

Artículo

# Optimización de la fermentación de cacao mediante el uso de extractos naturales

## *Post-harvest management in cocoa, implemented three drying methods*

Bruno Gabriel Hurtado Macias <sup>1,\*</sup>, Kerly Estefanía Alvarado Vásquez <sup>2</sup>, Marco Antonio Hurtado Orellana <sup>3</sup> y Mario Gabriel Macias Yela <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0003-7856-4551>

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, M5600APG, Argentina, Mendoza; <https://orcid.org/0000-0003-0494-7085>; [kalvarado6940@utm.edu.ec](mailto:kalvarado6940@utm.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de posgrado, Quevedo, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0003-3975-7003>; [maho@gmail.com](mailto:maho@gmail.com)

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador - Quevedo.; <https://orcid.org/0009-0004-9535-8343>; [macias@fianecuador.org.ec](mailto:macias@fianecuador.org.ec)

\* Correspondencia: [bhurtadom2@uteq.edu.ec](mailto:bhurtadom2@uteq.edu.ec)

**Cita:** Hurtado Macias, B. G., Alvarado Vásquez, K. E., Hurtado Orellana, M. A., & Macias Yela, M. G. (2025). Optimización de la fermentación de cacao mediante el uso de extractos naturales. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(4), 111-129. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n4/88>

**Recibido:** 25/10/2025

**Revisado:** 29/11/2025

**Aceptado:** 03/12/2025

**Publicado:** 04/12/2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n4/88>

**Resumen:** El cacao es un producto de alto valor agrícola cuya calidad final depende directamente de la correcta transformación poscosecha, especialmente de la fermentación, etapa clave en el desarrollo del aroma y sabor característicos. En este contexto, la investigación tuvo como propósito determinar cómo distintas concentraciones de extracto de uva influyen en el proceso fermentativo del cacao y en la calidad del grano obtenido. Se aplicó un diseño completamente al azar y se emplearon análisis estadísticos basados en ANOVA complementado con la prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Se evaluaron parámetros de temperatura, pH, contenido de sólidos solubles, características morfológicas de las mazorcas y atributos sensoriales del producto final. Los resultados mostraron que la materia prima utilizada fue uniforme; que el extracto de uva al 10 % promovió un incremento térmico mayor, una reducción más rápida de los sólidos solubles y un ascenso sostenido del pH; y que este mismo tratamiento fue el mejor valorado en la evaluación sensorial. Con base en estos hallazgos, se concluye que el extracto de uva favorece un proceso fermentativo más activo y genera granos con mejores cualidades organolépticas. Se recomienda su uso al 10 % como insumo natural para mejorar la fermentación en unidades productoras de cacao.

**Palabras clave:** cacao; extracto de uva; fermentación; calidad sensorial; análisis estadístico.

**Abstract:** Cocoa is a product of high agricultural value whose final quality depends directly on the correct post-harvest transformation, especially fermentation, a key stage in the development of the characteristic aroma and flavor. In this context, the research aimed to determine how different concentrations of grape extract influence the fermentation process of cocoa and the quality of the bean obtained. A completely randomized design was applied and statistical analyses based on ANOVA supplemented with Tukey's test were used to identify significant differences between treatments. Parameters of temperature, pH, soluble solids content, morphological characteristics of the cobs and sensory attributes of the final product were evaluated. The results showed that the raw material used was uniform; whereas 10 % grape extract promoted a higher thermal increase, a faster reduction in soluble solids and a sustained rise in pH; and that this same treatment was the best valued in the sensory evaluation. Based on these findings, it is concluded that grape extract favors a more active fermentative process and generates beans with better organoleptic qualities. It is recommended to use 10% as a natural input to improve fermentation in cocoa-producing units.

