



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

<https://dx.doi.org/10.14482/inde.44.01.417.956>

Contribución al mejoramiento de prácticas de poscosecha de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión montemariana de Colombia

*Contribution to the improvement of cocoa
(Theobroma cacao L.) post-harvest practices
in the montemariana subregion of Colombia*

UDUALDO HERRERA - GARCÍA *

FABIO GALVIS VÁSQUEZ **

ERIC ATENCIA MOLINA ***

ADRIANA HERRERA BARROS ****

MARTHA CUENCA QUICAZÁN *****

* Universidad de Cartagena (Colombia), Grupo de Investigación Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC). Estudiante de doctorado en Ingeniería. Orcid-ID: <https://orcid.org/0000-0002-9394-112X>. uherrerag@unicartagena.edu.co

** Universidad de Cartagena (Colombia), Grupo de Investigación Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC). Ingeniero químico. Orcid-ID: <https://orcid.org/0000-0002-7093-7232>. fgalvisv1@unicartagena.edu.co

*** Universidad de Cartagena (Colombia), Grupo de Investigación Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC). Ingeniero químico. Orcid-ID: <https://orcid.org/0009-0008-3608-4716>. eatenciam@unicartagena.edu.co

**** Universidad de Cartagena (Colombia), profesora titular, Programa de Ingeniería Química, Grupo de Investigación Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC). Doctora en Ingeniería Química. Orcid-ID: <https://orcid.org/0000-0002-4355-3401>. aherrerab2@unicartagena.edu.co



****Universidad de Cartagena (Colombia), profesora asociada, Programa de Ingeniería Química, Grupo de Investigación Nanomateriales e Ingeniería de Procesos Asistida por Computador (NIPAC). Doctora en Ingeniería Química. Orcid-ID: <https://orcid.org/0000-0002-4355-3401>. mcuencaq@unicartagena.edu.co.

Correspondencia: Martha Cuenca. Universidad de Cartagena, Av. del Consulado, calle 30 n.º 48B-152, campus Piedra de Bolívar.

Subvenciones: 1. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, financiación del Joven Investigador Uduardo Herrera García, convocatoria 891 de 2020, titulada “Convocatoria Vocaciones y Formación en CTeI para la Reactivación Económica en el Marco de la Postpandemia 2020”. 2. Universidad de Cartagena, Vicerrectoría de Investigaciones, financiación del proyecto “Implementación de energía solar en la poscosecha del Cacao (*Theobroma cacao* L.) del Departamento de Bolívar”, Acta n.º 159 de 2019.

Resumen

Las actividades de poscosecha del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) influyen en su calidad. El conocimiento de las actividades empleadas por los cacaoteros, tanto para la fermentación como para el secado del grano, es importante. Este estudio caracterizó las prácticas de poscosecha de cacao de los cultivadores de San Jacinto, Montes de María (Bolívar, Colombia), utilizando encuestas, siguiendo un muestreo no probabilístico. Se encontró que los productores de cacao llevan a cabo la fermentación en cajones de madera durante 3 a 10 días, la cual es una práctica tradicional. El secado, que se lleva a cabo a la intemperie, en paseras o casas elba, tiene una duración entre 6 y 7 días cuando las condiciones favorables. Se concluye que a través de la ingeniería para el beneficio de los productores de cacao es posible el mejoramiento de las condiciones de ejecución de las prácticas de poscosecha, las cuales se fortalecen en términos de equipos y control de variables de proceso.

Palabras clave: cacao, cadena, fermentación, poscosecha, secado.

Abstract

The post-harvest activities of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) influence their quality. Knowledge of the activities employed by cocoa farmers for both fermentation and drying of the beans is important. This study characterized the cocoa post-harvest practices of cocoa farmers in San Jacinto, Montes de María (Bolívar, Colombia), using surveys following non-probability sampling. It was found that cocoa farmers carry out fermentation in wooden crates for 3 to 10 days, which is a traditional practice. The drying, which is carried out outdoors in “raisins” or “elba” houses, lasts between 6 and 7 days when conditions are favorable. It is concluded that through engineering for the benefit of cocoa producers, it is possible to improve the conditions of post-harvest practices, which provides opportunities for strengthening in terms of equipment and control of process variables.

Keywords: chain, cocoa, drying, fermentation, post-harvest.

INTRODUCCIÓN

El 74,9 % del cacao mundial se cultiva en África; Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Nigeria lideran su producción. Les siguen América y Asia, con porcentajes de 19,2 y 6 %, respectivamente, para el periodo 2019/2020 [1]. Esta tendencia se mantuvo hasta 2024, año en el que se registraron 4,8 millones de toneladas (t) producidas, superando en un 10 % la producción del año anterior. La Organización Internacional de Cacao (ICCO, por sus siglas en inglés), [2], [3] menciona que para 2025 se espera un crecimiento del 4,8 % con respecto a 2024.

En Colombia, la producción de cacao ha venido creciendo desde 2018: en ese año se produjeron 56 867 t y en 2020 fue mayor de 60 000 t. El máximo histórico por encima de 73 000 t se logró en 2024, año en que se superó la producción de 2021, que fue de 69 040 t [4]. Santander, Arauca, Antioquia y Huila generaron la mayor producción de cacao; estos departamentos representan, respectivamente, el 34,4, 17, 8,7 y 8,6 %, produciendo cacao de tipo criollo, forastero o amazónico e híbrido [5], [6]. Entre 2021 y 2024, la producción en el departamento de Bolívar fue menor al 1 % del total de producción en Colombia [7].

Los procesos de fermentación y secado son claves para producir un cacao que pueda comercializarse en el mercado de la industria del chocolate [5]. En esta etapa ocurren cambios bioquímicos y físicos que afectan directamente las propiedades organolépticas, como sabor, aroma y color del grano [8]. Estas características influyen en su valor comercial, y, por ende, su mejoramiento contribuye a que se puedan cumplir los estándares de calidad para la exportación [9].

Los cambios bioquímicos generados a lo largo de la fermentación del cacao ocasionan cambios en la pigmentación de color marrón o pardo; adicionalmente, se producen variaciones en compuestos volátiles y polifenoles que permiten desarrollar características sensoriales propias [10]. También, algunos sabores específicos, los cuales pueden estar relacionados con el amargo, acidez, dulce y frutal [11].

Generalmente, los cajones de madera, gracias a su capacidad y bajo costo de construcción, son los preferidos para llevar a cabo la fermentación [5]. La madera que se utiliza es relevante, ya que los granos de cacao tienen la particular propiedad de adquirir aromas y sabores de la superficie con la que tienen contacto [12]. En diferentes estudios se recomienda el uso de maderas blancas, tales como el laurel (*Laurus nobilis*), pino (*Pinus*), guayacán blanco (*Tabebuia roseoalba*) y caracolí (*Anacardium excelsum*) [12]. También, se ha experimentado con otros materiales, tales como plásticos y metales, pero no se obtienen granos de alta calidad [12]. Naturalmente, las semillas almacenan el material genético de las plantas, dentro del cual se encuentra el embrión, que generará una nueva planta; cabe resaltar que los cajones de madera

permiten alcanzar una temperatura entre 35 y 45 °C para llevar a cabo la fermentación [12], lo cual garantiza la muerte de dicho embrión.

La humedad inicial del grano de cacao es del 60 %. Es por ello que el secado busca la reducción de esta hasta el 6-8 % aproximadamente [13]. Si su humedad final es menor al valor de referencia, el grano tendrá dificultad en su manejo, debido a su textura quebradiza, mientras que, si la humedad es mayor, puede adquirir malos olores y ser atacado por hongos, lo cual se refleja directamente en su valor comercial [13]. El método más común para llevar a cabo el secado es el secado solar, gracias a su facilidad y bajo costo. Sin embargo, este presenta algunos inconvenientes, tales como la posible exposición a distintos factores de contaminación como aves, microorganismos o insectos y la intermitencia por mal clima [14], [15].

