



Comparación del proceso de fermentación de granos de cacao en diferentes centros de acopio y su impacto en la calidad final

Comparison of the fermentation process of cocoa beans in different collection centers and its impact on the final quality

Maria Ivonne Moreira Macías¹; Diana Carolina Cedeño Alcívar^{1*}

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Carrera de Agroindustria. Calceta, Ecuador.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

ORCID de los autores:

M. I. Moreira Macías: <https://orcid.org/0009-0007-3876-1189>

D. C. Cedeño Alcívar: <https://orcid.org/0000-0001-8420-7014>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar el proceso de fermentación en los centros de acopio para la calidad del grano en el cantón Bolívar. Se diagnosticaron las condiciones de fermentación de cada centro empleando fichas de observación. Se tomaron un total de 120 muestras de granos secos al azar de diferentes lotes. La calidad física de los granos se valoró inicialmente según su forma, color y aroma. Se realizaron pruebas de corte para inspeccionar el interior de los granos y clasificarlos según su fermentación. La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas en el nivel de fermentación entre los centros, con el C2 mostrando el mayor nivel y el C4 el más bajo. Asimismo, el C2 mostró mayor cantidad de muestras clasificadas como grado 1, sugiriendo una fermentación de mayor calidad. La prueba de Chi-cuadrado indicó una asociación significativa entre los centros y el grado de fermentación, aunque el índice V de Cramer mostró que esta relación no es determinante. Estos resultados indican que, además de las prácticas de fermentación, factores como la calidad del suelo, el clima, la altitud y la madurez de las mazorcas influyen en la calidad final del grano.

Palabras clave: calidad física; prueba de corte; granos fermentados; grado de fermentación.

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the fermentation process in collection centers for bean quality in the Bolívar canton. The fermentation conditions at each center were assessed using observation sheets. A total of 120 random samples of dry beans were taken from different batches. The physical quality of the beans was initially evaluated based on their shape, color, and aroma. Cutting tests were conducted to inspect the interior of the grains and classify them based on their fermentation. The Kruskal-Wallis test revealed significant differences in the level of fermentation between the centres, with C2 showing the highest level and C4 the lowest. Likewise, C2 showed a greater number of samples classified as grade 1, suggesting higher quality fermentation. The Chi-square test indicated a significant association between the centres and the degree of fermentation, although the Cramer's V index showed that this relationship is not decisive. These results indicate that, in addition to fermentation practices, factors such as soil quality, climate, altitude and the maturity of the cocoa pods influence final grain quality.

Keywords: physical quality; cutting test; fermented grains; fermentation degree.

1. Introducción

La mayor parte del cacao mundial proviene de los países de África occidental, siendo Costa de Marfil y Ghana responsables del 60% de la producción global (Alcívar et al., 2021). La cadena de suministro del cacao, como describen Armuelles y Peñalba (2023) es altamente compleja e involucra una variedad de actores. Inicia con los productores de cacao, quienes se encargan del cultivo, la cosecha, la extracción, la fermentación, el secado y el empaquetado de los granos. Posteriormente, los granos provenientes de diversos agricultores son recolectados y, en muchas ocasiones, combinados por compradores locales, comerciantes, estaciones de compra locales, etc. En consecuencia, Ecuador también se destaca como el principal productor de Cacao Arriba fino y de aroma debido a sus condiciones geográficas y climáticas (Abad et al., 2020). Esta variedad, que representa el 63% de la producción mundial, proviene de la variedad Nacional, cuyo sabor ha sido aclamado durante siglos en el mercado internacional (Díaz et al., 2025). En el 2024 Ecuador se convirtió en el primer exportador de cacao en América Latina mundial de cacao, y ocupa el cuarto puesto en el mundo, entre todos los tipos de ese producto (Hablich & Sánchez, 2024). Así mismo, Cedeño et al. (2023) señalan que los cantones Bolívar, Chone, Portoviejo, Junín y Tosagua, ubicados en la provincia de Manabí, contribuyen con 2,115 hectáreas a la producción de cacao. En particular, la Corporación Fortaleza del Valle, con sede en Calceta, cantón Bolívar, recolecta aproximadamente 600 toneladas de cacao al año, involucrando a unos 961 productores en los cantones mencionados. Como plantea Erazo (2019) al hablar de los procesos de producción del cacao, es importante destacar que, aunque Ecuador ha participado y ha sido premiado en los International Cocoa Awards (ICAs), los procesos poscosecha continúan realizándose mayoritariamente de manera artesanal en la actualidad. La falta de conocimiento técnico sobre técnicas de cultivo o manejos poscosecha de cacao puede representar un impacto negativo en la calidad del producto final y su valor en el mercado. En este sentido, los centros de acopio juegan un papel fundamental en el desarrollo de la industria del cacao y sus derivados, ya que su principal función es mejorar el proceso productivo y garantizar la calidad del grano, así mismo, fomentar la unión entre productores y garantizar equidad y rentabilidad (Yépez, 2024).

Dentro del proceso de beneficio del cacao, se identifican varias etapas cruciales para obtener granos de calidad. Chóez et al. (2024) mencionan que los atributos de sabor fino de los granos de cacao dependen principalmente del tipo de cacao así como las técnicas de fermentación, secado y tostado implementadas.

Entre los procesos de la postcosecha se encuentra la fermentación la cual representa una fase crítica en su procedimiento, dado que durante este proceso se generan cambios bioquímicos fundamentales que influyen en la formación de precursores de aroma y sabor, aspectos determinantes en su calidad física y química (Bravo & Tuárez, 2023). De acuerdo con Ruiz et al. (2024), el proceso de fermentación es un aspecto clave en el desarrollo de propiedades sensoriales basadas en actividades bioquímicas tales como actividades microbiológicas y enzimáticas, las cuales conducen a muchos cambios en el cotiledón.

Por lo tanto, la fermentación de las almendras de cacao puede entenderse principalmente como un proceso de curado destinado a estabilizar las almendras frescas mediante la degradación microbiana del mucílago firmemente adherido y perecedero, logrado a través del secado (García et al., 2021).

Según Streule et al. (2022) el proceso de fermentación está influenciado por diversos factores, entre los cuales destacan el tipo de cacao, las condiciones ambientales, el almacenamiento de la mazorca, así como el sistema utilizado en la fermentación, el tipo de fermentador, el volumen de la masa y la frecuencia de remoción durante el proceso.