**Keywords:** cocoa; grape extract; fermentation; sensory quality; statistical analysis.

## 1. Introducción

El cacao es un cultivo de gran relevancia económica y agroalimentaria en Ecuador, especialmente en la provincia de Los Ríos, donde la producción ha mostrado una tendencia creciente en los últimos años. Entre 2015 y 2018 se registró un incremento significativo, con valores que pasaron de 36.185 Tn a 70.374 Tn, evidenciando la importancia del cultivo para pequeños y medianos productores, quienes comercializan principalmente cacao en baba o semiseco. Sin embargo, los márgenes de ganancia continúan siendo reducidos para el agricultor, situación que se refleja en promedios de retorno que apenas alcanzan el 7 %, según estudios económicos locales (Abad et al., 2019).

A nivel nacional, alrededor de 475.000 hectáreas se destinan al cacao; una parte importante corresponde a huertas antiguas formadas por materiales seleccionados empíricamente por los agricultores a partir de árboles productivos y tolerantes a enfermedades (Ormaza et al., 2025). Estos materiales incluyen combinaciones de Nacional con genotipos ICS y amazónicos, además de híbridos y clones recomendados por el INIAP. Entre ellos, el clon CCN-51 ocupa una superficie estimada de 150.000 hectáreas, consolidándose como una opción altamente productiva para los sistemas de cultivo actuales (Chango et al., 2025).

La fermentación es una etapa determinante en la calidad final del cacao, pues durante este proceso se desarrollan los precursores del aroma y sabor característicos del chocolate (Vera et al., 2018). Estudios recientes han demostrado que el método de fermentación influye directamente en la temperatura interna de la masa, la composición microbiana y, en consecuencia, en la formación de compuestos sensoriales (Gaona et

al., 2023). Mientras las cajas de madera o los sistemas rotatorios alcanzan temperaturas superiores a 36 °C favoreciendo una fermentación más activa, los recipientes plásticos suelen mostrar menor eficiencia térmica y bioquímica.

En este estudio se introdujo extracto de uva como fuente de compuestos fenólicos para modular la dinámica fermentativa. El aporte de flavanoles y ácidos fenólicos tiene el potencial de interferir positivamente en las reacciones enzimáticas —especialmente aquellas catalizadas por polifenol oxidasa— que participan en el color, la astringencia y el desarrollo del perfil aromático (Alvarado et al., 2022). Además, el extracto puede actuar como modulador antioxidante, amortiguando oxidaciones excesivas y favoreciendo la preservación de moléculas bioactivas propias del grano (Batallas et al., 2021). Su incorporación también podría interactuar con la microbiota ácido-láctica y acética, influyendo en la producción o neutralización de ácidos orgánicos durante el proceso.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar procesos de fermentación más eficientes y sostenibles que permitan conservar o potenciar los compuestos bioactivos del cacao, reduciendo al mismo tiempo las pérdidas de calidad asociadas a fermentaciones irregulares. Los extractos naturales, como el de uva, representan una alternativa biotecnológica viable para modular la actividad microbiana y las reacciones enzimáticas durante la fermentación, promoviendo la formación equilibrada de precursores de sabor y aroma. Por consiguiente, el objetivo general de esta investigación es evaluar el efecto del uso de extractos naturales, específicamente el extracto polifenólico de uva, en la optimización del proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.), con el propósito de mejorar la calidad sensorial, fisicoquímica y antioxidante de los granos fermentados, contribuyendo así al desarrollo de productos derivados de mayor valor agregado y con características organolépticas superiores.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1 Ubicación de la investigación**

La presente investigación se llevó a cabo en la finca “La Ramada”, localizada en la provincia de Los Ríos, cuyas coordenadas geográficas corresponden a 665634.73 m E y 9893531.53 m S. El estudio se orientó a analizar con rigor científico las propiedades y fenómenos que intervienen durante la fase de poscosecha del cacao, describiendo sus principales características y los procesos implicados en la fermentación y manejo del grano.