Con este trabajo se buscó el conocimiento detallado acerca de las operaciones de beneficio del cacao en la zona montemariana, lo cual implicó la realización de entrevistas a través de encuestas, teniendo en cuenta un muestreo no probabilístico, con el fin de lograr el mejoramiento de los modelos del beneficio del cacao a través de la ingeniería para el favorecimiento de la comunidad científica y cacaotera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Revisión de literatura de prácticas de beneficio de cacao en Colombia

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar las contribuciones más relevantes relacionadas con la poscosecha del cacao en Colombia [16]. La búsqueda se limitó a estudios realizados en el territorio colombiano, escritos en idioma inglés o español, en el periodo 2015-2025, y se excluyó la literatura gris [17]. La búsqueda se efectuó en cinco bases de datos: SciELO, Redalyc, Latindex, Dialnet y Scopus, generando cadenas de búsqueda enfocadas en títulos y resúmenes a partir de los términos “fermentación” o “fermentation”; “secado” o “drying”; “cacao” o “cocoa” [18], [19], [20], [21], [22].

Estudio de las prácticas de poscosecha de cacao en la subregión montemariana del departamento de Bolívar

Dicho estudio se llevó a cabo en la subregión de los Montes de María, en específico, en el municipio de San Jacinto, departamento de Bolívar. Esta subregión es reconocida por su alta producción agrícola [23]. La población comprende productores de cacao de las cabeceras municipales de Carmen de Bolívar, San Juan Nepomuceno y San Jacinto, cuyos cultivos se encuentran en este último municipio. Se visitaron familias de cultivadores pertenecientes a asociaciones de cacao a través de un muestreo no probabilístico. Se utilizó la entrevista como medio para la recopilación de infor-

mación, tomando como instrumento un cuestionario, el cual se diseñó teniendo en cuenta información demográfica, experiencia en prácticas de cultivo, beneficio de cacao y uso del grano beneficiado. Se tuvo en cuenta el consentimiento, de acuerdo con la Ley 1581 de 2012 de tratamiento de datos de Colombia. Los datos se procesaron mediante su representación en frecuencia y porcentajes para su posterior discusión. Se formularon 33 preguntas en total, las cuales se aplicaron a 13 familias. En la tabla que se presenta a continuación se muestra el formulario utilizado para llevar a cabo las encuestas.

Luego de la aplicación de las encuestas, se revisaron los datos suministrados para asegurar su integridad y consistencia. Posteriormente, se codificaron y tabularon las respuestas de cada entrevista utilizando hojas de cálculo del *software* Microsoft Excel [24]. La codificación facilitó la cuantificación de las respuestas categóricas y cuantitativas, y la base de dichos datos permitió la organización sistemática de la información para su análisis estadístico posterior.

Procesamiento de datos

Se calcularon las frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) de las variables categóricas, para describir la distribución de las respuestas de los productores e identificar las prácticas más comunes y las preferencias de estos. Se calcularon indicadores como la media (aritmética o ponderada) y desviación (estándar), las cuales proporcionan información sobre los valores típicos y la variabilidad de las respuestas cuantitativas, permitiendo comprender las características de las prácticas de los productores.

Análisis de los datos

Se analizaron patrones, tendencias y relaciones relevantes en los datos procesados estadísticamente. El análisis se estructuró en cuatro secciones, que apuntan al objetivo del estudio:

TABLA. FORMULARIO UTILIZADO PARA LLEVAR A CABO LAS ENCUESTAS

| N° | Pregunta |
|----|--|
| 1 | ¿Qué cantidad (o volumen) de mazorca de cacao cosecha? |
| 2 | ¿Cuánto es el tiempo de cosecha? |
| 3 | ¿En qué época se cosecha el cacao? |
| 4 | ¿Utilizan algún agroquímico para el cuidado de las cosechas de cacao? |
| 5 | ¿Qué uso destina para la mazorca de cacao? |
| 6 | ¿Qué cantidad de semilla de cacao obtiene de las mazorcas cosechadas? |
| 7 | ¿Cuánto es la cantidad de semilla que se pierde antes de la fermentación? |
| 8 | ¿Cuál es la disposición final de las cáscaras de cacao? |
| 9 | ¿Qué tipo de técnica utiliza para fermentar? |
| 10 | Si en la respuesta anterior utiliza algún equipo, indique el material y tipo. |
| 11 | ¿Qué tiempo tarda la fermentación de un lote de cacao? |
| 12 | ¿Pone en contacto el grano que está fermentando con algún material? |
| 13 | ¿Con qué frecuencia realiza el volteo? |
| 14 | ¿Qué instrumento utiliza para el volteo? |
| 15 | ¿Qué uso dispone para la miel (lixiviado) de la fermentación? |
| 16 | ¿Qué parámetros tiene en cuenta para realizar el seguimiento a la fermentación? |
| 17 | ¿Utiliza material fermentado para fermentar semillas frescas? |
| 18 | ¿Está interesado en recibir capacitaciones acerca de buenas prácticas de beneficio de cacao? |
| 19 | ¿Realiza secado solar? |
| 20 | ¿Dónde se realiza el secado del grano de cacao? |
| 21 | Respecto a la pregunta anterior, especifique el material que soporta el grano |
| 22 | ¿Cuánto tiempo demora el secado de cacao? |
| 23 | ¿Protege el grano de la contaminación exterior? |
| 24 | ¿El secado se realiza durante la noche? |
| 25 | ¿Qué parámetros tiene en cuenta para identificar que el grano esté seco? |
| 26 | ¿Ha realizado caracterizaciones de la humedad del grano basadas en normas técnicas? |
| 27 | ¿El grano seco/mazorcas es destinado a? |
| 28 | ¿A quién le vende el grano/mazorcas? |
| 29 | ¿Cuál es el uso que se le da al grano? |
| 30 | ¿Qué procesos adicionales realiza? |
| 31 | ¿Qué productos obtiene del grano? |
| 32 | ¿A quién vende los productos? |
| 33 | De acuerdo con su experiencia: mencione los usos tradicionales del cacao. |

Fuente: elaboración propia.

- a) *Condiciones demográficas de los cultivadores de cacao en la subregión montemariana*: se analizaron variables como edad, género, nivel educativo y años de experiencia cultivando cacao. Este análisis se enfocó en caracterizar la población estudiada y entender la influencia de estos factores en las actividades de cultivo y beneficio del cacao.
- b) *Prácticas de siembra y cosecha de cacao*: se examinaron datos relacionados con el espacio de los cultivos, clases o variedades de gen, densidad de siembra, métodos de cosecha y rendimiento. El análisis se enfocó en describir las prácticas agrícolas predominantes y evaluar su eficiencia y sostenibilidad.
- c) *Procesos de beneficio del cacao*: se analizaron las técnicas de fermentación (tipo de fermentador, duración, volteo) y secado (tipo de secadero, tiempo, protección del grano) utilizadas por los productores. Este análisis permitió comprender cómo se realiza la poscosecha y su posible impacto en la calidad del grano.
- d) *Aspectos relacionados con la cadena de suministro del cacao en la subregión montemariana*: se investigó la ruta para la comercialización del cacao, incluyendo los canales de venta, los precios recibidos y los compradores. Este análisis permitió caracterizar la estructura de la cadena de suministro y la identificación de oportunidades para el mejoramiento del acceso al mercado y la rentabilidad de los productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Revisión de la literatura de poscosecha de cacao en el territorio colombiano

La literatura revisada indica el uso de tres tipos principales de cacao en las regiones estudiadas: criollo, caracterizado por alta calidad organoléptica (aromas frutales) pero baja productividad y susceptibilidad a plagas; forastero, de menor calidad sensorial pero alto rendimiento, resistencia y contenido graso; y trinitario, un híbrido de los anteriores [25]. Se documentó una amplia variedad de clones comerciales específicos según la zona, incluyendo CCN 51, EET-8, FEC 2, FEAR 5, FLE 3, FSA 12, FSV 41, FTA-4, ICS 39, ICS 95, SCC 23, SCC 55, SCC 80 y TSH 565 [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33]. Las siglas corresponden a: CCN (Colección Castro Naranjal); FEAR (Fedecacao Arauquita); FEC (Fedecacao Colombia); FLE (Fedecacao Luker Experimental); FSA (Fedecacao San Antonio); FSV (Fedecacao San Vicente); ICS (Imperial College Selections); SCC (Selección Cacao Colombia); FTA (Fedecacao Theobroma Aromático); TSH (Trinidad Selected Hybrids); y EET (Estación Experimental Tropical Pichilingue).

