realiza una evaluación integral y objetiva de la producción local, utilizando los estándares de la Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021 para caracterización fisicoquímica y la sensorial NTC 3929: 2009 perfil de sabor descriptivo.

El objetivo principal de esta investigación es determinar si la mezcla genética y el protocolo poscosecha utilizado en la Finca La Alegría, Vereda El Aburrido, resultan en un grano de cacao que cumple con los requisitos mínimos de la categoría *Cacao Especial Premio* y posee el perfil aromático que justifica su posicionamiento en el mercado de Cacao Fino de Sabor y Aroma. Los resultados no solo beneficiarán a la finca de estudio, sino que también servirán como referencia técnica para la optimización de los procesos de beneficio en la región de Santander, Bucaramanga y su área metropolitana que permitan dar valor agregado al cacao santandereano.

Marco teórico

El cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie perenne perteneciente a la familia Malvaceae, ampliamente reconocida por ser la materia prima fundamental para la elaboración del chocolate y múltiples derivados alimentarios de alto valor nutricional y sensorial. El término *Theobroma* proviene del griego *theos* (dios) y *broma* (alimento), razón por la cual la especie ha sido tradicionalmente denominada “alimento de los dioses” debido a su importancia cultural, histórica y económica en las civilizaciones mesoamericanas (Quintana & García, 2021)

Botánicamente, el cacao es un árbol tropical como se representa en la figura 1 que se desarrolla en zonas cálidas y húmedas, principalmente en regiones comprendidas entre los 20° de latitud norte y sur, donde la disponibilidad de sombra, humedad relativa elevada y temperaturas entre 20 y 30 °C favorecen su crecimiento (Agrosavia, 2020). Su fruto, conocido como mazorca, contiene entre 20 y 60 semillas que tras los procesos de fermentación y secado, dan origen al grano de cacao comercial. Estos procesos poscosecha influyen de manera determinante en la formación de precursores aromáticos y en la calidad final del licor de cacao y el chocolate (Quintana & García, 2021).

Figura 1.

Árbol de Cacao



Fuente. Autor

A nivel mundial, el cacao se clasifica en tres grandes grupos genéticos: criollo, forastero y trinitario, cada uno con características agronómicas y sensoriales particulares. El grupo forastero, especialmente la variedad amelonado, representa la mayor parte de la producción global por su rusticidad y alto rendimiento, mientras que los cacaos criollos y trinitarios se asocian con sabores más complejos y finos, razón por la cual son preferidos para chocolates especiales (ICCO, 2020). En Colombia, la Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao) señala que la mayor parte del material cultivado corresponde a híbridos y clones seleccionados por su potencial productivo y por atributos de calidad que permiten la obtención de cacao fino de aroma (Fedecacao, 2021).

A nivel científico, esta clasificación ha sido refinada. Investigaciones genómicas (Motamayor et al., 2008) propusieron una clasificación más detallada basada en criterios

morfológicos, geográficos y genómicos, dividiendo *T. cacao* en diez grupos genéticos distintos: Amelonado, Criollo, Nacional, Contamana, Curaray, Cacao guiana, Iquitos, Marañon, Nanay, y Purús. La tabla 1 representa la clasificación tradicional del cacao con sus perfiles aromáticos.

Tabla 1.

Clasificación Tradicional del Cacao

Clasificación	Origen principal	Producción mundial estimada	Perfil sensorial característico	Fuente principal de sabor
Criollo	Mesoamérica, Caribe	< 5%	complejo, rico, bajo amargor, notas a nuez y caramelo	sabor fino
Forastero	Amazonía (África, Ecuador)	> 80%	robusto, amargo, astringente	cacao corriente
Trinitario	Híbrido (Colombia, Trinidad)	10-15%	variabilidad, balance entre calidad y rendimiento	cacao fino/corriente

Fuente. Adaptado de (Ricaño et al., 2018)

En términos funcionales, el cacao es una de las fuentes naturales más ricas en compuestos fenólicos, especialmente flavonoides como catequinas, epicatequinas y proantocianidinas, asociados con propiedades antioxidantes, cardiovasculares y antiinflamatorias. La concentración de estos compuestos depende de factores genéticos, ambientales y de manejo poscosecha, lo cual

explica la variabilidad en calidad física, química y sensorial entre regiones productoras (Agrosavia, 2020).

El cacao continúa siendo un cultivo estratégico para países tropicales, destacándose como una fuente importante de ingresos para pequeños productores y como un producto de creciente demanda en mercados de chocolates especiales y de origen.

Origen, historia y dispersión mundial

El cacao tiene un origen ligado a las culturas precolombinas de América Latina. Diversas investigaciones coinciden en que la cuenca alta del Amazonas, el norte de la Amazonía peruana, Ecuador y la región sur de Colombia constituyen el núcleo primario de domesticación del cacao (*Theobroma cacao L.*), donde la especie comenzó a utilizarse tanto con fines alimentarios como ceremoniales (Quintana & García, 2021). Desde estas zonas, el cacao se expandió hacia Centroamérica, donde civilizaciones como la maya y los aztecas lo adoptaron como bebida ritual, medio de intercambio y símbolo cultural.

Estudios genéticos y arqueobotánicos respaldan esta teoría, mostrando que las variedades antiguas de cacao fino y de aroma presentan mayor diversidad genética en la región amazónica que en Mesoamérica, lo cual confirma el origen sudamericano del cultivo (ICCO, 2020). No obstante, fueron las culturas mesoamericanas quienes dieron al cacao una connotación espiritual y económica significativa, siendo consumido principalmente como bebida amarga aromatizada con especias.

Con la llegada de los europeos al continente americano en el siglo XVI, el cacao fue introducido en Europa, donde su consumo inició como bebida exclusiva de las élites. Su creciente demanda motivó la expansión del cultivo hacia otras regiones tropicales del mundo. Durante los siglos XVII y XVIII, los colonizadores trasladaron semillas de cacao hacia África

Occidental, donde encontraron condiciones climáticas adecuadas para la producción. Con el paso del tiempo, países como Ghana, Nigeria y especialmente Costa de Marfil se consolidaron como los mayores productores mundiales (ICCO, 2021).

Actualmente, África Occidental aporta aproximadamente el 70 % de la producción global de cacao, mientras que América Latina, a pesar de ser el centro de origen, representa una menor proporción del volumen total. Sin embargo, la región se destaca por la producción de cacao fino y de aroma, especialmente en países como Ecuador, Perú y Colombia (Fedecacao, 2023).

En Colombia, el cacao fue introducido en la época colonial y ha tenido un desarrollo histórico marcado por su importancia social y económica para pequeños productores. Según Agrosavia (2022), el país posee condiciones agroecológicas diversas que permiten el cultivo de materiales tanto nativos como mejorados, lo cual favorece la calidad sensorial y la diferenciación en mercados especializados. Fedecacao (2023) resalta que el cacao colombiano, particularmente el cultivado bajo sistemas agroforestales, ha ganado reconocimiento internacional por su perfil aromático, impulsando el posicionamiento del país dentro del segmento de cacaos finos.

La International Cocoa Organization (ICCO) ha reconocido a Colombia como un país productor de cacao fino o de aroma, una categoría otorgada únicamente a naciones cuyo cacao presenta atributos sensoriales superiores asociados con características genéticas, agroecológicas y con rigurosos procesos de fermentación y secado. En la revisión más reciente del *Anexo C* del Acuerdo Internacional del Cacao, la ICCO ratificó que una alta proporción de las exportaciones colombianas corresponde a cacao clasificado como “fine or flavour”, lo que consolida al país como un proveedor relevante en el mercado global de cacaos especiales (ICCO, 2020).

Producción de cacao en el mundo

La producción mundial de cacao constituye un elemento clave para comprender la dinámica del mercado del cacao y su cadena de valor, desde pequeños productores hasta la industria del chocolate. A nivel mundial, la producción de granos de cacao está muy concentrada en algunos países, lo que genera implicaciones económicas, sociales y ambientales. Datos recientes muestran que los principales países productores dominan una gran proporción de la oferta global, mientras que otros países tienen una contribución menor, pero creciente.

A continuación, se muestra la tabla 2 con los mayores productores de cacao según estimaciones recientes Our World in Data. (2024), incluyendo a Colombia para dar contexto comparativo:

Tabla 2.

Mayores Productores de Cacao

País	Producción aproximada de cacao (toneladas, 2023)	Observaciones
Costa de Marfil	~ 2.377.442	Líder mundial, región clave en la denominada “cocoa belt” de África Occidental.
Ghana	~ 653.700	Segundo productor, fuerte institucionalidad en la cadena cacaotera.
Indonesia	~ 641.741	Principal productor en Asia; creciente relevancia en el mercado.
Ecuador	~ 375.719	Famoso por su cacao “fino de aroma”; potencia latinoamericana.
Brasil	~ 296.145	Importante productor en América del Sur.

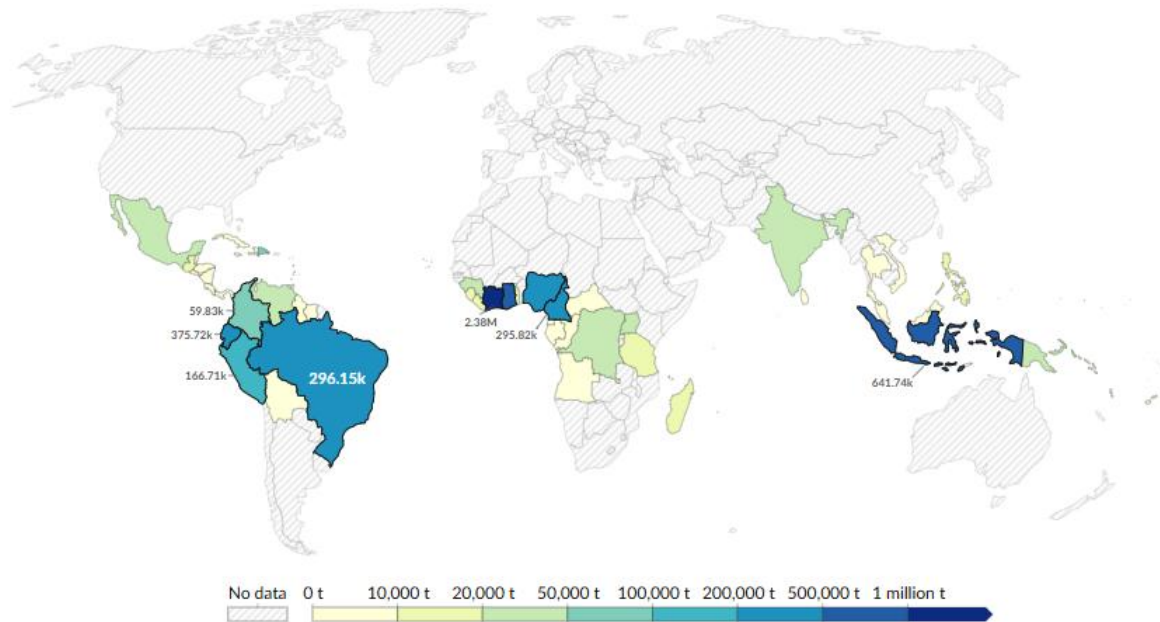
País	Producción aproximada de cacao (toneladas, 2023)	Observaciones
Camerún	~ 295.819	Otro actor relevante en África central / occidental.
Nigeria	~ 284.232	Producción importante para el África occidental.
Perú	~ 166.709	Producto latinoamericano con enfoque en calidad.
República Dominicana	~ 65.930	Producción más pequeña, pero relevante para cacao diferenciado.
Colombia	~ 59.831	Contribución menor, pero con potencial de crecimiento especialmente en cacao fino y agroforestal.