### **2.2 Método estadístico**

Para el procesamiento y análisis de los datos experimentales se empleó el programa estadístico InfoStat, herramienta que permitió garantizar la veracidad y fiabilidad de los resultados mediante la recopilación, organización y procesamiento de las variables evaluadas durante los diferentes días de observación. La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, con el propósito de comparar los efectos de distintos factores y tratamientos aplicados a los granos de cacao, determinando su influencia sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales del producto final (Vera & Vera, 2018).

El diseño experimental utilizado correspondió a un Diseño Completamente al Azar (DCA) bifactorial, conformado por seis tratamientos y tres repeticiones, para un total de dieciocho unidades experimentales. El primer factor correspondió al método de fermentación, utilizando dos modalidades: cajas de madera tipo Rohan y gavetas plásticas; mientras que el segundo factor estuvo representado por la adición de extracto de uva en tres niveles de concentración: 0%, 5% y 10%.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA), con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el diseño experimental planteado. Posteriormente, las medias se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey al nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ , utilizando para ello el software estadístico InfoStat de licencia libre.

**Tabla 1.**

Esquema del ANDEVA

F. V		G. I
<b>Tratamiento</b>	axb-1	5
<b>Factor A</b>	(a-1)	1
<b>Factor B</b>	(b-1)	1
<b>Int. AxB</b>	(a-1) (b-1)	2
<b>E. Experimental</b>	axb (r-1)	12
<b>Total</b>	axb(r-1)	17

*Nota:* F. V = Fuentes de variación; G. I = Grados de libertad; a = niveles del Factor A; b = niveles del Factor B; r = número de repeticiones; axb = total de tratamientos; Int. AxB = interacción A × B; E. Experimental = Error experimental. Se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA) con una diferencia entre medias mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey a una probabilidad de  $p \leq 0,05$ , utilizando el programa estadístico InfoStat.

**Tabla 2.**

Factores y niveles en estudio

Factor A		Factor B	
Método de fermentación		Extracto de uvas	
<b>a0</b>	Rohan	<b>b0</b>	0%
<b>a1</b>	Gavetas	<b>b1</b>	5%
		<b>B2</b>	10%

*Nota:* a0 y a1 = niveles del Factor A (método de fermentación: Rohan y gavetas plásticas, respectivamente); b0, b1 y b2 = niveles del Factor B (porcentaje de extracto de uva: 0%, 5% y 10%, respectivamente). El diseño bifactorial se estructuró considerando dos métodos de fermentación y tres niveles de concentración del extracto de uva, con el fin de evaluar su efecto combinado sobre las variables fisicoquímicas y sensoriales del cacao fermentado.

**Tabla 3.**

Arreglo de tratamientos

Número	Código	Descripción
1	T1 a0b0c0	Fermentación de cajas Rohan sin extracto

2	T2 a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	Fermentación de cajas Rohan con extracto 5%
3	T3 a <sub>2</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	Fermentación de cajas Rohan con extracto al 10%
4	T4 a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	Fermentación en gaveta sin extracto
5	T5 a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Fermentación en gaveta con extracto 5%
6	T6 a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Fermentación en gavetas con extracto al 10%

*Nota:* Cada tratamiento representó una combinación entre el método de fermentación y el nivel de extracto de uva empleado, con tres repeticiones por tratamiento, para un total de 18 unidades experimentales.

## 2.3 Variables estudiadas

### 2.3.1 Morfología de las mazorcas de cacao

Durante la fase de poscosecha, las mazorcas de cacao fueron recolectadas manualmente en la finca “La Ramada”. En esta etapa se evaluaron las características morfológicas de los frutos, considerando variables como peso total de la mazorca, longitud, diámetro, peso de la cáscara, peso de las almendras y número total de semillas.