Asimismo, el método de fermentación, la temperatura, la humedad y la duración afectan los niveles de compuestos aromáticos clave (Díaz et al., 2023; González et al., 2024). Para Chávez et al. (2023) es de mucha importancia mantener condiciones controladas y precisas durante el proceso de fermentación del cacao en los centros de acopio. El tiempo de fermentación, el control de la temperatura, el procedimiento de remoción y el monitoreo del pH son aspectos clave que influyen directamente en la calidad del cacao producido (Casco et al., 2023).

Bajo este contexto, a pesar de la importancia económica de esta actividad, la calidad de los granos de cacao puede estar comprometida debido a los factores que afectan el proceso de fermentación del cacao en los centros de acopio a nivel regional. La falta de control y seguimiento

adecuado durante este proceso podría resultar en la presencia de compuestos no deseados, como micotoxinas, que afectan la calidad e inocuidad del producto final. Esta situación plantea preocupaciones sobre la competitividad del cacao en el mercado nacional e internacional, así como sobre la salud de los consumidores, por lo que es esencial realizar este tipo de investigaciones, especialmente en centros de acopio del cantón Bolívar.

La investigación sobre la comparación del proceso de fermentación de granos de cacao en diferentes centros de acopio contribuye al conocimiento científico sobre la fermentación del cacao, proporcionando datos y análisis que pueden ser utilizados por otros investigadores y profesionales en el campo (Celi et al., 2024). En lo que respecta a la novedad científica de este tema radica en su potencial para mejorar la calidad del cacao, adaptar las prácticas de poscosecha a diferentes condiciones locales, y promover la sostenibilidad y eficiencia en la producción de cacao (Rosales et al., 2024).

Esta investigación tuvo por objetivo comparar el proceso de fermentación en los centros de acopio para la calidad del grano en el cantón Bolívar con el fin de evaluar el impacto de la variabilidad de

los manejos de este proceso en la calidad final de los granos de cacao.

2. Metodología

Muestreo

Se seleccionaron cuatro centros de acopio más relevantes del cantón Bolívar para la toma de muestras, los cuales se identificaron como: centro 1 (C1), centro 2 (C2), centro 3 (C3) y centro 4 (C4) (Figura 1).

Se tomaron un total de 120 muestras de cacao seco al azar correspondientes a diferentes lotes de producción en cada centro de acopio. Las muestras fueron empacadas y posteriormente transportadas para su respectiva evaluación la cual se realizó en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López en un laboratorio acondicionado para esta investigación.

El tamaño de muestra se estimó mediante el software G*Power para realizar un análisis de varianza de una vía con una variable respuesta, utilizando un tamaño del efecto de rango large, lo que permitió estimar un tamaño de muestra de 112 muestras de cacao, con lo cual se obtuvo una potencia estimada de la prueba de 0,9513019 (Erdfelder et al., 1996).

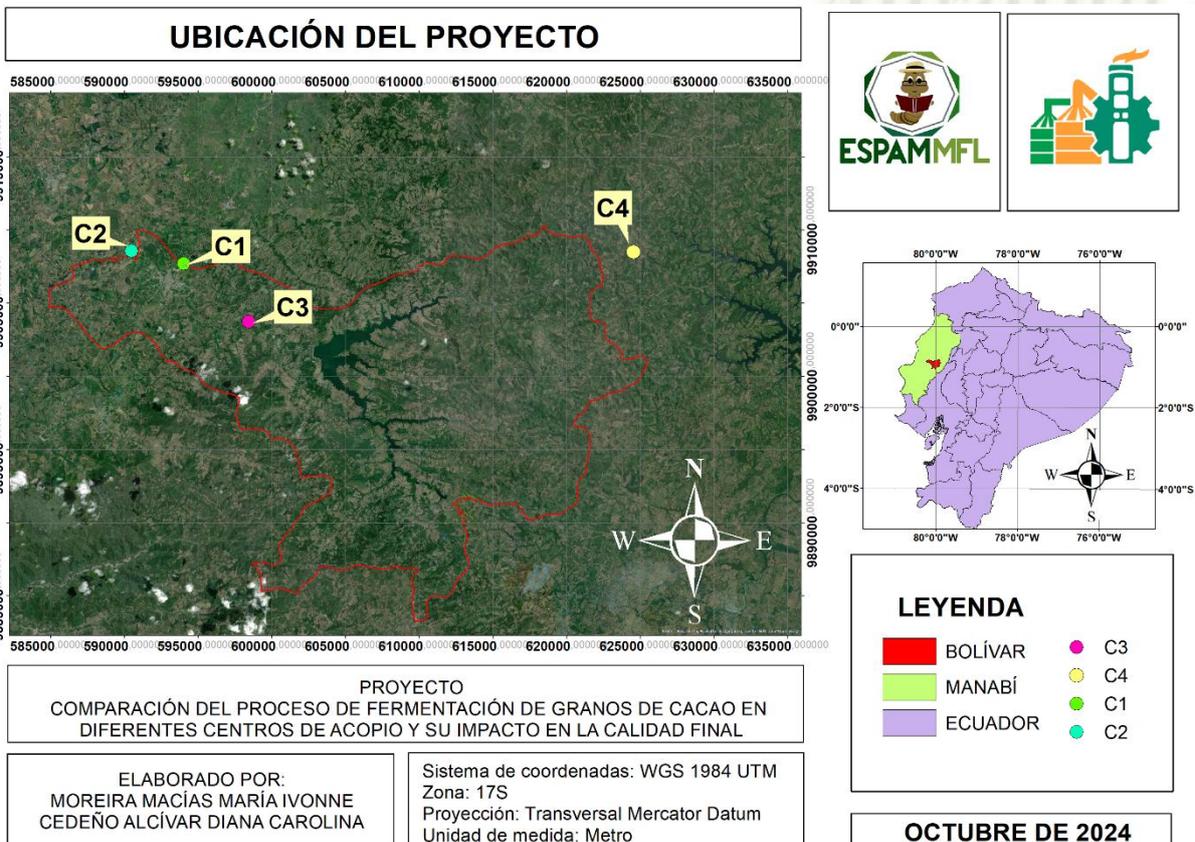


Figura 1. Mapa de ubicación de los centros de acopio.

Técnica

Para la evaluación de los niveles de fermentación y el grado de fermentación de las muestras, se tomó de base la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 176: 2021. Esta norma es fundamental para la industria cacaotera, ya que en ella se establecen los requisitos de calidad y los criterios de clasificación para los granos de cacao, gracias a esta norma, se garantiza la consistencia y la excelencia del cacao producido y comercializado, lo que, a su vez, fortalece la reputación del producto en los mercados nacionales e internacionales.