En cuanto a los métodos de beneficio, se observó un uso predominante de cajones de madera para la fermentación [27], [28], [29], [31], [33], [34], [35], aunque también se reportó el uso de recipientes plásticos [26], [36]. Adicionalmente, se identificaron

prácticas consideradas inadecuadas, como la fermentación en montón sobre lona plástica, en canastos, bandejas o sacos [28], [33], [34]. Estas prácticas se asocian consistentemente en la literatura con un impacto negativo en el perfil sensorial del grano beneficiado.

Respecto a las prácticas específicas de fermentación, los estudios reportan la implementación de volteos de la masa de cacao cada 12 horas [30] o cada 24 horas [27], [29], [31], [35]. La duración total del proceso de fermentación varió, con reportes de 4 días [27], [28] 6 días [26], [27], [28], [35], [36] u 8 días [12]. Esta variabilidad se atribuye al genotipo del cacao y sus condiciones medioambientales [36]. Se documentó un perfil de temperatura específico que alcanzaba 35 °C durante los primeros tres días y 45 °C entre el día 3 y el 6 [26]. Finalmente, se reportó el uso de materiales como sacos de polipropileno o de fique u hojas de plátano utilizados para cubrir la semilla durante la fermentación [28], [29].

Respecto al secado, las investigaciones documentan el secado directo al sol sobre una superficie plana, como lona plástica, sacos y esteras [26], [28], [31], [36], y variaciones del secado directo al sol enfocado en la protección contra insectos y lluvia, como casa elbas, marquesinas y camas cubiertas con techos de toldo [33], [37]. En cada tipo de secador construido predomina la madera como material principal [35]. Los sistemas más tecnificados para secado suelen estar presentes en fincas o asociaciones beneficiadas por proyectos [28]. En este sentido, se reportan prácticas para la mejora de la calidad del grano como el presecado, en el que se utilizan infraestructuras de tipo invernadero por 24 h antes de la exposición directa al sol [35]. También, se reporta el uso de secadores mecánicos en un centro de acopio de Arauca, que reducen el tiempo de secado de hasta 17 horas, con fases de presecado, reposo y secado final [32]. El tiempo de secado del grano varía entre 5 a 12 días y depende de las condiciones climáticas, acelerándose cuando se presenta mayor incidencia solar [26], [28], [29], [35]. Sin embargo, la alta variación climática afecta directamente el proceso en su eficiencia y producen granos de cacao de calidad heterogénea [35]. Con el uso de secadores mecánicos se reporta la mitigación de la dependencia climática y se estandariza el proceso, aunque implica costos de equipo y energía [32]. El secado reduce la humedad del grano de cacao fermentado desde el 60 % hasta menos del 7 % de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 1252 [32], [35]. La determinación de la humedad se basa en métodos subjetivos como el sonido que se produce al mover o romper los granos [27], [28]. El grano seco permite asegurar procesos como el almacenamiento, transporte y procesamiento, así como la preservación del producto [31]. Se indica que no hay un precio diferencial por calidad, lo que desmotiva la inversión en mejores prácticas y tecnologías de secado [28]. El volteo del grano durante el secado se reporta como una práctica común que mejora la uniformidad en el secado y evita la aparición de moho, sin embargo, exige mano de obra para su ejecución [29], [35].

Respecto al comportamiento de las prácticas de cacao en diferentes regiones de Colombia, reveló una estructura que integra unidades económicas desde su producción primaria hasta llegar al consumidor final. Esta cadena comprende el eslabón primario (siembra, cosecha, poscosecha), el eslabón de transformación (procesamiento del grano) y el eslabón de comercialización (mercadeo interno y externo). Se identificó una estructura organizacional de tres niveles: micro, meso y macro en el primer nivel se incluye actores relacionados directamente con la producción, transformación, distribución y consumo. El nivel meso agrupa a actores que prestan servicios de apoyo directo al nivel micro, tales como asistencia técnica, financiación, transporte, capacitación e investigación. El nivel macro está compuesto por actores que diseñan e implementan políticas y regulaciones, incluyendo ministerios, gobiernos locales/regionales y entidades estatales [38]. Uno de los desafíos identificados en la cadena fue la limitada trazabilidad, asociada a altos costos de transacción, los cuales son influenciados por la volatilidad de los precios internacionales [38].

A nivel regional, se observaron particularidades: en el departamento de Meta, se constató la participación de pequeños productores apoyados por diversas instituciones. La siembra se efectúa predominantemente por injerto, seguida del beneficio del grano, destinado principalmente a la industria nacional y a la exportación de alta calidad [29], [34].

En el municipio del Guamal (Meta) se observó la presencia de intermediarios en la comercialización del grano beneficiado [28]. En los departamentos de Arauca y Huila, la producción de cacao la realizan pequeños productores. La recolección de mazorcas se llevaba a cabo en las fincas individuales, con posterior traslado a centros de acopio para selección, clasificación y beneficio. El grano resultante se destinaba principalmente a exportadores internacionales [27], [32]. En el departamento de Antioquia, las actividades se realizan mayoritariamente por productores con menos de 5 hectáreas. En el municipio de Urabá (Antioquia) se identificó un comité interinstitucional que facilita el acceso a financiación [39], mientras que en el municipio de Caucasia (Antioquia) se observaron iniciativas para la adopción de agricultura inteligente y certificación mediante tecnologías digitales para la gestión de información y trazabilidad [39]. En los departamentos de Caquetá, Cesar y Santander, la producción se basa en sistemas de agricultura familiar, con procesamiento y acopio en finca. La comercialización incluye la venta de cacao en baba a emprendimientos tipo *bean to bar* (del grano a la barra) y de cacao beneficiado a la industria nacional y exportadores con destino a Europa [40].

Los estudios constatan una distribución desigual de beneficios a lo largo de la cadena, con reportes que indican que los agricultores reciben entre el 3 y el 6 % del valor

final del producto procesado, en contraste con aproximadamente el 70 % obtenido por grandes empresas procesadoras [33].

En la región de Montes de María (Sucre) se reportó una correlación que involucra mayor escolaridad de los productores y adopción de mejores prácticas agrícolas (uso de material genético seleccionado, podas y fertilización), asociado a mayores rendimientos del cultivo [41], [42].

Condiciones demográficas de los cultivadores de cacao en subregión montemariana del departamento de Bolívar

Se identificó que la siembra del cacao en los Montes de María es realizada por hombres adultos y mayores en el rango de 40 a 65 años. Los cultivadores son cabeza de familia, que han recibido formación académica al menos hasta la secundaria y capacitaciones en las prácticas agrícolas. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Martínez-Reina A. *et al.*, quienes en su estudio en la zona montemariana y La Mojana reportan un 90% de cultivadores con formación hasta secundaria [41]. Las fincas productoras están ubicadas en la zona alta de un bosque seco tropical a 800 m s. n. m. y se han cultivado de forma controlada desde hace más de 15 años con apoyo de iniciativas del Gobierno de Colombia [43]. Estos resultados son consistentes con otros reportes de apoyo públicos y privados para con los productores de cacao en términos económicos y de capacitación; dentro de estos actores se destacan instituciones educación superior (Universidad de los Llanos, Universidad del Tolima, como Universidad de Medellín, EAFIT, Pascual Bravo, Universidad de la Amazonia, CATIE, Universidad de los Andes), entidades gubernamentales (Ministerio de Educación, Ministerio de Agricultura, alcaldías, SENA) y gremiales (Fedecacao, Fondo Nacional del Cacao, Fondo de Estabilización de Precios) [33], [34].