Nota. La tabla relaciona los principales productores de cacao a nivel mundial incluyendo la participación de Colombia. *Fuente.* *Adaptado de.* Our World in Data. (2024).

La figura 2 representa los países que cultivan cacao en el mundo.

Figura 2.

Países que Cultivan Cacao en el Mundo



Fuente. Our World in Data. (2024).

El cacao en Colombia y Santander

El cultivo de cacao en Colombia es un sistema agrícola significativo, involucrando a más de 65,341 familias productoras en 30 departamentos. La Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao) administra el Fondo Nacional del Cacao y agremia a estas familias, promoviendo el desarrollo sectorial. El sector ha demostrado una tendencia de crecimiento constante, llegando a registrar la mayor producción de cacao en la historia reciente, alcanzando 69.040 toneladas en un año cacaotero según reporte de producción año 2021 (Fedecacao, 2025), en el año 2024 se registraron 67.678 toneladas. Este incremento productivo se atribuye a la implementación de programas de renovación de plantaciones y capacitación en prácticas agrícolas sostenibles, como lo reporta Fedecacao.

Santander se ha consolidado como el epicentro de la cacaocultura en Colombia, destacándose como el principal productor del país (Cámara de Comercio de Bucaramanga, 2024).

El liderazgo de Santander es cuantificable. El departamento participa con el 26.7% del área cosechada a nivel nacional (61.217 hectáreas en 2023) y aporta el 41% del total de la producción nacional, con 28.044 toneladas registradas en 2024 como se describe en la tabla 3. Esta proporción ha mostrado una tendencia al alza desde 2019. Aunque Santander se ubica en el puesto 11 en rendimiento por hectárea (0.6 toneladas/ha en 2023), su volumen total lo posiciona como el motor de la producción nacional. Además del volumen, el cacao santandereano ha sido reconocido por su calidad en escenarios internacionales. En 2023, varias muestras originarias de Santander (como San Vicente de Chucurí y Rionegro) fueron seleccionadas para representar a Colombia en los International Cocoa Awards, un premio que busca reconocer el mejor cacao del mundo (Agrosavia, 2019).

Tabla 3.

Producción de Cacao en Colombia Departamentos

Departamento	Año 2024 TON	% Participación
Santander	28044	41%
Antioquia	7154	11%
Arauca	6993	10%
Tolima	3731	6%
Meta	3103	5%
Nariño	3081	5%
Huila	2221	3%

Fuente. Fedecaco (2025)

Especificaciones de calidad del cacao en grano para comercialización nacional

Las especificaciones para cacao en grano se describen en la norma técnica colombiana NTC 1252:2021 como se representan en la tabla 4

Tabla 4.

Especificaciones Sensoriales para el Cacao en Grano Seco

Características sensoriales externas evaluadas en el momento de la recepción mediante inspección in situ			
Características sensoriales	Grano sin fermentar	Grano insuficientemente fermentado	Grano fermentado
Apariencia	Grano entero libre de restos de mucílago, sin presencia de: moho, insectos o fragmentos de insectos, de elementos extraños o de ninguno de los anteriores	grano limpio, sin presencia de: moho perforaciones, insectos o fragmentos de insectos de elementos extraños o de ninguno de los anteriores	grano limpio hinchado, sin presencia de: moho, perforaciones, insectos o fragmentos de insectos, de elementos extraños o de ninguno de los anteriores
Textura consistencia	Grano liso, con cascarilla difícil desprender, resistencia al corte	grano poco rugoso, cascarilla difícil de desprender	grano rugoso y quebradizo, cascarilla fácil desprender
Características sensoriales internas evaluadas en la prueba de corte, en el momento de la recepción mediante inspección in situ			
Características sensoriales	Grano sin fermentar	Grano insuficientemente fermentado	Grano fermentado
Apariencia	Lisa y uniforme, sin	Parcialmente estriada,	Estriada porosa sin

	presencia de: moho, insectos o fragmentos de insecto	parcialmente porosa, sin presencia de Mo insectos o fragmentos de insectos	presencia de: moho insectos o fragmentos de insectos
Color	En la gama de crema a violeta, morado oscuro	presenta en forma parcial gamas de crema a violeta y de crema a café, pardo oscuro	en la gama de crema a café pardo oscuro
Textura y conformación	Interior liso y resistente al corte	resistencia moderada al corte, parcialmente rugosa y poco frágil	Granulada, rugosa frágil a la presión y al corte
Sabor	Amargo ligeramente ácido y astringencia libre de atributos y sabores atípicos	con sabor a cacao predominando sabores ácidos amargo y astringencia. libre de atributos y sabores atípicos	Característico del cacao, con un adecuado balance de los atributos básicos ácido, amargo y astringencia y ausencia de atributos y sabores atípicos según el nivel de fermentación
Olor	Característicos del cacao no fermentado, libre de olores extraños (por ejemplo: tierra, humo, diésel, entre otros)	Pungente, característico de la fermentación acética, libre de olores extraños (por ejemplo: tierra, humo diésel, entre otros)	Pungente, característico de la fermentación acética, libre de olores extraños (por ejemplo: tierra, humo diésel, entre otros)

Nota 1 los elementos extraños son materia extraña que carece de valor para el fabricante. se pueden componer de material no relacionado con el cacao. por ejemplo, ramitas, piedras, otros

granos (por ejemplo, fríjol, café), polvo, vidrio, hierro, etc., que generan una contaminación física procedente de un mal manejo del producto.

Fuente: Adaptado de. (Icontec, 2021)

La NTC 1252 de 2021 relaciona los niveles de la fermentación del grano:

Grano bien fermentado: grano de cacao cuyo proceso de fermentación ha sido completo y que presenta las siguientes características: cáscara o tegumento de color marrón, rojizo o pardo rojizo, que se desprende fácilmente de la almendra. Las almendras tienen color marrón o pardo rojizo oscuro (color chocolate) con alveolos bien definidos de forma arriñonada y con olor a chocolate. Para el caso del grano criollo presenta almendras de color marrón claro o pardo claro.

Grano insuficientemente fermentado: grano de cacao, con una fermentación incompleta, cuyos cotiledones (almendra) presentan un color violeta o marrón violeta, estructura semicompacta, con cascara difícilmente separable.

Grano sin fermentar: es el grano de cacao que presenta ausencia de fermentación, aspecto pizarroso, color interior gris negruzco y estructura completamente compacta. (Icontec, 2021)

Clasificación del cacao en grano para comercialización nacional

La NTC 1252:2021 establece la clasificación de acuerdo con los requisitos físicos, químicos y designaciones establecidos como se describen en la tabla 5.

Tabla 5.

Clasificación del Cacao en Grano para Comercialización Nacional

Requisitos físicos y químicos	Clasificación del cacao en grano		
	Premium/Especial	Estándar	Corriente
Granos bien fermentados, en % mín.	70	65	55

Granos insuficientemente fermentados y violetas, en % máx.	30	35	45
Masa (peso) en g, de 100 granos	> 120	95-120	< 95
Contenido de humedad, en % fracción de masa, máx.	7,0	7,5	7,5

Tolerancias para el cacao en grano

Contenido de impurezas o materias extrañas, en % fracción de masa, máx.	0	0,3	0,5
Grano con moho interno, número de granos/100, máx.	1	3	5
Grano dañado por insectos, o germinados o ambos, número de granos/100, máx.	1	2	3
Contenido de grano partido, número de granos/100, máx.	1	2	5
Contenido de almendra, en % fracción de masa, mín.	n.a	n.a	40 - 60
Granos sin fermentar (pizarrosos), en %, máx.	1	3	5

n.a.: no es aplicable

fracción de masa: fracción de la masa que se evalúa respecto a la masa total.

NOTA: El término almendra se refiere al cotiledón o fragmento de cotiledón del grano de cacao.

Fuente: Adaptado de: (Icontec, 2021)

Objetivos

Objetivo General

Determinar la calidad física, química y sensorial de una mezcla de cacao en la vereda El Aburrido, finca La Alegría, Bucaramanga, Santander.

Objetivos Específicos

Evaluar la calidad fisicoquímica de la mezcla de cacao que se produce en la vereda el aburrido, finca la alegría en Bucaramanga Santander.

Establecer el perfil sensorial del licor del cacao obtenido de la mezcla a través del grupo de panel de evaluación sensorial.

Materiales y métodos

La presente investigación se clasifica como descriptiva, dado que tiene como propósito caracterizar y detallar las propiedades físicas, químicas y sensoriales de una mezcla de cacao producida en la vereda El Aburrido, finca La Alegría, en Bucaramanga, Santander. Según (Hernández-Sampieri & Mendoza 2023), los estudios descriptivos permiten especificar las características importantes de un fenómeno y proporcionar una visión precisa de su comportamiento. En este caso, el estudio describe el estado de calidad del cacao mediante la medición de variables físicas, químicas y sensoriales.