Protocolo de evaluación de calidad

La evaluación física de la calidad del grano de cacao consistió en 2 valoraciones, basadas en la guía propuesta por Aguilar (2016) puesto que utiliza los lineamientos establecidos por la NTE INEN-ISO 2292:2017 (Tabla 1), mismos que se describen a continuación.

Valoración inicial (forma, color y aroma). Al recibir una muestra de cacao, se inició la evaluación de los granos mediante una apreciación visual, táctil, y de aroma y sabor general:

Las muestras en su mayoría fueron homogéneas con relación al tipo de granos. Los granos tuvieron en su mayoría una forma elipsoidal. Aquellos granos que no tuvieron esta forma y eran aplastados sugieren un secado rápido y defectuoso, lo que puede resultar en una acidez y amargor elevados. El exterior de los granos presentó un color uniforme de tierra rojiza.

Se presionaron granos entre dos dedos, unos granos se quebraron y desmoronaron fácilmente, mientras que con otros no fue así. En algunos casos la testa o cascarilla se desprendió sin dificultad, sin embargo, hubo muestras en las que se dificultaba un poco. Los granos que se sentían compactos o gomosos, indicaban que estaban subfermentados o húmedos, respectivamente.

Las muestras emitían un aroma suave y agradable a cacao-chocolate. No se percibieron olores a humo, moho, combustible, medicamentos, ni olores intensos a ácido acético, láctico, u otros aromas indeseables.

Prueba de corte. La prueba de corte consistió en partir por la mitad 100 granos de cada muestra, tomando en cuenta que la muestra representativa fue de 1 kg. El grano se cortó longitudinalmente para exponer la mayor superficie posible del interior del cotiledón. Este corte se realizó con una guillotina comercial diseñada para cortar 50 granos a la vez.

Esta prueba se llevó a cabo para examinar el interior del grano, determinar el grado de fermentación de las muestras e identificar defectos en los granos como moho interno e infestación de insectos, entre otros. El grado de fermentación es un indicador de la calidad de los granos. A un mayor porcentaje de granos fermentados y menor cantidad de granos pizarrosos, violetas y sobrefermentados, la calidad del sabor del cacao es superior y más agradable, presentándose menos ácido, menos astringente y amargo o incluso sin sabores indeseables.

El porcentaje de fermentación de los granos se determinó mediante un análisis visual. Los granos se inspeccionaron en un área con iluminación adecuada equivalente a la luz natural, y cada tipo de grano se contó por separado según la clasificación indicada en el cuadro siguiente.

Tabla 1

Clasificación del grano según su fermentación

Clasificación	Característica
Bien fermentado	Coloración marrón o marrón oscuro. Apariencia hinchada, no compacto. Estrias profundas, grietas o cavidades. Testa o cascarilla suelta.
Ligeramente violeta	Coloración marrón violeta indicativo de fermentación parcial.
Violeta	No fermentado. Totalmente violeta. No hinchados, compactos. Fuerte sabor amargo y sensación de astringencia. Ausencia de aroma.
Sobre fermentado	Coloración marrón oscuro. Sabor indeseable. Defecto serio.
Mohoso	Moho visible a simple vista (diversos colores). Sabor indeseable. Causas: germinación, daño mecánico o por insectos almacenado con alta humedad y secado deficiente.
Pizarroso	Ningún efecto de fermentación. Color pizarra (gris). Compacto, sin agrietamiento. Defecto serio.

Fuente: Aguilar (2016).

Manejo del experimento

Fase I. Diagnóstico de las condiciones de fermentación de granos de cacao en los centros de acopio del cantón Bolívar

En esta fase se ejecutó un diagnóstico detallado de las condiciones de fermentación de los granos de cacao en los centros de acopio identificados, esto se realizó con el objetivo de identificar prácticas y procedimientos utilizados, así como

las posibles áreas de mejora para asegurar la calidad de cacao. El diagnóstico se llevó a cabo a través de una ficha de observación, cuyos criterios fueron tomados en cuenta del Manual de Procesos de Centro de Acopio de Cacao propuesto por Ortíz & Guicapi (2020).

Fase II. Requisitos de calidad para granos fermentados de cacao en los centros de acopio del cantón Bolívar

Se emplearon los parámetros de medición establecidos en la norma NTE INEN 176:2021. Tomando en cuenta los requisitos para la calidad de granos de cacao estipulados en la tabla 2, los parámetros evaluados en esta fase fueron los siguientes:

- Granos fermentados, mínimo, %
- Granos violetas, máximo, %
- Granos pizarrosos, máximo, %
- Granos mohosos, máximo, %

Fase III. Relación entre los centros de acopio y el grado de fermentación en los granos de cacao

Los resultados de los parámetros del grado de fermentación en los granos de cacao fueron relacionados con los cuatro centros de acopio evaluados. Esta relación se realizó mediante la prueba estadística de chi-cuadrado de Pearson para determinar si existía una asociación significativa entre los centros de acopio y el grado de fermentación.

Variables a medir

En la Tabla 2 se muestran las variables medidas según los requisitos de calidad para los granos de cacao propuestos en la norma NTE INEN 176:2021.

Tabla 2
Requisitos de calidad para los granos de cacao

Requisitos	Granos de cacao			Métodos de ensayo
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	
Granos fermentados, mínimo, %	75	65	53	NTE INEN-ISO 1114
Granos violetas, máximo, %	15	21	25	NTE INEN-ISO 1114
Granos pizarrosos, máximo, %	9	12	18	NTE INEN-ISO 1114
Granos mohosos, máximo, %	1	2	4	NTE INEN-ISO 1114

Fuente: NTE INEN 176:2021.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del diagnóstico de los centros de acopio relacionados a las condiciones de infraestructura del área de fermentación y el manejo de la fermentación fueron analizados mediante tabla de frecuencias y porcentaje en función de las variables cualitativas las cuales se evaluaron en la ficha de observación.

En lo que respecta a los resultados obtenidos de los niveles de fermentación de los granos de cacao, estos fueron evaluados mediante análisis descriptivo (media y desviación estándar) para comparar los niveles de fermentación promedio y la variabilidad en cada centro de acopio, pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) verificando si los datos de niveles de fermentación seguían una distribución normal en cada centro y comparación de medias (ANOVA de un vía) para comparar las medias de los niveles de fermentación entre los cuatro centros de acopio.