El peso de la mazorca se determinó mediante el promedio obtenido del conjunto de frutos cosechados, dividiendo el peso total entre el número de mazorcas analizadas (Bidot et al., 2021). La longitud se midió desde la base del pedúnculo hasta el ápice del fruto con una regleta graduada, mientras que la circunferencia se obtuvo mediante un corte longitudinal, registrando las dimensiones con una regla (Roser et al., 2021). El peso de la cáscara permitió estimar el porcentaje de residuo generado tras la extracción de las almendras, dato que debía coincidir con el peso inicial del fruto. Finalmente, el número de almendras se determinó mediante un corte transversal del fruto, extrayendo y contabilizando las semillas de forma inmediata (Andrade et al., 2019).

### 2.3.2 Características iniciales

En la etapa de fermentación, la masa fresca de cacao se dispuso en una caja microfermentadora de 24 celdas (125 × 75 × 10 cm), cada una con capacidad de 2 kg, utilizando un total de 36 kg de masa fresca, distribuidos de acuerdo con los tratamientos establecidos. Los testigos se fermentaron directamente en la caja, mientras que las muestras tratadas se mantuvieron en bolsas de polietileno. El proceso tuvo una duración de cuatro días, durante los cuales se monitorearon tres variables principales: temperatura, pH y grados Brix (Boronat & López, 2011).

### 2.3.3 Control fermentativo

El pH se determinó utilizando 10 gramos de almendras trituradas, a las que se añadieron 10 mL de agua destilada; la medición se efectuó con un potenciómetro (Abru et al., 2017). Los grados Brix se registraron diariamente tomando 5 gramos de almendras al azar, diluidas en igual cantidad de agua destilada a 40 °C; se colocaron dos gotas de la solución en un refractómetro y, tras un minuto de reposo, se realizó la lectura correspondiente. La temperatura se midió mediante un termómetro de punzón, procurando que no superara los 50 °C durante la fermentación (Vera et al., 2021).

Posterior al proceso fermentativo, las almendras se almacenaron en bolsas de papel, en un ambiente fresco y libre de humedad excesiva, a fin de preservar su integridad física (Iniasta, 2016).

## Evaluación de la calidad física de las almendras

Se consideraron diversas variables complementarias. El índice de mazorca se calculó a partir del número de frutos necesarios para obtener un kilogramo de cacao seco, mediante la relación entre el número de mazorcas y el peso en gramos de las almendras secas, multiplicado por 1000 (Sánchez et al., 2024). El índice de semilla, por su parte, se obtuvo pesando cien granos de cacao fermentados y secos al azar, de acuerdo con la fórmula propuesta por (Solórzano et al., 2016).

**Ecuación 1.** Índice de mazorca

$$IM = \frac{\text{Número de mazorcas}}{\text{peso en gramos de las almendras secas}} \times 1000$$

**Ecuación 2.** Índice de semilla

$$IS = \frac{\text{Peso}(g)100 \text{ semillas}}{100}$$

Asimismo, se determinó el porcentaje de testa y cotiledón, utilizando 30 gramos de almendras secas y fermentadas, según la relación entre el peso de la testa y el peso total de la muestra (Sánchez Arizo et al., 2019). La prueba de corte consistió en seccionar transversalmente 100 granos seleccionados al azar, para clasificarlos visualmente según su nivel de fermentación (bien fermentados, medianamente fermentados, violetas o pizarras), siguiendo los lineamientos de las Normas INEN 176 y 177 (INEN, 2021).

**Ecuación 3.** Determinación de testa y cotiledón.

$$\% \text{ de testa} = \frac{(\text{Peso de la testa})}{\text{Peso de 30 gramos de cacao}} \times 100$$

Además, se evaluó el volumen de almendras por cada 100 gramos, registrando el número de granos necesarios para alcanzar dicho peso (Sánchez et al., 2024).