Diseño experimental

El diseño utilizado corresponde a un diseño no experimental, de tipo transversal y descriptivo. En este diseño no se manipulan las variables independientes, sino que se observa y analizan las características de la mezcla de granos tal como ocurre en su contexto real de la producción de cacao en la unidad de producción. De acuerdo con (Hernández-Sampieri & Mendoza 2023), los estudios no experimentales se caracterizan por registrar y analizar las variables sin intervenir en ellas, lo cual resulta apropiado cuando se busca describir las características de un producto o proceso con es el caso de investigación.

El estudio se desarrolla bajo un diseño transversal, ya que la recolección de datos físicos, químicos y sensoriales se realiza en un único momento o período determinado, permitiendo obtener un diagnóstico puntual de la calidad del cacao mediante las etapas de recolección de muestras, análisis físico, análisis químico, evaluación sensorial y el análisis de resultados y de datos mediante comparación de parámetros establecidos que permiten caracterizar la calidad del grano y el licor de cacao.





Material Vegetal

Los genotipos evaluados en la investigación corresponden a la mezcla de materiales obtenidos en la unidad de producción de la finca La Alegría en la vereda El Aburrido de Bucaramanga, los cuales son: CCN 51 (Colección Castro Naranjal 51); FLE 2 (Fedecacao Lebrija 2); FEAR 5 (Fedecacao Arauquita 5) ; FSV 41 (Fedecacao San Vicente 41), a continuación, se describen las características de los clones de estudio a partir de la caracterización realizada por (Perea et al., 2013) en su catálogo de características de calidad del cacao de Colombia, catálogo de 26 cultivares.

La tabla 6 describe las características de los genotipos analizados:

Tabla 6.

Características de Genotipos de Estudio

Nombre Genotipo	CCN 51	FLE 2	FEAR 5	FSV 41
Característica				
Origen	Ecuador	Lebrija, Santander, Colombia	Arauquita, Arauca, Colombia	San Vicente de Chucurí, Santander, Colombia
Seleccionado por (año)	Homero Castro (1960)	Fedecacao (2002)	Fedecacao (2002)	Fedecacao (2008)
Pedigrí	ICS 95 X IMC 67	Hibrido Trinitario	Hibrido Trinitario	Hibrido Trinitario
Rendimiento (kg/ha/año)	1.441	1.371	1.490	1.474
Índice de mazorca	15	13	17	13

(IM)				
índice de grano	1,6	2	1,6	2,1
(IG)				
Compatibilidad	AC	AI	AC	AC
%				
Intercompatibilidad	68	73	86	81
(♀)				
Reacción artificial a				
Monilia	MR	MR	MS	S
Fruto				
Color inmaduro	Rojo intermedio	Verde rojizo ligero	Rojo intermedio	Rojo intenso
Color maduro	Rojo Naranja	Amarillo rojizo	Rojo intenso	Rojo naranja
Forma	Obolongo	Elíptico	Oblongo	Oblongo
Forma del ápice	Obtuso	Mamiforme	Agudo	Obtuso
Rugosidad	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intensa
Longitud (cm)	21,4 ± 0,74	20,4 ± 0,31	22,4 ± 0,64	20,7 ± 0,60
Diámetro (cm)	9,5 ± 0,3	11,0 ± 0,20	9,0 ± 0,33	9,5 ± 0,24
Relación L/D	2,2 ± 0,03	1,9 ± 0,04	2,5 ± 0,05	2,2 ± 0,04
Peso (g)	763,5 ± 65,43	890,7 ± 24,28	613,3 ± 85,75	732,0 ± 56,27
Características químicas				
% Grasa	59,6 ± 0,45	58,7 ± 0,27	59,1 ± 0,25	59,4 ± 0,49
% Fibra	3,1 ± 0,37	3,7 ± 0,72	4,2 ± 0,31	4,5 ± 0,44
% Proteína	11,6 ± 0,41	12,3 ± 0,38	12,0 ± 0,03	10,9 ± 0,22
Semillas				
Color				
Predominante	Morado	Morado	Violeta	Violeta
Peso húmedo/Fruto				
(g)	224,9 ± 13,44	258,2 ± 10,35	160,0 ± 12,63	324,4 ± 17,87
Semilla/Fruto	48,3 ± 2,20	46,2 ± 1,41	43,4 ± 1,93	39,2 ± 2,69
Longitud (mm)	25,7 ± 0,26	27,0 ± 0,31	25,7 ± 0,28	29,9 ± 0,32
Diámetro (mm)	14,4 ± 0,13	16,0 ± 0,20	13,6 ± 0,13	16,0 ± 0,17
Grosor (mm)	9,1 ± 0,19	9,0 ± 0,15	9,7 ± 0,12	10,9 ± 0,18
% cascarilla	11,8 ± 0,49	11,4 ± 0,51	11,5 ± 0,46	11,2 ± 0,29
Contenido de ácidos grasos				

% Esteárico	35,1 ± 0,21	34,5 ± 0,21	33,6 ± 0,17	32,8 ± 0,31
% oleico	31,7 ± 0,27	33,1 ± 0,03	32,3 ± 0,06	31,6 ± 0,10
% Palmítico	28,0 ± 0,53	27,5 ± 0,02	28,5 ± 0,15	30,6 ± 0,27
Hojas				
Longitud (cm)	35,7 ± 0,68	36,1 ± 1,88	37,7 ± 1,41	36,3 ± 1,81
Ancho (cm)	12,3 ± 0,27	13,1 ± 0,72	12,2 ± 0,57	12,8 ± 0,51
Relación Largo/Ancho	2,9 ± 0,05	2,8 ± 0,07	3,1 ± 0,07	2,8 ± 0,06
Longitud de base al punto más ancho	18,6 ± 0,61	17,9 ± 1,04	20,8 ± 0,72	21,0 ± 1,18
Forma	Ovada	Ovada	Ovada	Ovada
Forma del ápice	Acuminado corto	Acuminado largo	Acuminado corto	Acuminado corto
Forma de la base	Obtuso	Obtuso	Obtuso	Obtuso
Color del brote terminal	Rojo intermedio	Rojo intermedio	Rojo intermedio	Rojo intermedio
Flor				
Longitud del estaminodio (mm)	6,6 ± 0,20	6,4 ± 0,19	8,0 ± 0,27	5,9 ± 0,19
Longitud del ovario (mm)	1,9 ± 0,05	2,0 ± 0,13	2,0 ± 0,00	1,7 ± 0,12
Longitud del estilo (mm)	2,0 ± 0,08	1,8 ± 0,11	2,3 ± 0,12	2,0 ± 0,00
Número de óvulos por ovario	46,2 ± 1,02	47,8 ± 0,86	47,2 ± 1,16	43,0 ± 2,12
Color de la flor	Rosado	Crema	Rosado	Crema
Antocianina en sépalos	Intensa	Ligera	Intermedia	Intermedia
Color del pedúnculo	Rojizo	Rojizo	Rojizo	Verde rojizo
Antocianina en el limbo del pétalo	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
Sustancias funcionales				
Polifenoles totales (mg EAG/g)	67,2 ± 2,04	47,6 ± 1,83	49,6 ± 1,10	59,9 ± 2,24

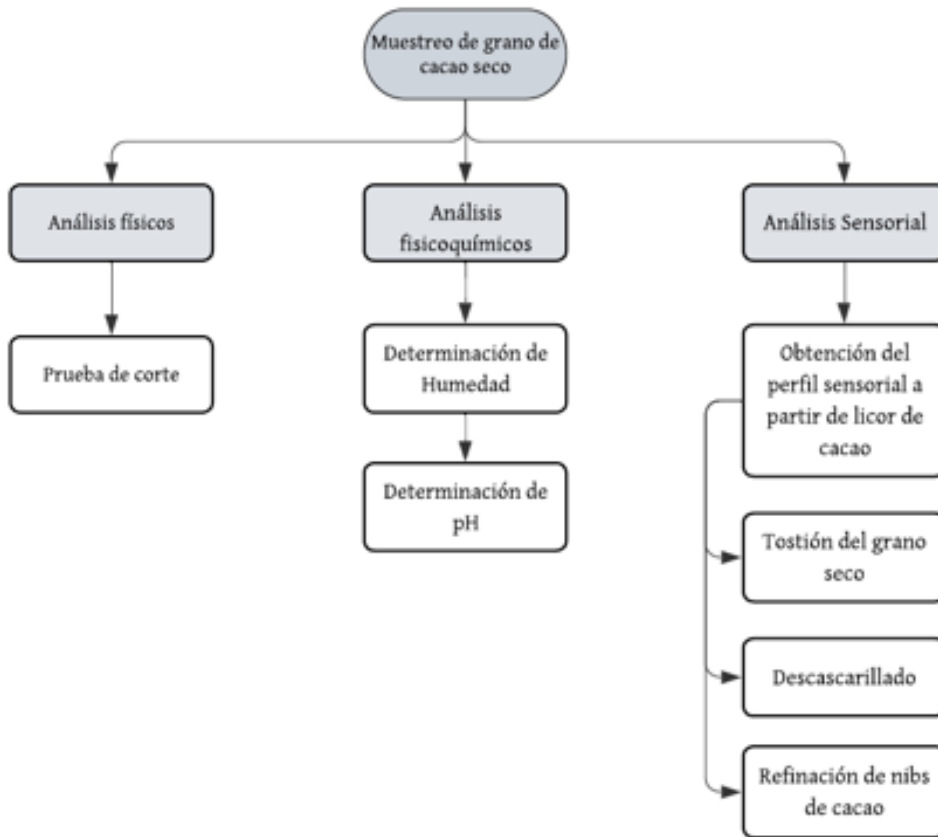
muestra seca)				
Cafeína (mg/g muestra seca)	2,5 ± 0,17	4,1 ± 0,11	2,1 ± 0,21	3,0 ± 0,16
Teobromina (mg/g muestra seca)	10,9 ± 0,18	8,3 ± 0,32	8,9 ± 0,43	8,1 ± 0,41
Relación Teobromina/cafeína	4,5 ± 0,33	2,0 ± 0,12	4,4 ± 0,56	2,8 ± 0,24
Perfil Sensorial	Licor con suave aroma a cacao y ácido. Color café medio. Sabor a frutos maduros. En el medio tiempo afloran notas de chocolate. Acidez media sostenida. Notas bajas de nuez.	Aroma de fruta seca y color café oscuro. Sabor frutal intenso (a ciruela) que perdura, con una acidez media al final de la cata. Se percibieron notas de chocolate y amargo muy agradable.	Licor con delicadas notas afrutadas cítricas y florales de hierbas aromáticas que van emergiendo, hacia el final se suavizan y dan paso a un excelente sabor a cacao.	Color café claro, sabor avinado, frutas maduras en proceso de fermentación un poco dulce suave y agradable.