Para determinar la relación entre los centros de acopio y el grado de fermentación en los granos de cacao se realizó la prueba de chi-cuadrado para verificar si existía una asociación significativa entre los centros de acopio y el grado de fermentación. Si la prueba de chi-cuadrado resultaba significativa, se calcularía el coeficiente de Cramér para determinar la fuerza de la asociación. Todos los análisis estadísticos fueron analizados utilizando el Software R-studio (versión R433, 2024).

3. Resultados y discusión

Infraestructura y condiciones de fermentación manejadas en los centros de acopio.

En la Figura 2 se presenta el nivel de cumplimiento de los criterios de las condiciones de infraestructura general de cada centro de acopio, donde se observa un buen desempeño en la mayoría de los criterios por parte de todos los centros, a excepción del criterio "infraestructura en buen estado" en donde se evidencia el bajo cumplimiento del C3. Las condiciones de infraestructuras adecuadas propician que los cambios de temperatura aseguren una sucesión de microorganismos que generan la correcta fermentación de los granos (González et al., 2024). Una infraestructura inadecuada de fermentación puede resultar en la proliferación de microorganismos no deseados (Loret de Mola, 2024). Los cajones deben resguardarse en áreas o cuartos adecuados para evitar su exposición a los efectos de la lluvia y vientos fríos, debido a que este factor puede causar alteraciones en el proceso de fermentación, además de que se

garantice una humedad del ambiente regularmente estable y comprometer el desarrollo de precursores de sabor en el cacao (Loret de Mola, 2024; Paredes & Andrade, 2025). De este modo, al poseer las instalaciones adecuadas para el proceso de fermentación se garantiza la inocuidad y a su vez la calidad final de los granos de cacao. El manejo de la fermentación abarca varios factores que condicionan la calidad final de los granos de cacao. Los factores como el tiempo o duración del procedimiento, la aireación y la madurez de la fruta, la cantidad, la uniformidad de la velocidad de remoción, el clima y el recipiente, afectan el proceso de fermentación (Subroto et al. 2023). En el primer criterio se observa un incumplimiento del aseo de los cajones de fermentación (Figura 3). Bustamante & Murillo (2023) mencionan que antes de cada proceso de fermentación, debe darse un proceso de raspado y cepillado para retirar los residuos de las paredes y del fondo del cajón con el fin de evitar contaminación con algún residuo de los lotes anteriores. El criterio de remoción es otro factor importante para asegurar la fermentación aerobia y anaerobia, debido a que la remoción realizada en los tiempos correctos posibilita que se genere la transformación de azúcares, incrementa la población de microorganismos (bacterias acéticas) y asegura una fermentación uniforme (Ortiz & Guicapi, 2020; Jimenez & Pizango, 2023). Este proceso de aireación se realiza cada dos días mezclando minuciosamente los granos, siendo esta una mezcla esencial para que el calor generado durante el proceso fermentativo se distribuya uniformemente y así mantener la misma

temperatura en toda la masa (Permata & Hidayah 2024).

De acuerdo con Orbe et al. (2024), uno de los procesos poscosecha que afecta a la calidad del cacao en grano es la fermentación. Permata & Hidayah (2024) aseguran que el tiempo óptimo de fermentación de los frutos de cacao es de 5 a 6 días, de lo contrario, esta no será perfecta y afectará al aroma, sabor, textura y el color de los granos de cacao seco. No obstante, según la investigación de Llano et al. (2024) se reveló que los tiempos de fermentación de entre 96 y 120 horas son los adecuados para la obtener los atributos más intensos en el sabor del chocolate. En relación al criterio de temperatura, también se mostró un incumplimiento en la medición de este parámetro. La temperatura de fermentación, a su vez influenciada por la temperatura ambiente, determina el crecimiento microbiano. García et al. (2022) revelaron en su investigación que cuando la temperatura excede los 27 °C, se presenta una disminución en la concentración celular de las levaduras, las cuales son responsables de varios criterios de calidad final del cacao. Por otro lado, Campos et al. (2025), señalan que la temperatura ideal para una fermentación óptima debe oscilar entre los 32 °C y 60 °C, de no alcanzar esta temperatura dentro de las 48 h, pueden surgir inconvenientes en la fermentación. Para el cumplimiento de los dos últimos criterios, es indispensable que los utensilios que entran en contacto con los granos de cacao estén diseñados para el proceso, de manera que facilite su limpieza, desinfección y mantenimiento, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación (Aguilar, 2016).

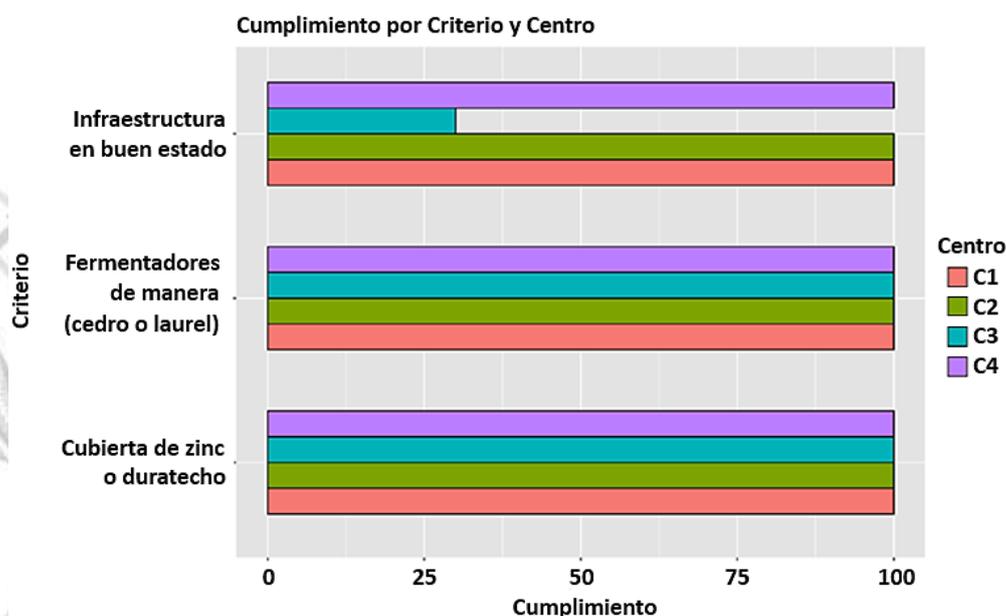


Figura 2. Nivel de cumplimiento de las Condiciones de Infraestructura adecuadas de los centros de acopio.