Finalmente, se realizó un análisis sensorial de las barras de chocolate elaboradas con cacao fermentado mediante la adición de extracto de uva, con el fin de identificar posibles variaciones en las características organolépticas. La evaluación fue realizada por un panel conformado por cinco jueces semientrenados, quienes analizaron muestras de 20 gramos de chocolate por persona. Los atributos considerados incluyeron:

- Generalidades: aroma, acidez, amargor, astringencia, sabor, post gusto.
- Sabores: cacao, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas, floral, especias.
- Defecto: mohoso, contaminantes, crudo, tierra, descomposición.
- Específicos: floral, frutal, dulzor, nuez.
- Escala de intensidad: ausente, apenas detectable, caracteriza la muestra, dominante, extremo.
- Escala de calidad: pésimo, malo, regular, bueno, excelente, muy excelente.

### 3. Resultados

#### 3.1 Variable morfológica de la mazorca

La Tabla 4 presenta los valores promedio de las variables morfológicas de mazorcas de cacao tomadas al azar en los diferentes tratamientos evaluados. Las variables consideradas fueron largo y ancho de mazorca (cm), peso total (g), peso de cáscara (g), número de almendras y peso de almendras (g). Los resultados muestran que no se evidencian diferencias estadísticas significativas (letras iguales) entre los tratamientos para la mayoría de las variables, lo que sugiere una homogeneidad inicial de las mazorcas seleccionadas.

El largo de las mazorcas varió entre 23,83 y 26,33 cm, con el valor más alto en el tratamiento T5. El ancho osciló entre 8,83 y 10,17 cm, siendo ligeramente mayor en T3.

En cuanto al peso total, los valores fluctuaron entre 912,00 y 1043,33 g, destacando nuevamente T3 como el tratamiento con mazorcas de mayor peso promedio. El peso de la cáscara se ubicó entre 610,00 y 769,33 g, mientras que el número de almendras varió de 43,33 a 56,67 unidades, siendo T2 el que registró el mayor valor. Finalmente, el peso de almendras presentó un rango de 258,00 a 297,33 g, con T2 también como el tratamiento más destacado.

El coeficiente de variación (CV) osciló entre 4,79 % y 12,86 %, lo que indica una variabilidad baja a moderada dentro de las muestras. Estos resultados confirman que las mazorcas fueron seleccionadas de manera representativa y sin sesgos significativos entre tratamientos.

**Tabla 4.**

Efectos iniciales de las mazorcas tomadas al azar para los diferentes tratamientos de estudio (Variables morfológicas)

Tratamientos	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso Total (g)	Peso Cáscara (g)	Número de almendras	Peso de Almendras (g)
T1	25,0	9,5	912,0	654,0	48,6	258,0
T2	24,6	9,3	921,6	723,0	56,6	297,3
T3	24,3	10,1	1043,3	769,3	53,0	274,0
T4	24,3	8,8	913,3	610,0	49,6	263,3
T5	26,3	9,5	984,0	722,7	43,3	261,3
T6	23,8	9,6	988,7	723,7	47,0	267,0
EEM ±	0,68	0,46	71,34	44,87	2,50	18,72
CV	4,79	8,41	12,86	11,1	8,70	12,00

#### 3.2 Temperatura

La Tabla 5 presenta los valores promedio de temperatura registrados durante los diferentes días de fermentación en los tratamientos evaluados. Se observa que, en general, los valores de temperatura aumentaron progresivamente conforme avanzó el proceso, alcanzando los picos más altos hacia el tercer día de fermentación. Los

tratamientos con adición de extracto de uva mostraron una tendencia a alcanzar mayores temperaturas en comparación con los testigos sin extracto, evidenciando una mayor actividad microbiana asociada al contenido de azúcares y compuestos fenólicos aportados por el extracto.

Los valores iniciales oscilaron entre 27,00 °C y 29,00 °C, manteniendo un comportamiento homogéneo entre tratamientos. En el segundo día de fermentación se observaron diferencias significativas (letras distintas), destacando el tratamiento Rohan 10 % con 45,00 °C como el valor máximo. En el tercer día, las temperaturas variaron entre 41,33 °C y 48,67 °C, donde nuevamente los tratamientos con extracto al 10 % alcanzaron los mayores promedios. Estos resultados reflejan un incremento sostenido de temperatura a medida que avanza la fermentación, con un comportamiento más activo en los tratamientos que incorporaron extracto natural.