Fuente. Adaptado de (Perea et al., 2013)

El procedimiento metodológico empleado para la caracterización física, fisicoquímica y sensorial de la mezcla de cacao seco se esquematiza en la figura 3.

Figura 3.

Procedimiento metodología de análisis de grano



Fuente. Autor

Muestreo de grano seco

El procedimiento de muestreo para la ejecución de los análisis físicos, químicos y sensoriales se desarrolló conforme a los lineamientos establecidos en el Anexo K de la Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021, realizando las adaptaciones pertinentes según los requerimientos de las pruebas efectuadas. Esta metodología garantiza la representatividad, trazabilidad y homogeneidad de las submuestras destinadas a cada tipo de ensayo.

A partir de la muestra de referencia de 2000 g, previamente homogenizada, se ejecutó un

proceso de cuarteo sucesivo hasta obtener cuatro submuestras preliminares de 500 g cada una. Estas fracciones se emplearon para los distintos análisis, tal como se describe en la figura 5, donde se presenta el diagrama de flujo que integra la secuencia metodológica del muestreo y los ensayos aplicados para la clasificación de la mezcla de cacao y la caracterización de su perfil sensorial.

Figura 4.

Muestra de cacao análisis de humedad



Fuente. Autor

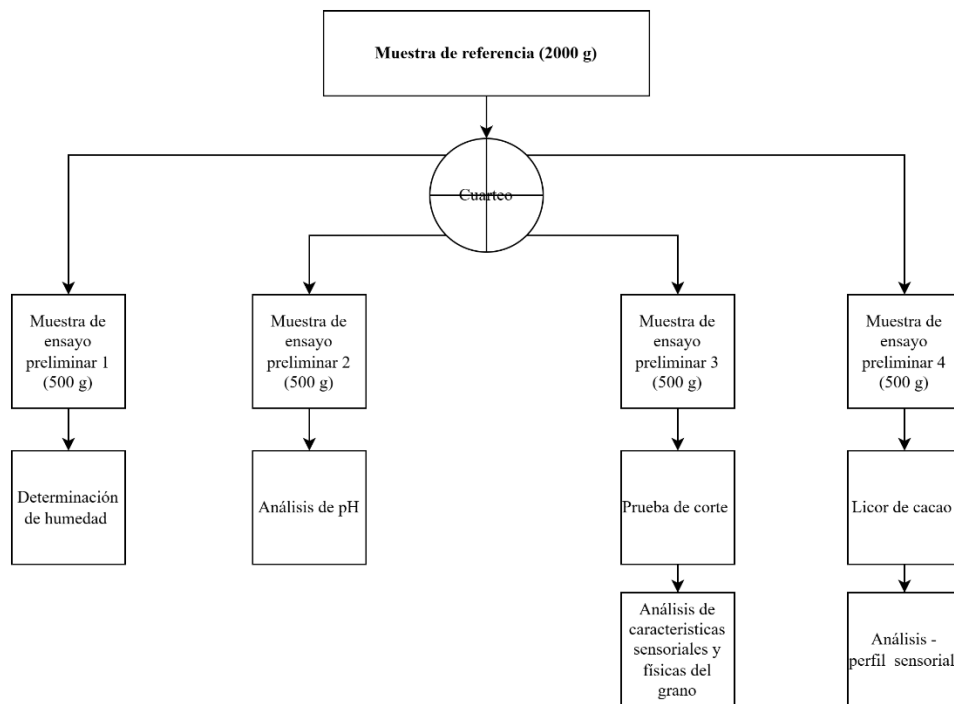
Las cuatro submuestras obtenidas se destinaron de la siguiente manera: la primera para análisis de humedad, una de las submuestras (500 g) se reservó exclusivamente para la determinación del contenido de humedad. Para evitar pérdidas de agua por evaporación o absorción higroscópica, se almacenó inmediatamente en una bolsa plástica hermética, protegida de corrientes de aire y cambios ambientales como se ilustra en la figura 4.

La segunda submuestra (500 g) se destinó al análisis de pH del cotiledón, cascarilla y mezcla, siguiendo las condiciones establecidas para la preparación de la muestra según metodología analítica. La tercera submuestra (500 g) se utilizó para la evaluación sensorial del cacao en grano mediante la prueba de corte, en la cual se verificaron características internas

como color, granos violetas, granos pizarrosos, granos bien fermentados, defectos internos y uniformidad de la muestra. La cuarta submuestra (500 g) se empleó para la obtención de licor de cacao. Este licor se utilizó para la evaluación sensorial descriptiva, permitiendo identificar atributos de sabor, aroma y percepción global del perfil sensorial de la mezcla de cacao. La figura 5 ilustra el muestreo y cuarteo de submuestras para los respectivos análisis.

Figura 5.

Muestreo y cuarteo de muestras para análisis





Fuente. Autor, adaptado de (ICONTEC, 2021)

Análisis físicos

Los análisis físicos se realizaron con el propósito de verificar las características sensoriales del cacao en grano seco usando como referencia la guía de la tabla 7 la cual describe las características de los granos enteros y cortados según su nivel de fermentación, contaminación, practicas poscosecha e infestación.



Tabla 7.

Características sensoriales del cacao en grano

Característica	Descripción	Ejemplo
Granos bien fermentados	<p>Los granos de cacao completamente fermentados se originan a partir de un proceso de fermentación adecuado, en el cual las reacciones bioquímicas internas permiten la formación óptima de precursores de sabor y aroma. Se caracterizan por almendras de color marrón o chocolate, con alvéolos bien definidos y de morfología arriñonada en su interior, lo que indica un desarrollo estructural correcto. La cáscara se desprende fácilmente al ejercer una ligera presión con los dedos, evidenciando una separación natural entre testa y cotiledón. Como consecuencia de estas características, los granos presentan un aroma agradable y típico de cacao, asociado a una fermentación adecuada.</p>	
Granos insuficientemente fermentados	<p>Los granos de cacao insuficientemente fermentados se deben a un tiempo de fermentación inadecuado o incompleto, lo que limita las transformaciones bioquímicas necesarias para el desarrollo correcto del cotiledón. Estos granos se caracterizan por presentar almendras de color violeta o marrón violáceo, indicativas de una degradación parcial de los antocianinos y de una insuficiente ruptura celular. Como</p>	



Fuente. (Quintana & García, 2021)

Fuente: (Compañía Nacional de Chocolates, 2019)

Característica	Descripción	Ejemplo
<p data-bbox="245 884 391 1024">Granos sin fermentar o pizarrosos</p>	<p data-bbox="477 254 1062 1381">consecuencia, generan sabores amargos y astringentes, asociados a la presencia de compuestos fenólicos no transformados y a la falta de formación de precursores de sabor propios de una fermentación óptima. Los granos de cacao no fermentados se originan por ausencia total de fermentación, lo que impide que ocurran las reacciones bioquímicas responsables de la degradación celular y del desarrollo de precursores de sabor. Se caracterizan por un aspecto pizarroso, con una estructura interna compacta y un color gris oscuro o violeta, que evidencia la falta de transformación de los compuestos fenólicos y de los pigmentos propios del grano fresco. Como consecuencia, estos granos generan sabores intensamente amargos y astringentes, y presentan un secado más lento, condición que incrementa el riesgo de ataque de hongos debido a la mayor retención de humedad.</p>	 <p data-bbox="1101 1045 1422 1136">Fuente: (PROAmazonía, 2020)</p>
<p data-bbox="212 1623 423 1654">Granos mohosos</p>	<p data-bbox="477 1480 1016 1875">Los granos de cacao contaminados con mohos se originan por condiciones deficientes en la etapa poscosecha, entre ellas: mazorcas enfermas o sobremaduras, almacenamiento prolongado, insuficiente volteo durante el secado, capas de cacao excesivamente gruesas que dificultan la pérdida de humedad, así como almacenamiento del grano con humedad</p>	 <p data-bbox="1146 1696 1382 1787">Fuente: (Cacao de Excelencia, 2024)</p>

Característica	Descripción	Ejemplo
<p data-bbox="191 1293 443 1434">Granos infestados o dañados por insectos</p>	<p data-bbox="477 247 1040 888">elevada. Estos factores favorecen el desarrollo de hongos tanto en la superficie como en el interior del grano. En la prueba de corte, se evidencia la presencia de micelios y esporulación fúngica, lo que confirma la contaminación interna. Como consecuencia, los mohos pueden generar compuestos tóxicos perjudiciales para la salud humana, además de producir olores y sabores desagradables, afectando de manera significativa la calidad sensorial y la inocuidad del producto.</p> <p data-bbox="477 909 1040 1818">Los granos de cacao con daño entomológico se originan por almacenamientos prolongados y en condiciones inadecuadas, lo que favorece el desarrollo y la presencia de insectos en cualquiera de sus estadios biológicos (huevo, larva, pupa o adulto). Estos granos se caracterizan por presentar perforaciones, daño estructural o alteraciones visibles en su apariencia, resultado de la actividad de alimentación o puesta de los insectos. Como consecuencia, se produce un aumento en las mermas durante el almacenamiento, así como contaminación del cacao sano, debido a la dispersión de insectos, sus residuos y subproductos biológicos dentro del lote, afectando la calidad e inocuidad del producto.</p>	<div data-bbox="1097 1152 1430 1404" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1105 1430 1422 1570">Fuente: (Compañía Nacional de Chocolates, 2019)</p>