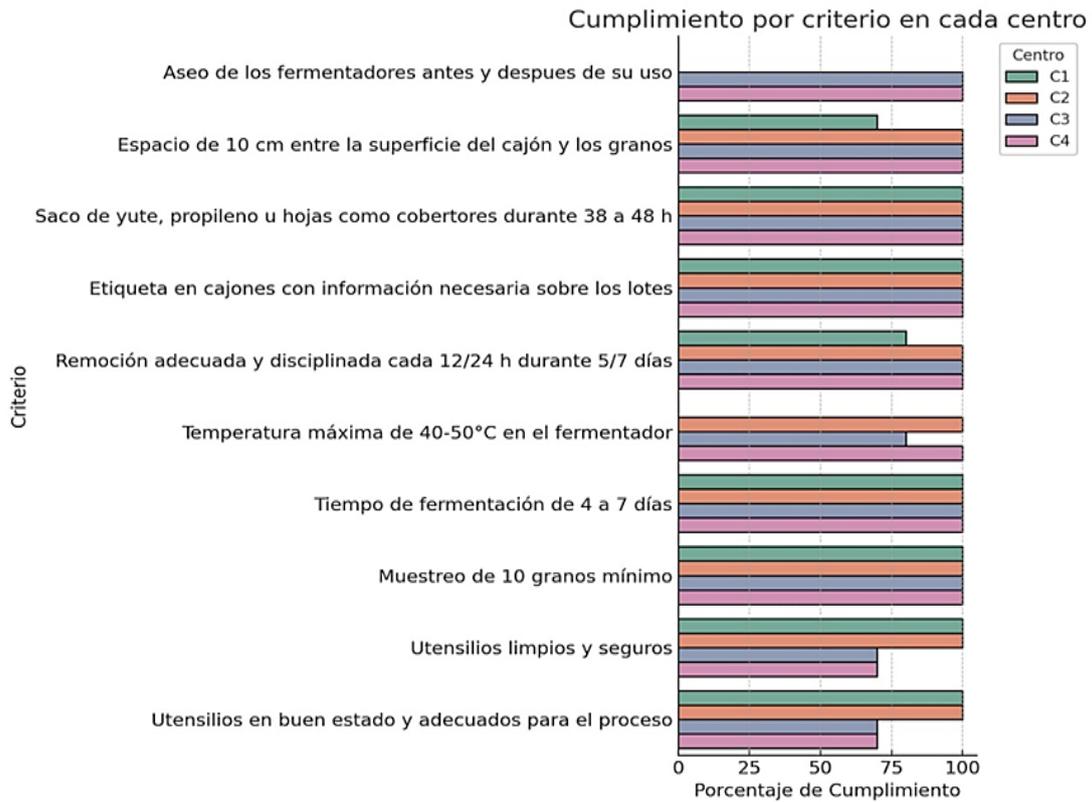


Figura 3. Niveles de cumplimiento de las condiciones adecuadas del proceso de fermentación en los centros de acopio.

Análisis de los niveles de fermentación obtenidos por centro de acopio

Al observar que los datos no siguieron una distribución normal, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, cuyo resultado p-valor = 3,339e-05 indicó que existen diferencias

significativas en el nivel de fermentación entre los diferentes centros de acopio (Figura 4), sugiriendo que las condiciones y prácticas de fermentación varían entre los centros evaluados, lo que puede influir en la calidad final del grano de cacao.

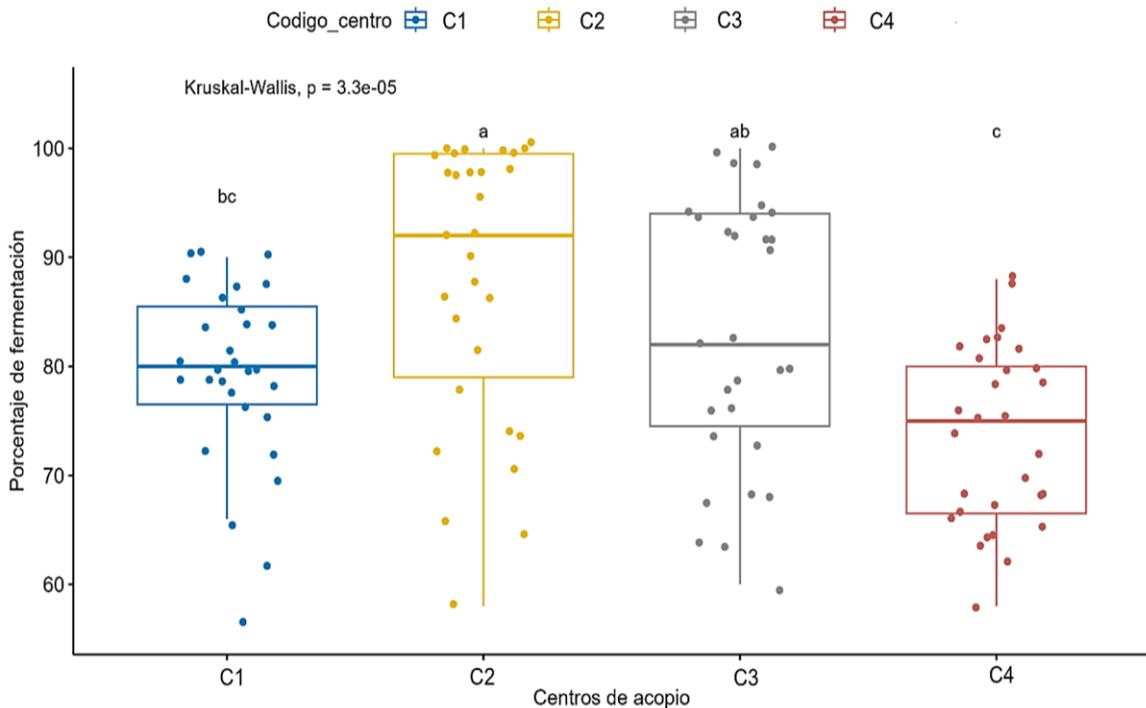


Figura 4. Análisis de Kruskal-Wallis del nivel de fermentación por centros de acopio.

En la Figura 4 se observa que en el C2 muestra un nivel de fermentación significativamente mayor que el C4, mientras que, el C1 no difiere en su significancia con el C3 pero sí con el C2 y C4. Por otro lado, El C2 muestra el nivel de fermentación más alto, con valores cercanos al 100%. El C1 y C3 muestran valores intermedios y, finalmente, el C4 es el que está en el nivel más bajo de fermentación. Además, el C1 presenta mayor dispersión en sus datos.