Siembra y cosecha de cacao en la subregión montemariana del departamento de Bolívar

Durante el cultivo, el productor realiza labores de poda de maleza, fertilización orgánica y retiro de frutos de cacao enfermos o en mal estado. Los clones de cacao predominantes son en su mayoría de origen trinitario y ecuatoriano, tales como ICS-95, ICS-60, TSH-565, CCN-51 y IMC-67, los cuales se mezclan para el beneficio de la semilla. En Colombia, los clones ICS-60 y CCN-51 son altamente productivos, y muestran buenos índices de grano en zonas entre 200 a 1200 m s. n. m. [26], [44]. Asimismo, estos clones son recomendados por la Compañía Nacional de Chocolate debido a su alta compatibilidad [45]. Esta variedad influye en el perfil aromático del licor, otorgando las características únicas de cada clon de cacao, tales como olor caramelo, floral,

chocolate, entre otros [46]. Asimismo, el sabor de productos como el chocolate se ve afectado debido a la variedad de genotipos presentes [47].

En la subregión montemariana se cosechan cerca de 19 000 kg de mazorca de cacao en la época de cultivo. La cosecha se realiza de forma manual con elementos como cuchillos, machetes o tijeras de poda. Las mazorcas que se cosechan están en un estado de madurez, y el cultivador las identifica por el tiempo de cultivo y colores característicos del fruto según el clon. El tiempo para cosechar la mazorca de cacao es de 9 a 12 meses y depende principalmente de la época de lluvia. Por tanto, la mayor cosecha se presenta de septiembre a noviembre, coincidente con la época lluviosa mayor [48]. No obstante, se cuenta con cosechas menores en el resto del año, lo cual permite la comercialización continua de productos artesanales provenientes del cacao. La recolección de las mazorcas se realiza cada 7 días en época de mayor cosecha y en periodos de 15 a 20 días en el resto del año. Estos resultados respaldan los reportados por Góngora-Duarte y cols. (2023), quienes destacan la necesidad de mano de obra externa en la recolección de cacao en épocas lluviosas debido al aumento en la producción [28].

Se consultó a los productores de cacao acerca de algunas prácticas agrícolas y su implementación. Son comunes las plantaciones en conjunto con especies nativas como aguacate (*Persea americana*), plátano (*Musa paradisiaca* L.) y roble (*Quercus robur*). El cultivo de cacao se ve beneficiado por la sombra que producen los otros cultivos. Los cultivadores reconocen el sombreado como un aspecto necesario para la fase de producción del árbol de cacao debido a que lo protege contra la radiación solar directa [49]. No se reporta el uso de agroquímicos, sujeto a la tradición de cultivos orgánicos y manejo libre de químicos. También, los cultivadores tienen en cuenta la importancia del proceso del beneficio del cacao y cómo influye en la calidad del grano. Estas prácticas son realizadas para cada cosecha de cacao, y la fermentación de cacao se realiza desde 40 kg de semilla en baba. El valor considerado por los productores de cacao se encuentra entre 40 a 60 kg de grano en baba para la fermentación [50]. Estos resultados refuerzan lo reportado por Martínez-Reina y cols. acerca de las buenas prácticas en la siembra de los productores de cacao en la subregión montemariana se atribuye a las múltiples capacitaciones que han recibido en temas como selección de genes, poda y fertilización [41].

En cuanto a la cantidad de cacao cosechado, el 15 % de los encuestados no lleva a cabo ningún registro de las cantidades. El 30 % lleva a cabo el registro en bultos, presentando variaciones entre 2 y 20 bultos, y el 55 % registra valores en kg que varían entre 150 y 10 000 kg, mostrando amplia variabilidad y poca trazabilidad en sus actividades. El 100 % de los encuestados manifestó que el cacao se produce durante todo el año si hay lluvias, pero en especial, la mayor cantidad de cacao se recolecta

entre septiembre y diciembre. El 15 % de los encuestados informó que la recolección se hace en época de menor lluvia, mientras que el 75 % restante manifestó que se recolecta en época de mayor lluvia. En cuanto al uso de agroquímicos, el 15 % de los encuestados manifestó el uso de agroquímicos, mientras que el resto no reportó el uso de este tipo de sustancias. El 100 % de los encuestados mencionó que el grano de cacao lo utiliza para la poscosecha, es decir, su posterior fermentación y secado.

Fermentación de cacao en la subregión montemariana del departamento de Bolívar

En cuanto a las prácticas fermentativas, no existe diversidad, ya que los cacaoteros se han capacitado en conjunto. Además, existe retroalimentación de las prácticas de beneficio entre los cultivadores. La poscosecha inicia con la selección de las mazorcas en buen estado. Entonces, se realiza un corte longitudinal para retirar de forma manual la semilla en baba de la placenta. La apertura de las mazorcas se realiza utilizando un machete y las cáscaras se desechan. Los granos de cacao se extraen en un plazo máximo de 3 días luego de la recolección, aunque con variaciones que dependen de la época, clima y disponibilidad. La duración del almacenamiento de la mazorca influye sobre la calidad del grano. Un almacenamiento menor a 3 días posee un impacto menor sobre la comunidad microbiana y promueve los sabores deseados con una presencia significativa de ésteres [51]. Por otro lado, los productores de cacao no utilizan técnicas de pretratamiento como presecado y mezclado que han demostrado mejoras en las propiedades organolépticas del grano [52].

El rendimiento de los granos en baba, es decir, recubiertos por la pulpa, con respecto al peso inicial de mazorca cosechada, se estima en un 30 %, con un contenido de 30 a 50 granos. Debido a que no se cuenta con un proceso tecnificado, no se contabiliza la cantidad de semilla perdida para la fermentación de cada lote cosechado. La mazorca de cacao se desecha en su mayoría, o se destina como alimento para animales. En este sentido, debido al contenido de minerales (potasio), fibras (lignina, celulosa y hemicelulosa) y antioxidantes (ácidos fenólicos) existen oportunidades para el aprovechamiento de la cáscara [53]. Por tanto, como opción de valorización es posible la producción de bioaceites, biogás, carbón, adsorbentes, calor y energía [54].

La fermentación del grano se realiza en áreas cerca de las plantaciones por la dificultad para transportar la cosecha, debido a la carencia de vías terciarias en el departamento de Bolívar [55]. Por lo tanto, no se cuenta con instalaciones adecuadas para asegurar las condiciones de seguridad sanitaria necesarias para el proceso, como se muestra en la figura 1. Este escenario es percibido en varios estudios realizados en el territorio colombiano en los que se reporta elevación de costos y pérdida de cosechas debido a la carencia de transporte adecuado [56]. El método preferido es la

fermentación espontánea en cajones de madera de caracolí (*Anacardium excelsum*), ya que el 75 % de los encuestados utiliza este método, seguido por los baldes o contenedores plásticos, con un 17 %, y finalmente, en bolsas plásticas el 8 %; generalmente emplean hojas de plátano para cubrir el cacao que está fermentándose, lo cual es un elemento común en la fermentación [57]. Los cajones son construidos por los propios productores de cacao con dimensiones de 1,5 x 0,4 x 60 m³ (largo, ancho, profundidad) y tres divisiones, como se presenta en la figura 1. El uso de cajones de madera en la zona montemariana del departamento de Bolívar coincide con lo reportado en departamentos como Huila, Antioquia, Arauca y Meta, lo cual consolida la fermentación en cajas como el método predominante en el territorio colombiano [27], [28], [29], [31], [33], [34], [35]. La fermentación toma entre 3 y 10 días, dependiendo de los productores. Estos llevan a cabo volteos con paletas de vara de humo (*Cordia alliodora*) cada 24 horas, luego del segundo día de fermentación. Este tiempo de fermentación es ligeramente superior al reportado en otras zonas de Colombia cuyos valores varían entre 4 y 6 días para la fermentación para clones de cacao similares [26], [27], [28], [35], [36]. Se utilizan hojas de plátano (*Musa paradisiaca*) o bijao (*Calathea lutea*) para tapar el cacao durante la fermentación, y en el caso de los recipientes plásticos, se utilizan las tapas de dichos recipientes; este proceso les permite la obtención de 98 % de los granos adecuados para continuar con la etapa de secado [58].