El coeficiente de variación (CV) mostró valores bajos en las primeras lecturas (inferiores al 5 %) y moderados hacia el final del proceso, lo que sugiere una adecuada consistencia de los datos y un control experimental aceptable. En general, los valores de temperatura registrados se encuentran dentro del rango óptimo para la fermentación de cacao (35 °C – 50 °C), garantizando un desarrollo adecuado de la microbiota fermentativa y una evolución favorable del proceso.

**Tabla 5.**

Temperatura registrada durante el proceso de fermentación

Método	Extracto%	Temperatura 0	Temperatura1	Temperatura2	Temperatura3
Rohan	0	28,0 B	34,0 D	40,0 D	41,3 B
Gavetas	5	27,3 C	35,3 C	42,0 C	47,0 A
Rohan	10	29,0 A	39,0 A	45,0 A	48,3 A
Gavetas	0	27,0 C	32,6 E	38,3 E	42,0 B
Rohan	5	28,0 B	37,0 B	43,3 B	46,3 A
Gavetas	10	28,0 B	37,3 B	44,0 B	48,6 A
<b>EEM ±</b>		0,14	0,24	0,19	0,86
<b>Método</b>		<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	0,4445
<b>Probabilidad</b>	<b>Extracto</b>	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *
<b>Método*Extracto</b>		0,3966	0,7230	0,2621	0,9754

### 3.3 Brix

La Tabla 6 muestra los valores promedio de grados Brix durante la fermentación del cacao en los diferentes tratamientos. Se observa una disminución progresiva en los valores de Brix conforme avanzan los días, lo cual es indicativo del consumo de azúcares presentes en la pulpa por parte de los microorganismos responsables de la fermentación. En general, los tratamientos con adición de extracto presentaron una reducción más acelerada, lo que sugiere una mayor intensidad fermentativa.

Los valores iniciales fluctuaron entre 19,00 °Bx y 21,00 °Bx, sin diferencias significativas entre tratamientos. Al segundo día, las diferencias se hicieron más evidentes, siendo el tratamiento Rohan 10 % el que presentó una mayor disminución, con 9,33 °Bx, en comparación con el testigo Rohan 0 %, que mantuvo 13,33 °Bx. En el tercer día, los

valores oscilaron entre 6,67 °Bx y 11,33 °Bx, con las menores lecturas en los tratamientos con extracto 10 %. Esta tendencia confirma una fermentación más activa y eficiente en presencia del extracto de uva, probablemente por la disponibilidad adicional de compuestos fermentables.

El coeficiente de variación (CV) se mantuvo entre 3 % y 7 %, evidenciando uniformidad en las mediciones y consistencia en el comportamiento de los tratamientos. La disminución sostenida de Brix durante la fermentación respalda la adecuada evolución del proceso, siendo un indicador claro del metabolismo microbiano y de la transformación de los azúcares en metabolitos volátiles y etanol.

**Tabla 6.**

Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en almendras según los tratamientos.

Método	Extracto %	Brix0		Brix1		Brix2		Brix3	
Rohan	0	20,67	AB	17,33	A	13,33	A	11,33	A
Gavetas	5	21,00	A	11,00	C	9,00	B	7,33	B
Rohan	10	20,67	AB	12,67	BC	9,33	B	6,67	B
Gavetas	0	19,00	B	14,67	AB	12,00	A	11,00	A
Rohan	5	20,00	AB	12,67	BC	10,00	B	8,33	B
Gavetas	10	20,00	AB	10,00	C	8,67	B	7,33	B
<b>EEM ±</b>		0,38		0,76		0,41		0,38	
<b>Método</b>		0,1827		0,0027		0,0111		0,493	
<b>Probabilidad</b>	<b>Extracto</b>	0,2374		<0,0001 *		<0,0001 *		<0,0001 *	
<b>Método*Extracto</b>		0,0147		0,7531		0,7230		0,1352	