Característica	Descripción	Ejemplo
Granos germinados	<p>Los granos de cacao provenientes de mazorcas sobremaduras o sometidas a desgrane tardío presentan defectos fisiológicos asociados al deterioro previo a la fermentación. Se caracterizan por tener la cáscara perforada y un embrión sobresaliente, evidenciando alteraciones estructurales y pérdida de integridad del cotiledón. Como consecuencia, estos granos se vuelven altamente susceptibles al ataque de mohos e insectos durante el proceso de fermentación y el almacenamiento, lo que compromete la calidad del grano, incrementa el riesgo de contaminación y favorece pérdidas poscosecha.</p>	 <p>Fuente: (Compañía Nacional de Chocolates, 2019)</p>
Granos múltiples	<p>Los granos de cacao adheridos se originan por fallas en las prácticas poscosecha, entre ellas: no retirar la placenta durante el desgrane, realizar un volteo insuficiente tanto en la fermentación como en el secado, o emplear granos provenientes de mazorcas enfermas, cuyas condiciones fisiológicas favorecen la aglutinación natural. Estos granos se caracterizan por presentarse dos o más granos unidos entre sí, manteniendo zonas de contacto compactas debido a residuos de mucílago o tejidos placentarios. Como consecuencia, durante los procesos de tostión y descascarillado, el calor y la remoción mecánica actúan de manera</p>	 <p>Fuente: (Compañía Nacional de Chocolates, 2019)</p>

Característica	Descripción	Ejemplo
Pasillas (granos planos)	<p>desigual, generando una tostión irregular y un descascarillado inconsistente, lo que afecta de forma directa la calidad final del producto.</p> <p>Los granos de cacao subdesarrollados se originan por insuficiente desarrollo fisiológico durante la formación del fruto, lo que impide la acumulación adecuada de reservas dentro del cotiledón. Estos granos se caracterizan por ser planchos o enjutos, con apariencia similar a una pasa, de estructura delgada y con dificultad para ser partidos longitudinalmente debido a su baja densidad y compactación interna. Como consecuencia, presentan un bajo rendimiento industrial, ya que la proporción de cotiledón es reducida o nula, y muestran un alto contenido de cascarilla, lo que afecta la eficiencia en los procesos de descascarillado y disminuye el rendimiento en la obtención de licor de cacao y derivados.</p>	 <p>Fuente: (Compañía Nacional de Chocolates, 2019)</p>
Impurezas o materias extrañas	<p>Las materias extrañas presentes en los lotes de cacao se originan por deficiencias en las prácticas de fermentación, secado y manejo poscosecha, especialmente cuando estos procesos se realizan en superficies inadecuadas o contaminadas, así como por un desgrane incorrecto o por la ausencia de tamizado o zarandeo durante la limpieza inicial. Este defecto se caracteriza por la</p>	 <p>Fuente: (Compañía Nacional de Chocolates, 2019)</p>

Característica	Descripción	Ejemplo
	presencia de cualquier material o elemento distinto al grano de cacao entero, incluyendo fragmentos vegetales, piedras, tierra, restos de cáscara, madera o residuos propios del entorno de procesamiento.	

Prueba de corte

La prueba de corte se realizó siguiendo el procedimiento descrito por (Cacao de Excelencia, 2024) con el análisis de 50 granos de cacao seco utilizando el equipo guillotina de la Univesidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD Bucaramanga como se evidencia en figura 6

Figura 6.

Prueba de corte



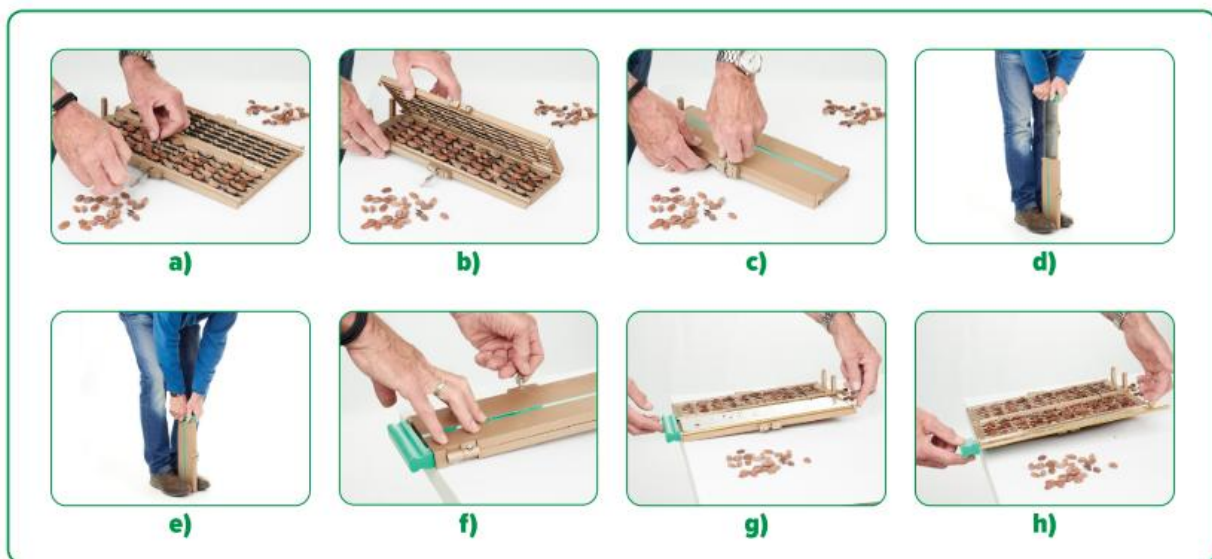
Nota. a) Guillotina b) Corte Longitudinal c) Granos Cortados. Fuente. Autor

Para la ejecución de la prueba de corte, se abrió la guillotina y se colocaron ambas secciones horizontalmente sobre una mesa o superficie de trabajo plana y limpia. Posteriormente, se ubicó un grano en cada una de las 50 cámaras de uno de los lados de la cortadora, seleccionándolos al azar a partir de la muestra preliminar de 500 gramos, sin discriminar por

tamaño, forma o estado. Una vez cargadas las cámaras, se cerró la guillotina y se aplicó una presión cuidadosa y uniforme con el fin de obtener un corte liso y regular, garantizando que la cuchilla descendiera de manera vertical hasta detenerse sobre el bloque de corte. Se evitó aplicar presiones desiguales para prevenir fracturas irregulares que dificultaran la evaluación. Después del corte, la guillotina se colocó nuevamente en posición horizontal y se procedió a aflojar el pestillo para abrir la sección superior. La cuchilla fue retirada, se registraron imágenes de los granos cortados utilizando una guía de color de referencia y una iluminación adecuada, dentro de los primeros quince minutos posteriores al corte para evitar la pérdida de intensidad cromática. Finalmente, se documentaron las observaciones correspondientes, consignando el número y porcentaje de granos en cada categoría evaluada, incluyendo defectos, características de color, presencia de grietas, nivel de fermentación, incidencia de mohos e infestación por insectos. La figura 7 describe gráficamente el procedimiento para la prueba de corte.

Figura 7.

Procedimiento para la prueba de corte



Fuente. (Cacao de Excelencia, 2024)

Análisis fisicoquímicos

Determinación de humedad

Se usó como referencia el método señalado por (Cacao de Excelencia, 2024) usando medidor de humedad. El procedimiento consiste en verter los granos directamente en la cámara o vaso del medidor de humedad. El tamaño de la muestra depende del tamaño de la cámara o taza, así como de los granos, siendo los granos más pequeños, mejores para ajustarse a la copa. Las medidas se toman en secuencia y el resultado es la media de todas las lecturas. La figura 8 ilustra el equipo usado en el análisis del laboratorio de cacao de la Univesidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD Bucaramanga.

Figura 8.

Medidor de Humedad marca agraTronix MT-16



Fuente. Autor

Determinación de pH

El análisis de pH se realizó siguiendo el procedimiento usado por los autores (López & Criollo, 2022), con la metodología según la norma AOAC (2005) 970.21. adaptada al análisis de la muestra y usando el equipo pH metro marca HACH que se ilustra en la figura 9 del laboratorio de cacao de la Univesidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD Bucaramanga.

Figura 9.

Análisis de pH al cacao en grano seco



Fuente. Autor

Para la determinación del pH en el cacao seco, se utilizaron 100 g de la muestra preliminar 2. La muestra se trituró empleando un molino de cuchillas (licuadora), con el propósito de obtener un polvo fino que permitiera una extracción eficiente de los compuestos ácido-solubles. Cuando fue necesario, el material molido se tamizó para uniformar el tamaño de partícula. Posteriormente, se pesaron con precisión 10 g del polvo de cacao y se depositaron en un vaso de precipitados limpio.

Una vez preparada la muestra, se procedió a la elaboración de la suspensión acuosa. Para ello, se añadieron 100 mL de agua destilada a temperatura ambiente (20–25 °C), manteniendo una proporción masa / volumen 1:10. La mezcla se homogeneizó mediante agitación vigorosa con una varilla de vidrio o mediante un agitador magnético durante aproximadamente 10 minutos, asegurando la completa liberación de compuestos solubles. Finalizada la agitación, la suspensión se dejó reposar durante 3 minutos con el fin de permitir la sedimentación parcial de las partículas sólidas más gruesas.

Previo a la medición, se calibró el pH metro HACH. Para ello, se encendió el equipo, se verificó la limpieza del electrodo y se enjuagó con agua destilada. La calibración se realizó utilizando soluciones buffer de pH 4.00 y 7.00, siguiendo las especificaciones del fabricante.

Para la medición del pH, el electrodo calibrado se introdujo en la suspensión preparada, procurando que el electrodo quedara completamente sumergido sin tocar el fondo del recipiente. La suspensión se agito suavemente y se esperó hasta que la lectura del equipo se estabilizara. Una vez alcanzada la estabilidad, se registró el valor de pH correspondiente.

Procesamiento del grano seco – licor de cacao

La transformación de los granos de cacao fermentados y secos en licor de cacao constituye una etapa fundamental para realizar su evaluación sensorial, describir su perfil de sabor y establecer su calidad global.

En esta sección se describen de manera detallada la metodología aplicada para el procesamiento de granos de cacao, incluyendo tostado, quebrado para obtener los nibs de cacao, el descascarillado y la posterior molienda de los nibs para obtener el licor de cacao bajo la metodología usado por los autores(Cacao de Excelencia, 2024). Estas etapas se desarrollaron en el laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD Bucaramanga, bajo condiciones controladas con el fin de garantizar la reproducibilidad y la expresión adecuada de los compuestos responsables del sabor.

Previo al procesamiento térmico, las muestras de grano seco se someten a una evaluación física que incluye la determinación del contenido de humedad, la clasificación por tamaño y el análisis de aroma mediante la prueba de corte. A partir de estos resultados, se establecen las condiciones óptimas de tostado, temperatura y tiempo, de acuerdo con las características específicas de la muestra. Finalmente, los nibs tostados se molieron hasta obtener una masa fina

y homogénea (licor de cacao), la cual se emplea para la evaluación sensorial orientada a determinar el perfil de sabor y la calidad del cacao.