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 1. FERMENTADOR DE CACAO TIPO CAJÓN

Durante la fermentación del cacao se genera calor, por lo cual el volteo del grano influye en la distribución del calor y aireación para asegurar la uniformidad del grano fermentado. Sin embargo, el volteo utilizado por los productores de los Montes de María no permite obtener granos homogéneos. Según los cacaoteros; esto se debe a

que los granos en las esquinas inferiores del fermentador de cajón suelen estar sobrefermentados y los de la superficie menos fermentados. Esto se atribuye al hecho de que el calor generado se concentra en el fondo, donde existe menor intercambio con el ambiente y los granos de la superficie están expuestos menor tiempo a los ácidos producidos [59]. La fermentación en bolsas plásticas tampoco asegura la uniformidad del grano fermentado. Positivamente, el volteo realizado luego de 48 horas favorece las condiciones anaeróbicas que estimulan el crecimiento microbiano y generación de compuestos reconocidos como marcadores del aroma de cacao de alta calidad [60]. Los productores utilizan variables sensoriales para verificar el final de la fermentación. La experiencia les permite establecer cambios en el color, olor y apariencia en general. Sin embargo, no utilizan ningún instrumento para determinar la finalización de esta etapa del proceso; solo el 8 % utiliza la prueba de corte, la cual está indicada en la norma de calidad para los granos de cacao. Este bajo porcentaje de productores que implementan la prueba está de acuerdo con García-Cáceres y cols. (2024) que reportan el conocimiento de la prueba de corte por parte de los productores, sin embargo, limitan su aplicación en la etapa de secado [36].

Los fermentadores cuentan con agujeros en el fondo para recuperar el lixiviado del cacao, el cual se utiliza para la producción de vino. Este producto se constituye en una alternativa para añadir valor a los residuos. Este lixiviado puede utilizarse en la producción de endulzantes, complementos de cervezas, esencias aromáticas y cosméticos [61]. En el departamento de Antioquia, el uso del lixiviado de la fermentación brinda la oportunidad de mercado a emprendimientos pequeños llamados *bean to bar* para productos diferenciados [40], [62]. El 100% de los encuestados manifestó interés por participar en capacitaciones enfocadas al mejoramiento de la fermentación para disminución del tiempo de fermentación e incremento en la calidad del proceso.

Secado de cacao en la subregión montemariana del departamento de Bolívar

El grano fermentado se seca mediante el método de secado solar, el cual es empleado por el 100 % de los encuestados. La duración del secado del grano es de 6 a 7 días en condiciones favorables (días soleados), y de 8 a 15 días si las condiciones no son adecuadas (días lluviosos). Este tiempo de secado es mayor al reportado en otros departamentos de Colombia, donde el tiempo varía entre 5 y 12 días [26], [28], [35]. En Bolívar, Los productores de cacao contemplan dos fases de secado: el primer día, exponen el cacao por máximo 6 horas al sol y posteriormente se deja almacenado en la oscuridad; los días siguientes, lo exponen al sol todo el tiempo que sea posible, dependiendo de las condiciones climáticas. Este secado se lleva a cabo de forma rudimentaria en paseras (invernaderos), casa elba y abierto en costales. Esta dependencia con los factores climáticas también se reporta en otras zonas del país,

como Huila, Antioquia, Santander y Arauca, donde en este último se implementó un secador mecánico que permite la operación independiente de las condiciones climáticas, reduciendo el tiempo de secado hasta 1 día [27], [32], [63], [64]. La figura 2 presenta una fotografía de una casa elba, la cual se construyó con madera de caracolí.



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2. MODELOS DE CASA ELBA

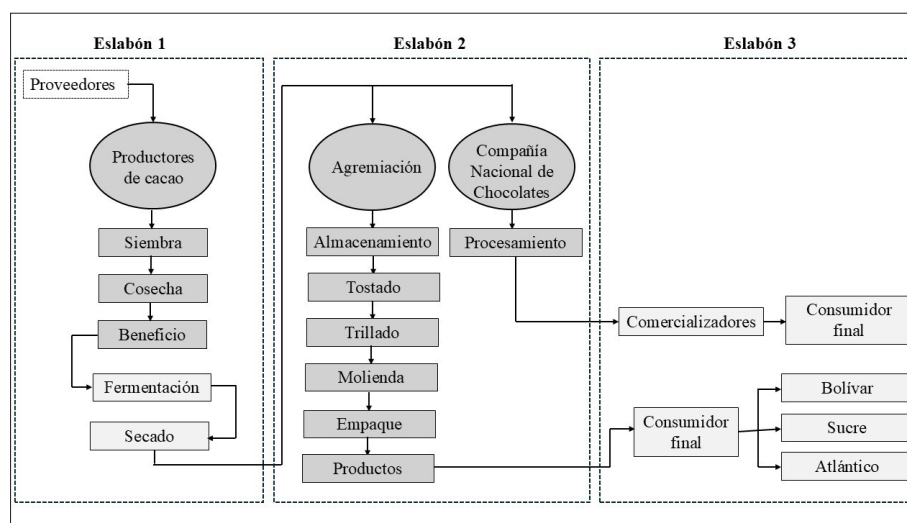
El 31 % de los encuestados manifestó que cubre los granos de cacao para protegerlos de insectos y otros animales, pero el 69 % no lleva a cabo ninguna actividad para proteger los granos, lo cual confirma que su volteo se lleva a cabo de forma manual y los granos están expuestos a la contaminación en el ambiente. Estos métodos de secado son la principal razón por la que usualmente el grano puede ser de baja calidad y con un contenido de humedad no adecuado [65].

Se consultó a los productores acerca de lo que consideran, según su conocimiento, un grano de cacao fermentado y seco. Olor, color, dureza y tiempo son los parámetros que se tienen en cuenta durante la fermentación. La experiencia de los productores de cacao de la subregión montemariana les permite reconocer cuándo termina la fermentación de la semilla. Reconocen el grano de cacao fermentado con características como “color canela y dorado”, “olor característico” y disminución en la temperatura. Sin embargo, no cuentan con equipos para la medición de temperatura, pH y azúcares fermentables que permiten realizar el seguimiento riguroso del proceso. El grano de cacao seco es identificado con la prueba de crujido [65]. También se apoyan en la prueba de corte para conocer la evolución del grano en esta etapa del beneficio. Al percibir los atributos descritos, el grano de cacao se considera adecuado. Asimismo, en otras regiones de Colombia se utilizan métodos subjetivos para llevar a cabo la verificación de la humedad del grano [27], [28].

Cadena de suministro de cacao en la subregión montemariana del departamento de Bolívar

El 69 % de los productores de cacao comercializa el cacao que han beneficiado, mientras que el 31 % también lo transforma. Los principales compradores del grano seco son cooperativas desarrolladas en la región o la Compañía Nacional de Chocolate [29], [34]. Es de resaltar que los productores de cacao que se dedican al procesamiento hacen parte de cooperativas. Los precios de la venta son independientes de la calidad del grano, por tanto, no se cuenta con sistema de clasificación o de caracterización de la calidad [28].