### 3.4 pH

La Tabla 7 presenta los valores promedio de pH registrados durante la fermentación de los granos de cacao en los distintos tratamientos. En todos los casos, se observa un incremento gradual del pH a medida que avanza la fermentación, lo que refleja la neutralización progresiva de los ácidos orgánicos producidos en las primeras etapas del proceso. Los tratamientos que incorporaron extracto de uva mostraron valores de pH más elevados al final de la fermentación, indicando una mayor capacidad de amortiguamiento en el medio.

Los valores iniciales de pH fueron homogéneos entre tratamientos, con un rango de 3,21 a 3,23 sin diferencias estadísticas. En el segundo día, los tratamientos con extracto 10 % presentaron un aumento significativo, alcanzando valores de hasta 4,87 en Rohan 10 %. Al tercer día, los promedios oscilaron entre 3,28 y 5,57, siendo los tratamientos con extracto 10 % los de mayor incremento. Este comportamiento sugiere una fermentación más completa y estable, posiblemente debido al efecto modulador del extracto sobre la microbiota ácido-láctica y acética.

El coeficiente de variación (CV) presentó valores inferiores al 10 %, lo cual indica una buena precisión experimental. El aumento de pH registrado confirma una adecuada dinámica fermentativa, en la que los ácidos generados son progresivamente degradados o neutralizados, contribuyendo al desarrollo de las características sensoriales y químicas propias del cacao fermentado.

**Tabla 7.**

pH registrado durante el proceso de fermentación

Método	Extracto %	pH0		pH1		pH2		pH3	
Rohan	0	3,22	A	3,23	C	3,24	C	3,28	C
Gavetas	5	3,23	A	4,05	B	4,14	B	5,37	A
Rohan	10	3,22	A	4,18	B	4,87	A	5,26	A
Gavetas	0	3,21	A	3,25	C	3,27	C	3,28	C
Rohan	5	3,21	A	3,93	B	4,02	B	4,34	B
Gavetas	10	3,22	A	4,83	A	5,09	A	5,57	A
<b>EEM ±</b>		0,02		0,06		0,10		0,12	
<b>Probabilidad</b>									
	<b>Método</b>	0,7622		0,0002		0,172		0,0006	
	<b>Extracto</b>	0,9311		<0,0001 *		<0,0001 *		<0,0001 *	
	<b>Método*Extracto</b>	0,6449		0,0004		0,6488		0,0033	

### 3.5 Evaluación de la calidad física de las almendras

La Tabla 8 muestra los valores obtenidos en la evaluación de la calidad física de las almendras de cacao sometidas a diferentes métodos de fermentación y niveles de extracto de uva. En términos generales, se observa que las variaciones en el porcentaje de testa, cotiledón y los diferentes índices de clasificación de granos presentan respuestas diferenciadas según el tratamiento aplicado, evidenciando la influencia del extracto y, en algunos casos, del método de fermentación.

Los valores del índice de semilla (IS) variaron entre 1,13 y 1,44, sin evidenciar efectos significativos del método ( $p = 0,0529$ ), pero con diferencias marcadas por el nivel de extracto ( $p = 0,0007$ ). Los mayores valores se registraron en el tratamiento Gavetas 5 %, mientras que los menores correspondieron al método Rohan sin extracto. En cuanto al porcentaje de testa y cotiledón, se observa un efecto altamente significativo del extracto ( $p < 0,0001$ ), donde los tratamientos con 10 % presentaron menor proporción de testa y mayor proporción de cotiledón, lo cual está asociado a una madurez fisiológica más uniforme.