Tostado de grano

El tostado de los granos se realizó a la muestra de ensayo de 500 g, en horno de convección de aire forzado marca memmert como se muestra en la figura 10 a 120 °C durante 25 minutos, cubriendo cada bandeja del horno en una sola capa. Estas características de tostado según (Cacao de Excelencia, 2024) reporta que genera que se perciban notas significativas a frutas frescas, de frutas marrones, notas especiadas o florales. Este tostado puede ser el más adecuado para algunos tipos de Trinitarios.

El procedimiento de tostado se realizó encendiendo el horno y ajustando la temperatura a 120 °C, manteniendo las bandejas cargadas cerca del equipo para permitir una carga rápida en cuanto se alcanzó la temperatura objetivo. Una vez logrado este punto, se activó el temporizador, se abrió la puerta del horno y se introdujeron ambas bandejas, ubicándolas de forma simétrica una por encima y otra por debajo del ventilador de circulación, cerrando de inmediato la puerta. El tiempo de tostado se inició cuando la temperatura del horno volvió a aproximarse a la deseada, específicamente 2 °C por debajo del valor programado. Al finalizar el tiempo establecido, se abrió nuevamente la puerta del horno, se retiraron las bandejas y se colocaron sobre una superficie limpia y resistente al calor, permitiendo que los granos se enfriaran a temperatura ambiente, lejos de fuentes de olores intensos, hasta alcanzar aproximadamente 40 °C.

Figura 10.

Horno de convección tostado de grano



Nota. a) horno de convección b) enfriamiento del grano. Fuente. Autor

Descascarillado

A partir del grano tostado se realizó el descascarillado de grano con el uso del equipo descascarilladora tradicional de grano como se ilustra en la figura 11.

Figura 11.

Descascarilladora de grano de cacao



Nota. a) descascarillador de grano b) nibs y cascarilla Fuente. Propia

Refinado de nibs en licor de cacao

Los nibs de cacao fueron sometidos a reducción de tamaño con el molino de piedra marca cocoatown que se ilustra en la figura 12.

Figura 12.

Molino de piedra refinación de cacao



Fuente. Propia

Durante el proceso se controló la temperatura de la mezcla evitando que se superara los 55°C en la mezcla para lo cual se trabajó en el laboratorio con temperatura controlada, se realizó monitoreo al tamaño de partícula con el uso del equipo micrómetro hasta obtener 20µm como se muestra en la figura 13.

Figura 13.

Licor de cacao



Fuente. Propia

Análisis sensorial del Cacao

El análisis sensorial de la mezcla de cacao se realizó mediante prueba descriptiva con panel sensorial con evaluadores entrenados a partir del licor de cacao de la mezcla, la metodología de evaluación consistió en que cada evaluador (5 en total) siguiendo lo recomendado por (Quintana & García, 2021) se realizó el análisis descriptivo de la muestra de licor de cacao identificando los sabores básicos, específicos y adquiridos según lo reportado por (Johana & Gómez, 2014) descritos en la tabla 8.

Tabla 8.

Sabores básicos, específicos y adquiridos del Cacao

Tipo de sabor	Descriptor	Característica	Referente
Básicos	Acido	Sabor acido debido a la presencia de ácidos volátiles y no volátiles	Frutas cítricas y vinagre

	Amargo	Sabor fuerte generalmente debido a la falta de fermentación	Café, cerveza, toronja
	Astringencia	Sensación de sequedad y aspereza en la lengua, produce salivación	Inicialmente se percibe un olor floral pero después es amargo, parecido al sabor de las hojas de plátano
	Dulce	Percibido en la punta de la lengua	Azúcar
Específicos	Cacao	Buena fermentación, tostado y libre de defectos	Barra de chocolate de cacaos fermentados
	Floral	Licores de cacao con sabor y aroma a flores, perfumado	Flores de cítricos
	Frutal	Licores de cacao con sabor a fruta madura	Cualquier fruta seca o cacao fresco almacenado
	Nuez	Sabor similar a la nuez característico de los cacaos criollos y trinitarios	Almendra y nueces
Adquiridos	Moho	Licores de cacao con sabor mohoso, generalmente debido a sobre fermentación de las almendras o a un incorrecto secado	Sabor a pan viejo o musgo

Crudo/verde Aroma desagradable
generalmente debido a alta
fermentación o falta de
tostado

Fuente. Adaptado de (Johana & Gómez, 2014)

El método aplicado corresponde al realizado en el estudio de (Medina-cruz & Quintana-fuentes, 2017) prueba de perfil de sabor por consenso, que consiste en que inicialmente, el evaluador trabaja solo, registrando las características o notas de sabor. Una vez se tienen las notas de sabor, se consensuan. Con base en las notas definidas se determina el orden de percepción, intensidad, sabor residual o persistente, o ambos, y luego se evalúa la impresión total (NTC 3929, 2009).

La escala intensidad de los atributos evaluados se realizó mediante la recomendada por (Cacao de Excelencia, 2021) en su guía de términos para evaluación del sabor de granos de cacao en forma de licor y chocolate. La evaluación del perfil se realizó utilizando la herramienta de formato dispuesta en el apéndice a.

Tabla 9.

Guía de términos para evaluación del sabor de Cacao

Escala de	Significado
intensidad de los	
atributos	
0	Ausente
1	Solo una traza que probablemente no se encuentre si se prueba otra vez

2	Presente en la muestra, pero en baja intensidad
3 a 5	Caracteriza la muestra claramente
6 a 8	Característica dominante de la muestra
9 a 10	Máximo. Intensidad fuerte. Se sobrepone a otras notas de sabor en la muestra

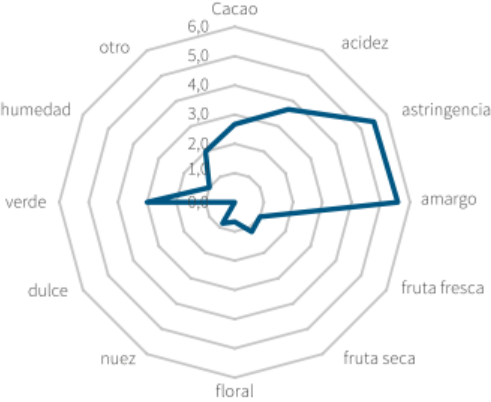
Fuente. (Cacao de Excelencia, 2021)

Perfil sensorial del licor de cacao

Para el análisis de los resultados se utilizó el grafico radar o araña como lo recomiendan los autores (Quintana & García, 2021) el cual proyecta los valores promedios de intensidad (en la escala 0-10) de todos los atributos clave en ejes dispuestos radialmente. El polígono que se forma al conectar estos puntos representa la "huella digital" del licor de cacao. La figura 14 representa el resultado del perfil de licor de cacao con el uso de grafico radar.

Figura 14.

Perfil Sensorial Licor de Cacao



Fuente: (Quintana & García, 2021)

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos se presentan a continuación organizados de acuerdo con los objetivos específicos establecidos. En primer lugar, se exponen los resultados de la caracterización fisicoquímica de la mezcla de grano evaluado correspondiente al análisis del porcentaje de humedad de la mezcla de cacao seco, análisis del pH del cotiledón y grano completo e índice de fermentación.

Resultados de análisis fisicoquímicos

A continuación, se describen los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico del grano.

Porcentaje de humedad grano seco

Tabla 10.

Análisis Humedad Grano Seco

Muestra	Humedad (%)
1	6,9
2	6,7
3	6,7
4	6,9
5	6,7
6	6,7
Promedio	6.77 ± 0.30

Fuente. Autor

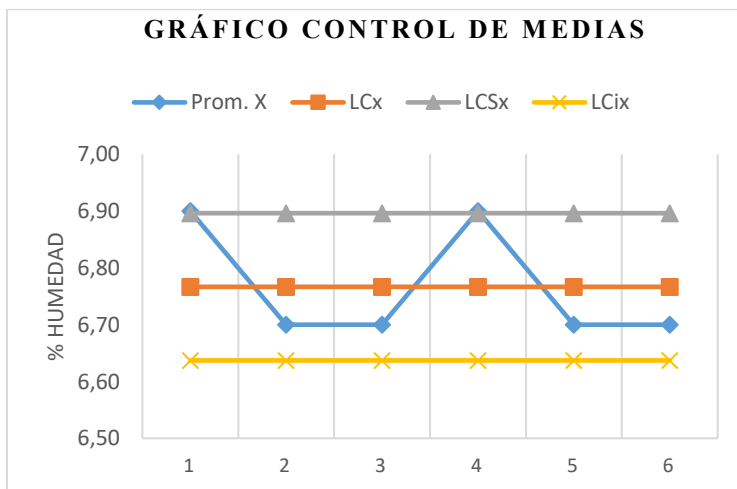
Lo anterior es visible en la figura 15, en la cual se realiza el análisis de la estabilidad del proceso de secado del grano y su cumplimiento con respecto a la normativa, se evaluó mediante un gráfico de control de medias \bar{X} , el proceso presenta una línea central (LCx), que indica el promedio general de humedad 6,77%. Los límites de control calculados a partir de los resultados se establecieron como Límite Control Superior (LCSx), correspondiente a 6,90% y Límite de

Control Inferior (LCI_x) de 6,64%. Al analizar la dispersión de las medias muestrales, se evidencia que todos los subgrupos evaluados (puntos 1 al 6) se encuentran dentro de los límites de control estadístico. Las muestras 1 y 4 alcanzan el límite superior obtenido (6,90%), mientras que las demás convergen hacia el límite inferior (6,70%).

Desde el punto de vista del cumplimiento de los estándares de calidad, el comportamiento del proceso es altamente satisfactorio. La Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021 establece que, para que un grano de cacao sea clasificado en la categoría premium, su contenido máximo de humedad no debe superar el 7,0%. El gráfico de control demuestra que el 100% de las muestras evaluadas cumplen con esta exigencia normativa. Incluso en los picos máximos de variación natural del proceso de secado (LCS_x = 6,90%), el nivel de humedad se mantiene estrictamente por debajo del límite máximo permitido de 7,0%. Por lo tanto, el sistema de secado actual garantiza de manera consistente la producción de un grano de calidad premium en lo que respecta al parámetro de humedad.