La caracterización de la cadena de suministro va desde los insumos para el cultivo hasta el consumidor final. En la figura 3 se presenta, a través de un esquema, la cadena de suministro. Los proveedores brindan los insumos necesarios para el cultivo de cacao, sin embargo, debido al poco uso de agroquímicos, y una tendencia hacia los cultivos orgánicos, se contempla en este segmento las herramientas, riego y materiales necesarios para la siembra y cosecha. El primer eslabón de la cadena está conformado por los productores de cacao, quienes llevan a cabo las actividades de siembra, cosecha y beneficio de las semillas. Los granos de cacao beneficiados son vendidos a asociaciones locales y la Compañía Nacional de Chocolate, según los datos obtenidos en este estudio. Sin embargo, las asociaciones locales pueden producir su propio grano beneficiado. Una vez recibido, el grano se almacena para posteriormente ser tostado, trillado, molido y empacado para su transformación. Su comercialización se hace en las principales ciudades de los departamentos de Bolívar, Atlántico y Sucre para la elaboración de chocolate de mesa, pasta de cacao, chocolate en polvo, chocolate con maíz, chocolate con panela, tabletas de chocolate, cocoa y manteca de cacao. Por otro lado, las ventas a la Compañía Nacional de Chocolate se destinan para su procesamiento y venta a los comercializadores a nivel nacional. En esta cadena de suministro no existe la figura de intermediario, puesto que los productores de cacao realizan las ventas directamente. La caracterización de la cadena de suministro es similar a la obtenida por García-Cáceres para Colombia, en la que se muestra una cadena corta sin la existencia de intermediarios y presencia de las asociaciones locales [66]. El comportamiento de la cadena de cacao en la subregión montemariana del departamento de Bolívar es consistente con el de la literatura previa, que indica una cadena corta conformada por los productores encargados de la siembra y beneficio para su posterior comercialización, teniendo como principal destino la Compañía Nacional de Chocolate [38].



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 3. MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO DE CACAO
PROVENIENTE DE LA ZONA DE LOS MONTES DE MARÍA

CONCLUSIONES

El beneficio del cacao es una actividad relevante para el desarrollo de las propiedades sensoriales adecuadas y calidad del grano. A diferencia de las prácticas de poscosecha reportadas en otros países, como Camerún, Ghana, y Nigeria, en la subregión montemariana, los cultivadores cuentan con capacitación para la obtención de granos fermentados y secos [67], [68], [69]. Los productores muestran un conocimiento en cuanto a la clasificación de las mazorcas de cacao, el tiempo de apertura, tiempo de volteo en fermentación y reconocimiento del grano fermentado. Sin embargo, no se consideran actividades que puedan afectar las condiciones higiénicas necesarias para el beneficio. Tampoco cuentan con herramientas necesarias para el seguimiento estandarizado del proceso a través de instrumentos. Esto se debe a que no existe una compra del cacao bajo parámetros de calidad, por lo cual los productores probablemente no se muestran interesados en obtener un grano de alta calidad. El mercado actual no presenta exigencias respecto a la calidad del grano, siendo las asociaciones locales y la Compañía Nacional de Chocolate los principales compradores. Es por ello, que las agremiaciones de productores son importantes para establecer la cadena de suministro con miras al mercado internacional.

Los cajones de madera son los fermentadores que actualmente se utilizan para llevar a cabo la fermentación del cacao. El tipo de cacao que se siembra no es de una sola clase, sino que se utilizan mezclas de diferentes clones de cacao. El tiempo promedio de duración de la fermentación es de 4 a 10 días. Por tanto, se hace necesario contribuir

con el diseño de fermentadores que permitan realizar el volteo de manera efectiva. También existe la necesidad de estandarizar el proceso fermentativo en función de las variables fisicoquímicas, como temperatura, pH, acidez y azúcares fermentables. Asimismo, es necesario un estudio de todos los microorganismos presentes, los cuales actúan como una comunidad y que están presentes en las variedades de cacao.

Todos los productores de cacao entrevistados en los Montes de María utilizan el secado solar para el grano; es de resaltar que las condiciones ambientales influyen en la duración de esta operación, que va desde 6 a 15 días. La técnica de secado a cielo abierto es la más común, lo cual ocasiona problemas de contaminación del grano. La humedad es el parámetro principal para identificar el grano seco; sin embargo, no existe evidencia de aplicación de normas estandarizadas para la medición de la humedad. Lo anterior hace necesario el diseño y construcción de equipos de secado que salvaguarden la integridad del grano de cacao y que sean económicamente atractivos. Por otro lado, el tiempo de secado también se ve afectado por la ausencia de luz durante las noches. En este sentido, existe una oportunidad en el uso de energías alternativas y tecnologías 4.0 para establecer el secado continuo del cacao [70].

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación por el financiamiento del Joven investigador Udualdo Herrera García por medio de la convocatoria 891 de 2020 titulada “Convocatoria Vocaciones y Formación en CT&I para la Reactivación Económica en el Marco de la Postpandemia 2020”. A la Universidad de Cartagena por la financiación a través de la Vicerrectoría de Investigación del proyecto titulado “Implementación de energía solar en la poscosecha del Cacao (*Theobroma cacao* L.) del departamento de Bolívar”, Acta N° 159 de 2019. Finalmente, a Asoprocoas (Latín Cacao) por el acompañamiento durante la realización de las encuestas.

REFERENCIAS

- [1] International Cocoa Organization, “Production of cocoa beans”, 2022.
- [2] Comunicaffe, “Soaring prices of farm inputs and potential impact on cocoa supply” [En línea]. Disponible en: <https://www.comunicaffe.com/soaring-prices-of-farm-inputs-and-potential-impact-on-cocoa-supply>. [Accedido: 5 oct. 2022].
- [3] “Cocoa Statistics - February 2025 Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics” [En línea]. Disponible en: <https://www.icco.org/february-2025-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>. [Accedido: 19 marzo 2025].

- [4] Minagricultura Colombia, “Cadena de cacao”, 2021.
- [5] Finagro, “Ficha de inteligencia: Cacao”, 2020.
- [6] CHOCOSHOW, “CHOCOSHOW” [En línea]. Disponible en: <https://chocoshow.co/>. [Accedido: 19 marzo 2025].
- [7] Fedecacao, “Informe Fedecacao” [En línea]. Disponible en: <https://www.fedecacao.com.co/>. [Accedido: 12 nov. 2023].
- [8] S. Ordoñez, J. Vera y S. Tigselema, “Vista de Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) De líneas híbridas para la elaboración de rehiletes de chocolate” [En línea]. Disponible en <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1164/1217>. [Accedido: 21 sep. 2022].
- [9] J. Gómez Meneses, “El sabor del cacao ‘a toda máquina’”. 2019 [En línea]. Disponible en: <https://revistas.upb.edu.co/index.php/universitas/article/view/7406/6712>. [Accedido: 21 sep. 2022].
- [10] R. Rivera *et al.*, “Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional”, *Ciencia y Tecnología*, vol. 5, n°. 1, pp. 7-12, 2012.
- [11] J. Vera, C. Vallejo, D. Párraga, W. Morales, J. Macías y R. Ramos, “Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador”, *Ciencia y Tecnología*, vol. 7, n°. 2, pp. 21-34, 2014.
- [12] H. B. Horta-Téllez, A. P. Sandoval-Aldana, M. C. Garcia-Muñoz, and I. X. Cerón-Salazar, “Evaluation of the fermentation process and final quality of five cacao clones from the department of Huila, Colombia”, *Dyna (Medellín)*, vol. 86, n°. 210, pp. 233-239, julio 2019. doi: 10.15446/dyna.v86n210.75814.
- [13] S. F. Dina, H. Ambarita, F. H. Napitupulu y H. Kawai, “Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans”, *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 5, pp. 32-40, marzo 2015. doi: 10.1016/J.CSITE.2014.11.003.
- [14] C. Herman, L. Spreutels, N. Turomzsa, E. M. Konagano y B. Haut, “Convective drying of fermented Amazonian cocoa beans (*Theobroma cacao* var. Forasteiro). Experiments and mathematical modeling”, *Food and Bioproducts Processing*, vol. 108, pp. 81-94, marzo 2018. doi: 10.1016/J.FBP.2018.01.002.
- [15] C. Álvarez, L. Tovar, H. García y F. Morillo, “Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores”, 2010.
- [16] H. Snyder, “Literature review as a research methodology: An overview and guidelines”, *J Bus Res*, vol. 104, pp. 333-339, nov. 2019. doi: 10.1016/J.JBUSRES.2019.07.039.