Estas diferencias pueden explicarse a partir de lo señalado por Subroto et al. (2023), quienes indican que, la fermentación del cacao es un proceso complejo influenciado por múltiples factores, incluyendo las prácticas específicas de cada centro de acopio, así como también las condiciones ambientales y las características inherentes de las variedades de cacao procesadas. En efecto, Sara (2023) afirma que el nivel de fermentación depende en gran medida de la cantidad de masa empleada, ya que una masa insuficiente no logra conservar la temperatura necesaria, lo que afecta la eficacia del proceso. Del mismo modo, Aguirre & Mero (2025) plantean que otro de los aspectos que incide en la calidad de la fermentación es el volteo de los granos, este proceso mejora la aireación y favorece el crecimiento de microorganismos aerobios. Jiménez et al. (2022) enfatizan que un adecuado equilibrio entre las fases anaeróbica y aeróbica de la fermentación es clave para la transformación de azúcares y el incremento de ácido acético en los granos.

Por otra parte, la temperatura se vuelve un factor clave, ya que interviene en la inactivación del embrión, un proceso que desencadena las reacciones enzimáticas en los tejidos del cotiledón,

determinando las características finales de sabor y aroma asociadas al chocolate (Castillejos et al., 2023). Esto concuerda con las diferentes temperaturas que se evidenciaron en el manejo poscosecha de cada centro de acopio. Varios de estos factores y el manejo de cada uno de ellos en cada centro se pueden observar en la Figura 2, por lo que, se puede deducir que el manejo inadecuado de estos tiene influencia en el nivel de fermentación de los granos de cacao.

Asociación y fuerza de relación entre los grados de fermentación y los centros de acopio

En el análisis de esta relación, la prueba de Chi-cuadrado mostró un valor de $2,2e-16$, lo que indicó una asociación significativa entre las dos variables y que la relación entre ambas variables no era aleatoria. En la Figura 5 se evidencia la distribución por grados de fermentación que presentaron las muestras evaluadas de los centros de acopio, tomando como base la NTE INEN 176:2021 para la clasificación de las muestras entre grado 1, 2 y 3, siendo el grado 1 el que refleja mayor cantidad de fermentación y el grado 3 una cantidad de fermentación más baja. El C2 se ubica en primer lugar con una mayor cantidad de muestras clasificadas como grado 1, reflejando un buen manejo en el proceso de fermentación de los granos. Por el contrario, el C4 mostró una menor cantidad de muestras clasificadas en grado 1 y mayor cantidad de muestras ubicadas entre grado 2 y grado 3 en comparación con las muestras de los demás centros que se distribuyen mayormente entre el grado 1. El C2 y el C3 no mostraron mayor diferencia entre la distribución de sus grados de fermentación, sucedidos por el C1 que tampoco mostró diferencias tan marcadas con el C3.

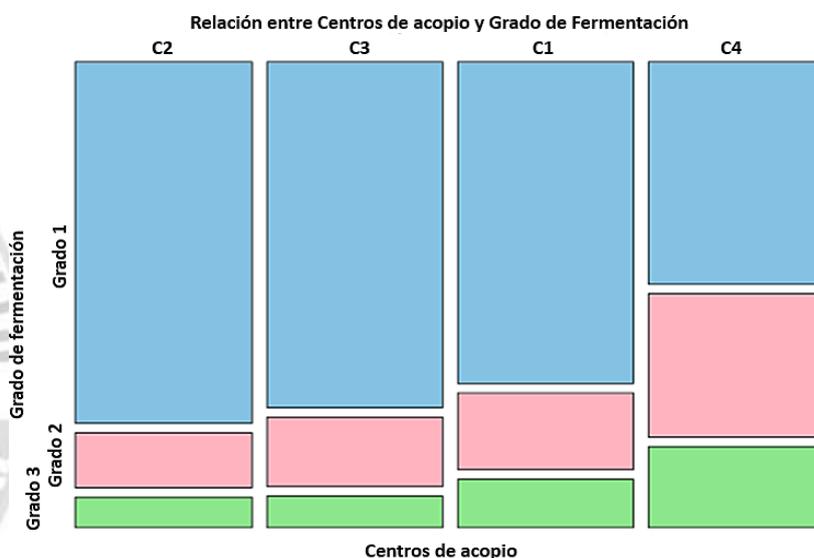


Figura 5. Relación entre las variables "centros de acopio" y "grado de fermentación".

Al analizar la fuerza de asociación de las variables “centros de acopio” y “grado de fermentación” mediante el índice V de Cramer, se observó un valor de 0,188. Este resultado es consistente con lo reportado por Akoglu (2018), quien señala que el V de Cramer es una medida útil para evaluar la fuerza de asociación en tablas de contingencia mayores a 2×2, y que valores cercanos a 0,25 o superiores se consideran indicativos de una relación fuerte y, por el contrario, valores cercanos a 0.1 indican una asociación baja.

Estos resultados señalan que, si bien existe una relación significativa, no es lo suficientemente fuerte como para indicar que uno de estos factores dependa directamente del otro de manera exclusiva.

Pullupaxi (2025) menciona que los diversos procesos y transformaciones químicas en la fermentación están relacionados directamente tanto con las condiciones a las que se expone el proceso de beneficio del cacao como con las condiciones ambientales. Sin embargo, diversos autores sugieren que la calidad del grano de cacao no depende únicamente del manejo poscosecha, sino también de factores edafoclimáticos. Quintero (2019) sostiene que las propiedades químicas y físicas del suelo influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes esenciales, lo que favorece el desarrollo del cultivo y la formación de compuestos responsables del aroma y sabor. De igual forma, Erazo (2025) indica que el clima, el tipo de suelo y la altitud afectan la calidad del cacao, destacando que esta planta requiere temperaturas entre 25 y 27 °C y una humedad relativa del 70% al 80% para desarrollarse adecuadamente. Estos factores demuestran que el entorno natural es determinante en la calidad final del grano.

La madurez de las mazorcas al momento de la cosecha es fundamental. Según Tee et al. (2021) las mazorcas maduras producen granos con mayor contenido de flavonoides, catequinas y fenoles totales, lo que mejora el perfil de sabor y los beneficios para la salud del chocolate.

Por su parte, Subroto et al. (2023) argumenta que la actividad microbiana es fundamental en la formación de compuestos precursores del sabor, pues Cortez et al. (2023) resaltan que la fermentación implica un conjunto de reacciones bioquímicas, enzimáticas y microbiológicas que influyen directamente en el grado de fermentación alcanzado. Haruna et al. (2024) mencionan que un presecado en los granos de cacao entre un

tiempo de 4 a 6 horas y la fermentación durante 6 días pueden resultar en una mejora de la acidificación de los nibs, dando una calidad fermentativa y de sabor final óptimo.