Figura 15.

Gráfico Control de Medias Humedad



Fuente. Autor

Resultados pH cotiledón, cascarilla y grano entero

Tabla 11.

Resultados análisis pH grano seco

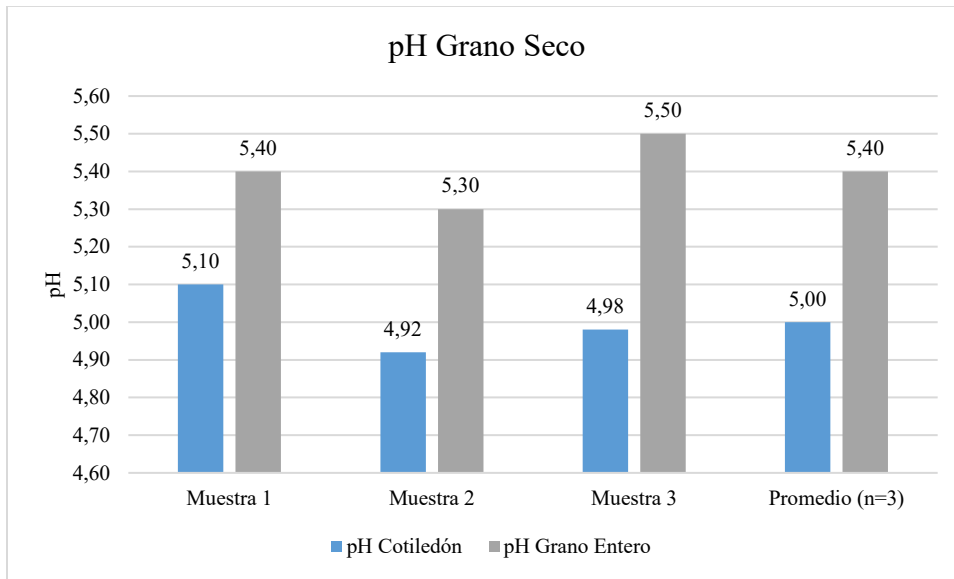
Muestra	pH cotiledón	Grano completo pH
1	5,10	6,16
2	5,23	6,34
3	4,98	6,41
Promedio	5,10 ± 0,13	6,30 ± 0,13

Fuente. Autor

El pH del grano seco es un indicador fundamental del grado de fermentación y de la correcta volatilización de ácidos durante la fase de secado. Los resultados obtenidos en la tabla 11 y representada en la imagen 16 evidencian un promedio de pH en el cotiledón de $5,10 \pm 0,13$. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo establecido por la industria chocolatera, el cual oscila típicamente entre 4,5 y 5,5 según lo reportado por (Chávez-Salazar et al., 2023). En este nivel de acidez, se garantiza que las condiciones internas hayan sido favorables para la actividad de enzimas proteolíticas, responsables de degradar las proteínas en aminoácidos libres y péptidos que actúan como precursores del sabor y aroma a chocolate.

Figura 16.

Resultados pH grano seco



Fuente. Autor

Los resultados obtenidos se asemejan a los reportados por (Perea et al., 2011) en su caracterización fisicoquímica de cacaos regionales colombianos en el que obtuvo resultados de 5,4 representando un grano bien beneficiado y con alto potencial industrial.

Al contrastar el valor de pH interna con la del exterior del grano, se evidencia una diferencia en los resultados. La evaluación del pH en el grano completo arrojó un promedio de 5,40; lo que representa un valor ligeramente más alto al obtenido en el pH de cotiledón, (en promedio 0,4 unidades de pH por encima del cotiledón). Esta dinámica es respaldada por investigaciones como la de (Amaiz et al., 2016), quienes explican que durante el beneficio, la migración del ácido acético y láctico se concentra en penetrar el cotiledón, lo que disminuye su pH. Por el contrario, la superficie del grano, tras el proceso de secado, pierde rápidamente la humedad y los ácidos volátiles superficiales. Además, como señalan (Amores et al., 2009), las

capas externas del cacao poseen una composición mineral distinta, reteniendo componentes de carácter más alcalino (como el potasio) que elevan el pH relativo de la cascarilla.

Índice de fermentación

Los resultados del índice de fermentación a partir de la prueba de corte representada en la figura 17 y posterior análisis visual al grano en corte transversal se registran en la tabla 12

Tabla 12.

Resultados Prueba de Corte

Muestra	Total de granos	Bien fermentados	Granos insuficientemente fermentados y violetas	Moho	Pizarrosos	IF (%)
1	50	40	10	0	0	80,00
2	50	39	11	0	0	78,00
3	50	37	13	0	0	74,00

Fuente. Autor

La evaluación física mediante la prueba de corte es un indicador físico directo de las transformaciones bioquímicas ocurridas en el cotiledón del grano durante el beneficio. De acuerdo con los resultados consolidados en la Tabla 12, las muestras de la mezcla de granos analizadas presentan un Índice de Fermentación (IF) promedio del 77,33%, con una variación que oscila entre el 74,00% y el 80,00% entre las réplicas evaluadas.

Esta alta proporción de granos bien fermentados evidencia una correcta fase inicial de la etapa de fermentación con la muerte del embrión, fermentación anaerobia y aerobia e hidrólisis enzimática eficiente. La ruptura de los compartimentos celulares o grietas que se evidencian en la figura 17 demuestran un adecuado proceso poscosecha del grano, reduciendo el sabor amargo

y la astringencia típicos del cacao crudo y resaltando precursores de sabor característicos de cacao fino y de aroma. Por otro lado, se registró una fracción promedio del 22,67% de granos insuficientemente fermentados violetas, lo que sugiere ligeras variaciones en la homogenización de la masa térmica durante las remociones (volteos) en los cajones fermentadores, lo que ocasiona que una porción minoritaria del lote no alcance la oxidación total de los polifenoles en el proceso de fermentación y que puede ser objeto de estudio.

Figura 17.

Prueba de Corte



Fuente. Autor.

Se destaca la ausencia total (0%) de granos pizarrosos y mohosos en todas las muestras evaluadas, así misma ausencia de granos pizarrosos o sin fermentación demostrando procesos adecuados de la etapa de poscosecha realizados por el productor.

Desde la perspectiva de control de calidad y comercialización, los resultados obtenidos permiten establecer una clasificación concluyente. La Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021 estipula que, para que un lote sea clasificado en la categoría premium (la de mayor

exigencia), debe cumplir con un mínimo del 70% de granos bien fermentados, además de tolerancias máximas muy restrictivas del 1% para granos pizarrosos y 1% para moho interno.

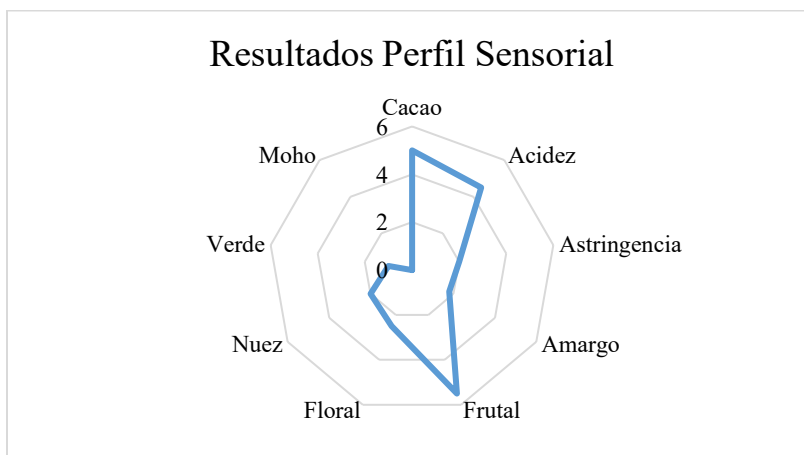
Al promediar el desempeño de las tres muestras evaluadas alcanzan un 77,33% de granos bien fermentados, superando el límite mínimo exigido. Además, al reportar un 0% en defectos graves (pizarrosos y moho), se cumple con todos los criterios de la NTC 1252:2021, permitiendo clasificar esta muestra de cacao seco como cacao premium / especial.

Resultados perfil sensorial licor de cacao

El análisis del perfil organoléptico del licor de cacao determinado mediante el panel de cinco evaluadores demostró un comportamiento sensorial sobresaliente para la mezcla proveniente de la finca La Alegría genotipos CCN 51; FLE2; FEAR 5 y FSV 41, como se ilustra en la figura 18 gráfico de radar, la muestra presenta una marcada complejidad aromática y gustativa, destacándose atributos como el frutal (5,5) y sabor base a cacao dominante en la mezcla (5). Técnicamente el perfil obtenido se describe como un licor con delicadas notas afrutadas, cítricas y florales, un excelente sabor a cacao y con baja astringencia.

Figura 18.

Perfil Sensorial Licor de Cacao



Fuente. Autor

Los resultados sensoriales se relacionan con los parámetros físicos y químicos determinados la fase previa de la investigación. La baja percepción de los atributos "Amargo" y "Astringencia", ambos valorados en una intensidad de 2, obedece directamente al resultado satisfactorio en el índice de fermentación promedio 77,33% reportado en la prueba de corte; que se traduce en un adecuado manejo poscosecha por parte de los productos en las etapas de cosecha, fermentación y secado dando balance a la astringencia del grano seco. En concordancia con esto, la ausencia del defecto "verde" corrobora la nula presencia de granos pizarrosos evaluados físicamente. Por su parte, la acidez moderada percibida por el panel se fundamenta químicamente en el pH del cotiledón de 5,0; un nivel de acidez ideal que actúa como vehículo para la expresión de las sutiles notas frutales y florales. Asimismo, la ausencia de notas a "moho" se atribuye directamente al eficiente proceso de secado, el cual reportó la humedad del grano en un 6,77%, inhibiendo cualquier deterioro fúngico.

Conclusiones

La evaluación fisicoquímica y sensorial de la mezcla de cacao producida en la vereda El Aburrido, finca La Alegría de los genotipos (CCN 51 (Colección Castro Naranjal 51); FLE 2 (Fedecacao Lebrija 2); FEAR 5 (Fedecacao Arauquita 5); FSV 41 (Fedecacao San Vicente 41), permitió determinar que el material analizado presenta condiciones adecuadas de calidad física, química y sensorial, reflejando un manejo poscosecha eficiente y un alto potencial para su valorización en mercados especializados en chocolatería.