- [17] B. E. Dixon y C. M. Cusack, “Measuring the Value of Health Information Exchange”, Health Information Exchange: Navigating and Managing a Network of Health Information Systems, pp. 231-248, feb. 2016. doi: 10.1016/B978-0-12-803135-3.00015-3.
- [18] Elsevier B. V., “Scopus preview - Scopus - Welcome to Scopus” [En línea]. Disponible en: <https://www.scopus.com/home.uri>. [Accedido: 19 abril 2025].
- [19] Dialnet, “Dialnet” [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/>. [Accedido: abril 19 2025].
- [20] Latindex, “Latindex - Sistema regional de información en línea para Revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal” [En línea]. Disponible en: <https://www.latindex.org/latindex/>. [Accedido: 19 abril 2025].
- [21] Redalyc, “Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas” [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/>. [Accedido: 19 abril 2025].
- [22] SciELO, “SciELO.org” [En línea]. Disponible en: <https://scielo.org/es/>. [Accedido: 19 abril 2025].
- [23] A. Espinosa Espinosa, J. Alvis Arrieta y G. Ruz Rojas, “Cultural damage and reparation of victims in the Colombian armed conflict. The case of the black peasant community of San Cristóbal (Montes de María-Colombia)”, Journal for the Study of Race, Nation and Culture, vol. 27, n°. 4, pp. 498-515, 2021. doi: 10.1080/13504630.2021.1924657.
- [24] Microsoft 365, “Software de hojas de cálculo gratuito online: Excel | Microsoft 365” [En línea]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-co/microsoft-365/excel>. [Accedido: 19 marzo 2025].
- [25] C. L. Villegas, N. J. Quiroga, A. Dávalos y C. Pizano, “Reducing Cadmium in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Cultivars: Analysis of Advantages and Limitations of Different Strategies and Their Potential Application in Colombia”, International Journal of Agronomy, vol. n°. 1, enero 2024. doi: 10.1155/10a/5342167.
- [26] M. del P. López Hernández y J. Criollo Núñez, “Cambios Fisicoquímicos en la fermentación y secado de materiales de cacao en Colombia”, Ciencia en Desarrollo, vol. 13, n°. 2, pp. 25-34, julio 2022. doi: 10.19053/01217488.v13.n2.2022.14140.
- [27] J. E. Armenta Roncancio, D. F. Olarte López, J. A. Rincón y M. P. Rodríguez, “Características físicas, fisicoquímicas y sensoriales de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad FTA-4 cosechado en el departamento de Arauca evaluado en condiciones de fermentación y secado variables”, Entre ciencia e ingeniería, vol. 17, n°. 33, pp. 47-54, julio 2023. doi: 10.31908/19098367.2829.
- [28] A. F. Góngora-Duarte, F. J. Morales-Espitia, J. M. Trujillo-González y M. A. Torres-Mora, “Caracterización de los procesos en el beneficio del cacao (*Theobroma cacao* L.) en producciones a pequeña escala en el municipio de Guamal del

- Piedemonte llanero colombiano”, Tecnológicas, vol. 26, n°. 57, p. e2633, junio 2023. doi: 10.22430/22565337.2633.
- [29] V. Ramón, H. E. Hernández, P. Polania y J. C. Suárez, “Spatial Distribution of Cocoa Quality: Relationship between Physicochemical, Functional and Sensory Attributes of Clones from Southern Colombia”, *Agronomy*, vol. 13, n°. 1, enero 2023. doi: 10.3390/agronomy13010015.
- [30] K. Murcia-Artunduaga, L. Gasca-Torres y M. del R. Castañeda, “Evaluación físico-sensorial de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), región sur del Huila (Colombia)”, *Informador Técnico*, vol. 86, n°. 2, mayo 2022. doi: 10.23850/22565035.4358.
- [31] P. A. Polanía-Hincapié, J. C. Suárez, H. E. Hernández, V. Y. Ramón-Triana, L. N. Cuéllar-Álvarez, and F. Casanoves, “Influence of Fermentation Time on the Chemical and Functional Composition of Different Cocoa Clones from Southern Colombia”, *Fermentation*, vol. 9, n°. 11, nov. 2023. doi: 10.3390/fermentation9110982.
- [32] M. F. Cortés et al., “A value chain modeling approach for upscaling the production of fine flavor cocoa in Arauca (Colombia)”, *International Transactions in Operational Research*, vol. 32, n°. 4, pp. 2215-2247, julio 2025. doi: 10.1111/itor.13563.
- [33] G. A. Gutiérrez García et al., “Contribution of local knowledge in cocoa (*Theobroma cacao* L.) to the wellbeing of cocoa families in Colombia: a response from the relationship,” *Agric Human Values*, marzo 2024. doi: 10.1007/s10460-024-10623-x.
- [34] J. N. Rodríguez Guevara y M. C. Ospina Ladino, “Buenas prácticas de producción de cacao en comunidades víctimas del conflicto, Granada (Colombia)”, *Rev. Sist. Prod. Agroecol*, vol. 1, n°. 1, pp. 121-140, oct. 2020.
- [35] J. F. Tejeda, J. Arango-Angarita y J. L. Cuervo, “Effect of Solar Pre-Drying and Yeast Starter Inoculation Treatments on the Chemical Composition of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Beans from Southwestern Colombia”, *Foods*, vol. 12, n°. 24, dic. 2023. doi: 10.3390/foods12244455.
- [36] R. G. García-Cáceres, A. Perdomo, O. Ortiz, P. Beltrán, and K. López, “Characterization of the supply and value chains of Colombian cocoa”, *DYNA (Colombia)*, vol. 81, n°. 187, pp. 30-40, oct. 2014. doi: 10.15446/dyna.v81n187.39555.
- [37] K. Löhr et al., “Social cohesion as the missing link between natural resource management and peacebuilding: Lessons from cocoa production in côte d’ivoire and Colombia”, *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, n°. 23, dic. 2021. doi: 10.3390/su132313002.
- [38] E. Pineda Ballesteros y F. Téllez Acuña, “Modelling and simulation of the Colombian cocoa production chain”, *INGE CUC*, vol. 14, n°. 1, pp. 141-150, enero 2018. doi: 10.17981/ingecuc.14.1.2018.13.