Además del factor de temperatura, también se debe controlar el factor de humedad, pues Medardo et al. (2021) sugiere que la temperatura óptima de fermentación debe permanecer sobre los 45 °C hasta llegar al 3er día a 50 °C y la humedad debe de mantenerse en el 50%.

La variedad del cacao también influye en la fermentación, según lo indica Orbe et al. (2024), pues de acuerdo con su investigación, el cacao Nacional alcanza un índice óptimo de fermentación en menor tiempo que la variedad CCN-51, debido a la diferencia de contenido fenólico y la cantidad de mucilago que poseen, pues las enzimas degradadoras de azúcares y las enzimas de oxidación de polifenoles requieren una tasa de degradación mas alta en la variedad CCN-51.

4. Conclusiones

Las condiciones de infraestructura de los centros de acopio desempeñan un papel clave en el adecuado proceso de fermentación del cacao, asegurando la calidad e inocuidad del grano. Aunque la mayoría de los centros cumplen con los criterios evaluados, se identificaron deficiencias en el estado de la infraestructura y en prácticas esenciales como la limpieza de los cajones de fermentación, la remoción adecuada y el control de temperatura. El análisis mediante la prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas en el nivel de fermentación entre los centros de acopio, en particular, el C2 mostró el nivel de fermentación más alto, mientras que el C4 presentó el más bajo, demostrando la importancia de factores como la cantidad de masa fermentada, el volteo de los granos y el control de temperatura. El análisis de Chi-cuadrado evidenció una asociación significativa entre los centros de acopio y el grado de fermentación del cacao, resaltando al C2 con la mayor cantidad de muestras clasificadas como grado 1 y el C4 con mayor cantidad de muestras distribuidas entre grado 2 y grado 3. Sin embargo, el índice V de Cramer indicó que esta relación no es lo suficientemente fuerte para afirmar que la fermentación depende exclusivamente de los procesos implementados en cada centro. Esto sugiere que otros factores, como las propiedades químicas y físicas del suelo, el clima y la altitud de la zona, la madurez de las mazorcas al momento

de la cosecha y la variedad de cacao, también desempeñan un papel clave en la calidad final del grano.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a los centros de acopio de cacao del cantón Bolívar por brindar las facilidades logísticas esenciales para el desarrollo de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (7), 59-83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Aguilar, H. (2016). *Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao*. (1ra edición). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.
- Aguirre, P., & Mero, J. (2025). *Influencia de la fermentación anaerobia del cacao (Theobroma cacao) en la concentración de compuestos responsables del perfil organoléptico del chocolate*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18, 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Alcívar, K., Quezada, J., Barreuzeta, S., Garzón, V., & Carvajal, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014-2019. *Polo del Conocimiento: Revista Científica - Profesional*, 6(3), 2430-2444. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2522>
- Armuellas, K., & Peñalba, V. (2023). Gestión de la cadena de suministro del cacao: Estado del Arte. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 11(3), 3. <https://doi.org/10.37387/pc.v11i3.364>
- Bravo, K., & Tuárez, D. (2023). *Micro fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) en cajas de madera no convencionales: Impacto en la calidad del licor*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 95 pp.
- Bustamante, P., & Murillo, N. (2023). *Implementación de normas sanitarias y de control en el proceso de fermentación y secado del cacao en un centro de acopio*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
- Campos, S., Martínez, W., dos Reis, G., Oacán, D., dos Santos, G., Rosas, F., Álvarez, B., Sotelo, L., Lima, J., & Soccol, C. (2025). The Role of Microbial Dynamics, Sensorial Compounds, and Producing Regions in Cocoa Fermentation. *Microbiology Research*, 16(4), 75. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16040075>
- Casco, M., Soria, G., Murillo, G., & Murillo, H. (2023). Métodos de fermentación en el cacao con-51 con norma inen 176 en la parroquia Guasaqanda. *Polo del Conocimiento*, 8(6), 613-633. DOI: 10.23857/pc.v8i6
- Castillejos, L., Meza, O., Osorio, G., Jiménez, C., & Gallardo, T. (2023). Identificación de variedad y predicción de la composición química en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) por espectroscopía FT-MIR y quimiometría. *Alimentos*, 12(22), 4144. <https://doi.org/10.3390/foods12224144>
- Cedeño, D., Vera, L., Cedeño, W., & Vélez, S. (2023). Inhibición del crecimiento in vitro de *Bacillus* spp sobre hongos asociados al proceso de fermentación en cacao. *Manglar*, 20(3), 233-238. <https://dx.doi.org/10.57188/manglar.2023.026>
- Celi, K., Chamorro, M., Ballesteros, H., & Barrigas, D. (2024). Beneficios de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) en la industria alimentaria. *Tierra Infinita*, 10, 131-142. <https://doi.org/10.32645/26028131.1310>
- Cortez, D., Quispe, L., Mestanza, M., Oliva, M., Yoplac, I., Torres, C., & Chavez, S. G. (2023). Changes in bioactive compounds during fermentation of cocoa (*Theobroma cacao*) harvested in Amazonas-Peru. *Current Research in Food Science*, 6, 100494. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100494>
- Chávez, A., Encina, C., Muñoz, V., Guevara, A., & Viddaurre, P. (2023). Condiciones de fermentación y secado en las características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) Cultivar CCN 51. *Rev. Agrotec. Amaz.*, 3(2), e555. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.555>
- Chóez, I., Maridueña, M., Quevedo, A., Quijano, M., Manzano, P., & Cevallos, J. (2024). Changes in GC-MS metabolite profile, antioxidant capacity and anthocyanins content during fermentation of fine-flavor cacao beans from Ecuador. *PLoS ONE*, 19(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298909>
- Díaz, C., Van de Voorde, D., Tuentler, E., Lemarcq, V., Van de Walle, D., Maio, S., Mencía, A., Hernandez, E., Comasio, A., Sioriki, E., Weckx, S., Pieters, L., Dewettinck, K., & De Vuyst, L. (2022). An in-depth multiphasic analysis of the chocolate production chain, from bean to bar, demonstrates the superiority of *Saccharomyces cerevisiae* over *Hanseniaspora opuntiae* as functional starter culture during cocoa fermentation. *Food Microbiology*, 109, 104115. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104115>
- Díaz, J., Minchala, R., & Faytong, M. (2025). Risk perception and management strategies among Ecuadorian cocoa farmers: A comprehensive analysis of attitudes and decisions. *Agriculture*, 158, 843. <https://doi.org/10.3390/agriculture15080843>
- Erdfelder, E., Faul, F., & Buchner, A. (1996). Gpower: A general power analysis. *Behav Res Met Instrumen Comput*, 28, 1-11.
- Erazo, C. (2019). *Diseño de un fermentador y secador solar piloto para dos variedades de cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón El Empalme provincia Guayas*. [Tesis de grado, Universidad Internacional SEK].
- Erazo, C. (2025). *Influencia del procesado sobre el perfil volátil y su impacto en la calidad de variedades comerciales de cacao (Theobroma cacao L.) procedentes de Ecuador*. [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba].
- García, P., Núñez, J. & Bahamón, F. (2021). Características fisicoquímicas y sensoriales de almendras de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) con adición de probióticos en el centro de investigaciones amazónicas, Cimaz Macagual (Caquetá, Colombia). *Ingeniería y Competitividad*, 23(2), e21210885. <https://doi.org/10.25100/IYC.V23i2.10885>
- García, E., Ochoa, A., Montalvo, C., Ordoñez, G., & Londoño, L. (2022). Sucesión microbiana durante la fermentación espontánea de cacao en unidades productivas. *Ciencia en desarrollo*, 12(2), 21-30. <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.12242>
- González, F., García, G., Polanía, P., López, L., & Suárez, J. (2024). Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon. *PLoS ONE*, 19(10), e0306680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306680>
- Hablich, C., & Sánchez, J. (2024). *Análisis de la producción y comercialización del cacao en el cantón Milagro*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Haruna, L., Abano, E., Teye, E., Tukawarba, I., Yeboah, W., Agyei, K. & Lukeman, M. (2024). Effects of predrying and spontaneous fermentation treatments on nib acidification, fermentation quality, and flavour attributes of Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao*) Beans. *International Journal of Food Science*, 2024, 15. <https://doi.org/10.1155/2024/5198607>
- Jimenez, F., & Pizango, G. (2023). Sistema inteligente basado en deep learning para la optimización de la fermentación del cacao. *Revista Amazonia Digital*, 2(1), 277. <https://doi.org/10.55873/rad.v2i1.277>
- Llano, S., Vaillant, F., Santander, M., Zorro, A., Gonzáles, C., Maraval, I., & Escobar, S. (2024). Exploring the impact of fermentation time and climate on quality of cocoa bean-derived chocolate: Sensorial profile and volatile analysis. *Foods*, 13(16), 2614. <https://doi.org/10.3390/foods13162614>
- Loret de Mola, A. (2024). *Desarrollo de un proceso para garantizar la inocuidad y conservación de propiedades nutricionales de los nibs de cacao crudos*. [Tesis, Univ. San Ignacio de Loyola].
- Medardo, A., Nicasio, J., & Rodríguez, I. (2021). FETENSECA: Alternativa para mejorar la calidad sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar CCN-51. *Manglar*, 18(4), 411-417. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.053>
- NTE INEN. (2021). *Granos de cacao. Requisitos*. (176). AgroCalidad. Ecuador.
- Orbe, M., Manosalvas, A., Mosquera, P., & Samaniego, I. (2024). Effect of fermentation parameters on the antioxidant activity of