En cuanto a la calidad fisicoquímica, el contenido de humedad promedio de 6,77 % se encuentra dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 1252:2021 para cacao de categoría premium, lo que garantiza estabilidad durante el almacenamiento y reduce el riesgo de deterioro microbiológico. Asimismo, el pH del cotiledón (5,0) indica un adecuado desarrollo del proceso de fermentación, favoreciendo la formación de compuestos precursores de sabor y aroma característicos del cacao de buena calidad. La diferencia observada entre el pH del cotiledón y el del grano completo confirma una correcta dinámica de difusión y volatilización de ácidos durante el beneficio.

Desde el punto de vista sensorial, el licor de cacao obtenido de la mezcla evaluada presentó un perfil equilibrado, caracterizado por notas predominantes a cacao, acompañadas de matices afrutados, cítricos y florales, con baja astringencia y adecuada intensidad de sabor amargo y acidez. Estas características reflejan un adecuado grado de fermentación y un proceso de tostado que permitió la expresión de compuestos aromáticos deseables, sin presencia de defectos sensoriales relevantes.

De manera global al realizar la integración de los resultados fisicoquímicos y sensoriales permite concluir que la mezcla de cacao analizada posee atributos que la aproximan a la

categoría de cacao fino de aroma, destacándose por su calidad y potencial de diferenciación en el mercado. Este desempeño está directamente relacionado con las condiciones agroecológicas de la zona y las prácticas de manejo poscosecha implementadas en la unidad productiva.

Finalmente, el estudio aporta una base técnica que respalda la calidad del cacao producido en la finca La Alegría, constituyéndose como un referente para la mejora continua de los procesos de beneficio en la región y contribuyendo al fortalecimiento del posicionamiento del cacao santandereano en mercados de alto valor.

Recomendaciones

Se recomienda mantener y estandarizar las condiciones actuales del proceso de manejo poscosecha en la unidad de producción , dado que los resultados evidencian un adecuado desarrollo de la calidad fisicoquímica y sensorial del cacao. Asimismo, es conveniente implementar un monitoreo continuo de variables críticas como temperatura, tiempo de fermentación y humedad, con el fin de garantizar la uniformidad del producto.

Se sugiere fortalecer los procesos de capacitación a los productores en buenas prácticas poscosecha, orientadas a optimizar la formación de precursores de aroma y reducir la variabilidad en la calidad del grano.

Adicionalmente, se recomienda complementar en próximas investigaciones el análisis sensorial con herramientas instrumentales como la nariz electrónica, la cual permite identificar y comparar perfiles de compuestos volátiles responsables del aroma del cacao mediante sensores químicos, facilitando la validación objetiva de atributos como notas afrutadas, florales o cítricas. Asimismo, se propone el uso de la lengua electrónica, un sistema basado en sensores electroquímicos capaz de detectar y cuantificar sabores básicos como amargo, acidez y astringencia, permitiendo correlacionar de manera objetiva los resultados obtenidos por el panel sensorial.

Finalmente, se recomienda continuar con estudios que incluyan trazabilidad por genotipo y evaluaciones en diferentes épocas de cosecha, con el fin de consolidar el posicionamiento del cacao de la región como los pioneros en producción de grano a nivel nacional pero también en calidad de grano en Santander.

Referencias Bibliográficas

- Agrosavia. (2022). Caracterización y desarrollo tecnológico del cacao colombiano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2021). Análisis Sensorial en Licor de Cacao. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/39336>
- Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). (2019). *Cacao colombiano en el "International Cocoa Awards"*. <https://www.agrosavia.co/noticias/cacao-colombiano-en-el-international-cocoa-awards>
- Amaiz, M. L., Sira, E., Fernández, C., González, J., & Khori, S. (2016). *Cambios de las propiedades físico-químicas y perfil de ácidos grasos en cacao de Chuao , durante el beneficio*. 63, 37–47.
- Amores, F., Palacios, A., Jiménez, J., & Zhang, D. (2009). *Entorno Ambiental, Genética, Atributos de Calidad y Singularización de Cacao en el Oriente de Provincia de Esmeraldas*. 111.
- Cacao de Excelencia. (2021). *Glosario de términos para la evaluación del sabor de granos de cacao en forma de licor de cacao y chocolate* (pp. 2–5).
- Cacao de Excelencia. (2024). *Guía para la evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao*.
- Cámara de Comercio de Bucaramanga. (2024). *SECTOR CACAO, 2024*. 11.
- Chávez-Salazar, A., Encina-Zelada, C., Muñoz-Delgado, V., Guevara-Pérez, A., & Vidaurre-Rojas, P. (2023). *Condiciones de fermentación y secado en las características físico químicas del cacao (Theobroma cacao L .) Cultivar CCN*. 3(2), 1–21.
<https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.555>
- Compañía Nacional de Chocolates. (2019). *Cosecha, beneficio y calidad del grano de cacao*

(*Theobroma cacao L.*). <https://www.chocolates.com.co/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla-Cosecha-Benef-Calidad-SEP-2019.pdf>

Fedecacao. (2023). Informe anual del sector cacaotero colombiano. Federación Nacional de Cacaoteros.

Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO). (2025). *Economía nacional*.
<https://www.fedecacao.com.co/economianacional>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Cocoa bean production – UN FAO* [Con procesamiento por Our World in Data; conjunto de datos]. Recuperado de <https://archive.ourworldindata.org/20250909-093708/grapher/cocoa-bean-production.html>

Hernández- Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P.(2023). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=31455>

Icontec. (2021, March 17). *NTC 1252: 2021 Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad*. <https://e-collection-icontec-org.bdigital.sena.edu.co/normavw.aspx?ID=79971>

International Cocoa Organization (ICCO). (2020). The origins and market evolution of cocoa. <https://www.icco.org>

International Cocoa Organization (ICCO). (2021). World cocoa production statistics. <https://www.icco.org>

ICCO. (2020). *Revision of Annex C of the International Cocoa Agreement (ICA) 2010*.

International Cocoa Organization. <https://www.icco.org/revision-of-annex-c-of-the-international-cocoa-agreement-ica-2010-2/>

Johana, G., & Gómez, S. (2014). *Evaluación sensorial de cacao (Theobroma cacao L.)*

cultivados en la región del sur del departamento de Bolívar (Colombia).

Leiva-espinoza, S. T., & Aime, M. C. (2020). *The History of Cacao and Its Diseases in the Americas. Table 1, 1604–1619.* <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW>

López, M., & Criollo, J. (2022). *Cambios fisicoquímicos en la fermentación y secado de materiales de cacao en Colombia Physicochemical Changes in the Fermentation and Drying of Cacao Materials in.* 13, 25–34.

Medina-cruz, J., & Quintana-fuentes, L. F. (2017). *La ingeniería del software y su aplicación en el análisis de indicadores de repetitividad y reproducibilidad de jueces , en el proceso de evaluación del perfil sensorial del licor de cacao (Theobroma cacao L .) **. 13(1), 278–294.

Murcia-artunduaga, K., Gasca-torres, L., & Castañeda, R. (2022). *Evaluación fisico-sensorial de granos de cacao (Theobroma cacao L .), región sur del Huila (Colombia).* 86(2), 194–204.

Our World in Data. (2024). *Cocoa bean production* [visualización de datos].

<https://ourworldindata.org/grapher/cocoa-bean-production>

Perea, A., Lucia, O., & Rene, A. (2011). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MATERIALES REGIONALES DE CACAO COLOMBIANO.*

Perea, A., Martínez, N., Aranzazu, F., & Cadena, T. (2013). *Características de calidad del cacao de Colombia, catálogo de 26 cultivares.*

<https://ediciones.uis.edu.co/index.php/publicacionesuis/catalog/book/19>

PROAmazonía. (2020). *Manual de Procesos de Centro de Acopio de Cacao.*

Quintana, L., & García, A. (2021). *Evaluación integral de la calidad sensorial del cacao.*

Quintana Fuentes, L. F., & García Jerez, A. . (2021). *Evaluación integral de la calidad sensorial del cacao*. Sello Editorial UNAD. <https://doi.org/10.22490/9789586517782>

Ricaño, J., Ramos, J., Cocolletzi, E., & Hipólito, E. (2018). *EL ESTUDIO GENÓMICO DEL CACAO (Theobroma cacao L.); BREVE RECOPIACIÓN DE SUS BASES CONCEPTUALES THE. 11*, 29–35.

Rodríguez-silva, L. G., García-jerez, A., Quintana-Fuentes, L., Coronado-Silva, R., Báez-Daza, E., & Agudelo-Castañeda, G. (2023). *Caracterización física y sensorial de 24 genotipos especiales de cacao Theobroma cacao Physical and sensory characterization of 24 special cocoa genotypes Theobroma cacao. 1*, 1–11.

Apéndices

Apéndice A.

Formato evaluación de sabores básicos, específicos y adquiridos del cacao

EVALUACIÓN DE SABORES BÁSICOS, ESPECÍFICOS Y ADQUIRIDOS DEL CACAO											
NOMBRE _____				FECHA _____							
Las muestras están identificadas con un código de 3 dígitos. La escala que se utiliza es de 0 a 10 puntos para evaluar la INTENSIDAD de cada sabor. La escala para medir CALIDAD de cada atributo es de 0 a 10 en caso de defectos la valoración es inversa.											
Valoración INTENSIDAD atributos		0: Ausente		1 a 2: Bajo		3 a 5: Medio		6 a 8: Alto		9 a 10: Muy alto, fuerte	
Valoración CALIDAD		0: Mala		1 a 2: Baja		3 a 5: Media		6 a 8: Alta		9 a 10: Excelente	
CÓDIGO DE LA MUESTRA :											
ATRIBUTO	SABORES BÁSICOS				SABORES ESPECÍFICOS			SABORES ADQUIRIDOS		PERSISTENCIA SABOR RESIDUAL	CALIFICACIÓN GLOBAL DEL LICOR
	CACAO	ACIDEZ	ASTRINGENTE	AMARGO	FRUTAL	FLORAL	NUEZ	VERDE	MOHO		
INTENSIDAD ATRIBUTO											
CALIDAD ATRIBUTO											
OBSERVACIONES: _____											