- [39] C. J. Ramírez-Gómez y J. A. Turner, “Scenarios to promote territorial innovation systems in agri-food value chains: case of cocoa in Colombia”, *Journal of Agricultural Education and Extension*, vol. 30, n.º. 3, pp. 437-457, 2024. doi: 10.1080/1389224X.2023.2223534.
- [40] S. Vargas González, M. García, B. Luisa y M. Claros, *El Cacao y sus transformados: Caso Asprobelén y Asoproagro*. 2023.
- [41] A. M. Martínez-Reina, L. M. Grandett-Martínez, R. S. Novoa-Yanez, J. del Carmen Martínez-Atencia, J. L. Contreras-Santos y E. E. Berrio-Guzmán, “Typification of cocoa-producing farms (*Theobroma cacao* L.) in Montes de María and La Mojana, Colombia”, *Agronomía Mesoamericana*, vol. 34, n.º. 3, sep. 2023. doi: 10.15517/am.2023.54574.
- [42] J. C. Ramírez Montañez, G. M. Valero Córdoba y P. Martínez Higuera, “Oportunidades de las Minicadenas Productivas del Sector Cacao de Santander Frente al Pos Conflicto Colombiano”, *ECONÓMICAS CUC*, vol. 40, n.º. 2, pp. 153-182, ago. 2019. doi: 10.17981/econcuc.40.2.2019.10.
- [43] J. Romero, “Tenencia de la tierra y producción en los Montes de María en la primera mitad del siglo XX (1900-1920)”, *Universidad de Cartagena*, 2019.
- [44] L. Quintana, S. Gómez, A. García y N. Martínez, “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*, vol. 6, n.º. 1, pp. 253-265, 2015.
- [45] Compañía Nacional de Chocolate, “Material de divulgación - Compañía Nacional de Chocolates” [En línea]. Disponible en: <https://chocolates.com.co/material-de-divulgacion/> [Accedido: 6 oct., 2022].
- [46] M. Liu et al., “International Journal of Food Properties Characterization and comparison of key aroma-active compounds of cocoa liquors from five different areas”, *Food properties*, vol. 20, n.º. 10, pp. 2396-2408, 2017. doi: 10.1080/10942912.2016.1238929.
- [47] M. Santander Muñoz, J. Rodríguez Cortina, F. E. Vaillant y S. Escobar Parra, “An overview of the physical and biochemical transformation of cocoa seeds to beans and to chocolate: Flavor formation”, *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 60, n.º. 10, pp. 1593-1613, mayo 2019. doi: 10.1080/10408398.2019.1581726.
- [48] EPA_Cartagena, “EPA Cartagena – Establecimiento Público Ambiental”, EPA Cartagena.
- [49] J. Quiroz y S. Mestanza, “Establecimiento y manejo de una plantación de cacao”, 2012.
- [50] P. Hashim, J. Selamat, S. Kharidah, S. Muhammad2 y A. Ali2, “Effect of Mass and Turning Time on Free Amino Acid, Sugar and Pyrazine Peptide-N, Concentration during Cocoa Fermentation”, 1998.

- [51] Y. Hamdouche et al., “Impact of turning, pod storage and fermentation time on microbial ecology and volatile composition of cocoa beans”, *Food Research International*, vol. 119, pp. 477-491, mayo 2019. doi: 10.1016/J.FOODRES.2019.01.001.
- [52] D. A. Freire Muñoz, D. Salome y D. López, “Método de fermentación y secado para el beneficio de la obtención del chocolate blanco a partir de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), ecuatoriano”, *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 14, n°. 2, pp. 323-329, 2022 [En línea]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0001-5301-3225>
- [53] F. Lu et al., “Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions”, *Curr Opin Green Sustain Chem*, vol. 14, pp. 80-88, dic. 2018. doi: 10.1016/J.COGSC.2018.07.007.
- [54] L. Yaya Ouattara et al., “Cocoa pod husk: A review”, *Bioresources*, vol. 16, n°. 1, pp. 1988-2020, 2021.
- [55] M. Alejandra, A. Ariza, P. Alejandro y A. Romero, “Las vías terciarias en Colombia, una oportunidad para la ingeniería vial y el desarrollo del país”, *Universidad Catolica*, pp. 1-24, 2017.
- [56] A. Charry, F. Castro-Llanos y A. Castro-Nunez, “Colombian Cacao, Forests and Peace Initiative: Estudio de línea base de la cadena del cacao en Colombia”, Cali, enero 2019 [En línea]. Disponible en: www.ciat.cgiar.org
- [57] Y. Fang, R. Li, Z. Chu, K. Zhu, F. Gu y Y. Zhang, “Chemical and flavor profile changes of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) during primary fermentation”, *Food Sci Nutr*, vol. 8, n°. 8, pp. 4121-4133, ago. 2020. doi: 10.1002/FSN3.1701.
- [58] E. Ackah y E. Dompey, “Correction to: Effects of fermentation and drying durations on the quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans during the rainy season in the Juaboso District of the Western-North Region, Ghana”, *Ackah and Dompey Bull Natl Res Cent*, vol. 45, p. 184, 2021. doi: 10.1186/s42269-021-00645-4.
- [59] L. D. Levai, H. D. Meriki, A. Adiobo, S. Awa-Mengi, J. F. T. K. Akoachere y V. P. K. Titanji, “Postharvest practices and farmers’ perception of cocoa bean quality in Cameroon”, *Agric Food Secur*, vol. 4, n°. 8, pp. 1-8, dic. 2015. doi: 10.1186/s40066-015-0047-z.
- [60] V. R. Dulce et al., “Cocoa bean turning as a method for redirecting the aroma compound profile in artisanal cocoa fermentation”, *Heliyon*, vol. 7, n°. 8, ago. 2021. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07694.
- [61] C. P. Guirlanda, G. G. da Silva y J. A. Takahashi, “Cocoa honey: Agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product?”, *Future Foods*, vol. 4, p. 100061, dic. 2021. doi: 10.1016/J.FUFO.2021.100061.
- [62] S. del M. Yela Lara, K. D. Castillo Angulo, K. L. Rincón Bravo y H. R. Ordóñez Jurado, “Especies forestales con potencial agroforestal en el Consejo Comunitario Alto Mira y

- Frontera (Tumaco, Colombia)”, Ingeniería y Desarrollo, vol. 39, n°. 01, pp. 123-137, abril 2023. doi: 10.14482/inde.39.1.634.99.
- [63] L. M. C. Velásquez, E. Rodríguez-Sandoval y E. M. C. Chamorro, “Diagnosis of cocoa post-harvest practices in the department of Arauca”, Rev Lasallista Investig, vol. 13, n°. 1, pp. 94-104, 2016. doi: 10.22507/rli.v13n1a8.
- [64] L. D. P. Barrientos, J. D. T. Oquendo, M. A. G. Garzón y O. L. M. Álvarez, “Effect of the solar drying process on the sensory and chemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivated in Antioquia, Colombia”, Food Research International, vol. 115, pp. 259-267, enero 2019. doi: 10.1016/J.FOODRES.2018.08.084.
- [65] B. F. Dzelagha, N. M. Ngwa y D. N. Bup, “A Review of Cocoa Drying Technologies and the Effect on Bean Quality Parameters”, 2020. doi: 10.1155/2020/8830127.
- [66] R. G. García-Cáceres y J. W. Escobar, “Caracterización de las problemáticas de la cadena de abastecimiento”, Dyna (Medellín), vol. 83, n°. 198, pp. 68-78, sep. 2016. doi: 10.15446/dyna.v83n198.44532.
- [67] S. Orisajo, L. N. Dongo, E. O. Aigbekaen, C. O. Jayeola, L. A. Emaku y S. B. Orisajo, “Influence of farmers practices on cocoa bean quality: Nigeria field experience”, 2009 [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/285910349>
- [68] C. Saïdou et al., “Post-harvest System and Quality of Cocoa Beans in the Southern Region of Cameroon”, Eur J Nutr Food Saf, pp. 1-17, dic. 2021. doi: 10.9734/ejnfs/2021/v13i1230466.
- [69] D. M. Baker, K. I. Tomlins y C. Gay, “Survey of Ghanaian cocoa farmer fermentation practices and their influence on cocoa flavour”, Food Chem, vol. 51, pp. 425-431, 1994.
- [70] E. Largo Ávila, C. H. Suárez Rodríguez y E. Arango Espinal, “Transformación digital: Evolución de las aplicaciones de inteligencia artificial en la industria del café”, Ingeniería y Desarrollo, vol. 43, n°. 1, pp. 64-83, enero 2025. doi: 10.14482/inde.43.01.445.864.