- Ecuadorian cocoa (*Theobroma cacao*). *AIMS Agriculture and Food*, 9(3), 872-886. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2024047>
- Ortiz, K., & Guilcapi, M. (2020). *Manual de procesos de centros de acopio de cacao*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. [Manual_cacao_2021.pdf](https://doi.org/10.3934/agrfood.2024047) (proamazonia.org)
- Paredes, D., & Andrade, J. (2025). Análisis técnico del proceso de producción de cacao seco a partir de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en productores asociados a la Cooperativa ASOPCARI en el municipio de Granada, Meta. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Permata, A., & Hidayah, N. (2024). Analysis of the effect of fermentation duration on the organoleptic properties of dried cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) at Nglanggeran Agricultural Technology Park. *Journal Of Halal Science and Research*, 5(2), 182-190. <https://doi.org/10.12928/jhsr.v5i2.9957>
- Pullupaxi, D. (2025). *Métodos de fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) CCN 51 para el mejoramiento de los perfiles físico-químicos y sensoriales del chocolate*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Quintero, J., Murcia, V., Caviades, J., & Guzmán, K. (2019). Desafíos tecnológicos para el mejoramiento de la trazabilidad de Cacao (*Theobroma cacao* L.): revisión literaria. *Servicio Nacional de Aprendizaje*. <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.8>
- Rosales, S., García, L., Pérez, G., Contreras, E., Pérez, E., & García, C. (2024). Influencia de la fermentación del cacao y del uso de cultivos iniciadores sobre las características organolépticas del chocolate: un análisis integral. *PÁDI Boletín Científico de Ciencias Básicas E Ingenierías del ICBI*, 12(23), 31-43. <https://doi.org/10.29057/ici.v12i23.12047>
- Ruiz, F., Márquez, F., García, P., Carrera, A., Ramírez, C., Ocaranza, E., & Jiménez, D. (2024). Physicochemical and Biochemical Changes in Cocoa during the Fermentation Step. *Fermentation*, 10(405), 405. <https://doi.org/10.3390/fermentation10080405>
- Sara, D. (2023). Estudio fenotípico de las levaduras presentes en la fermentación de los granos de cacao forastero proveniente de la localidad de Caño Rico, estado Miranda, Venezuela. *Educab*, 80-90.
- Streule, S., Freimüller, S., Galler, M. & Miescher, S. (2022). Monitoring of cocoa post-harvest process practices on a small-farm level at five locations in Ecuador. *Heliyon*, 8, e09628. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09628>
- Subroto, E., Djali, M., Indiaro, R., Lembong, E., & Baiti, N. (2023). Microbiological Activity Affects Post-Harvest Quality of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Beans. *Horticulturae*, 9(7), 805. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070805>
- Yépez, D. (2024). *Proyecto para la implementación de un centro de acopio de cacao en el cantón Patricia Pilar, provincia de Santo Domingo*. [Tesis de maestría, Universidad del Azuay].
- Tee, Y. K., Bariah, K., Hisyam Zainudin, B., Samuel Yap, K. C., & Ong, N. G. (2022). Impacts of cocoa pod maturity at harvest and bean fermentation period on the production of chocolate with potential health benefits. *Journal of the science of food and agriculture*, 102(4), 1576–1585. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1149>