Respecto a la clasificación de los granos, los porcentajes de granos fermentados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacándose Rohan 10 % y Rohan 5 %, con valores superiores al 99 %. Por otro lado, los granos violetas y pizarras exhibieron reducciones notables en los tratamientos con 10 % de extracto, indicando una fermentación más completa. El método no influyó de manera significativa en estas variables, pero el extracto sí presentó efectos marcados ( $p < 0,0001$ ). Asimismo, la interacción Método  $\times$  Extracto fue significativa únicamente para el porcentaje de granos pizarras, donde los tratamientos con 10 % de extracto mostraron los valores más bajos.

**Tabla 8**

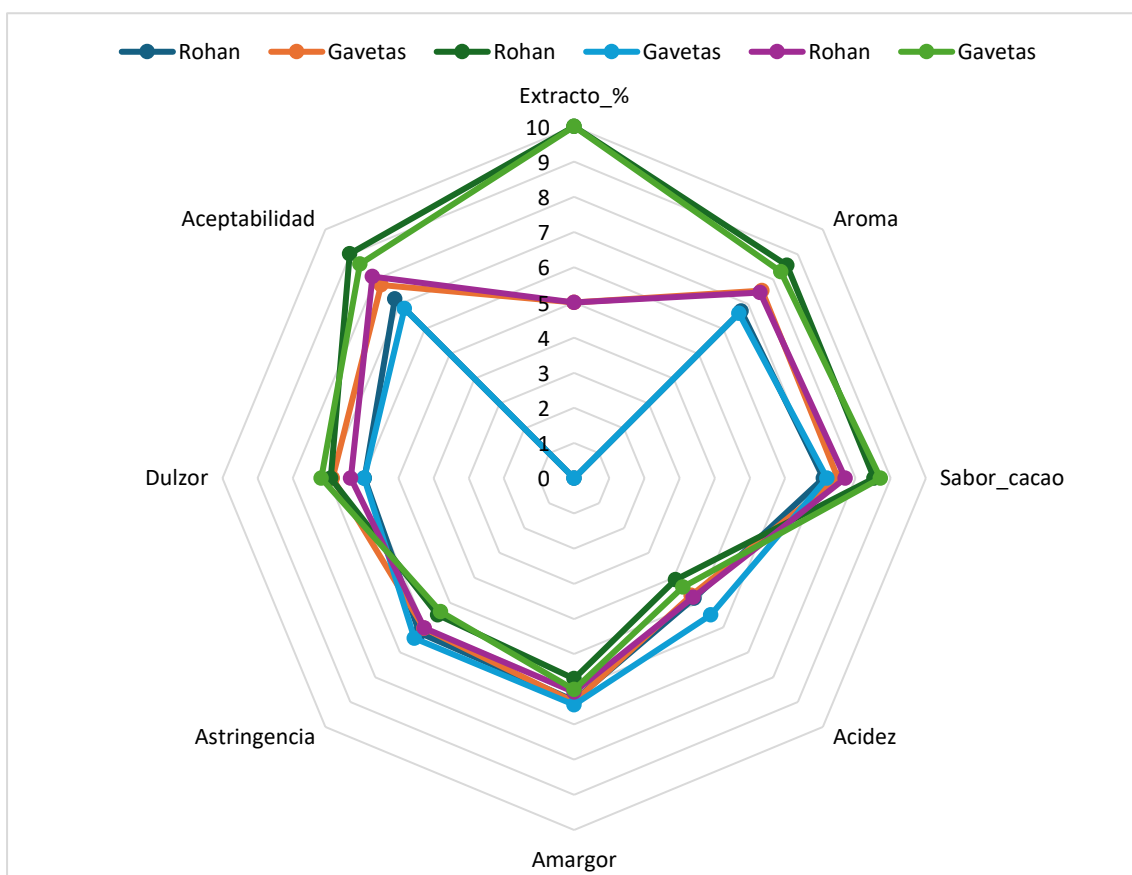
Evaluación de la calidad física de las almendras de cacao en función del método de fermentación y la concentración de extracto de uva

Método	Extracto%	Índice Semilla IS_g	%Testa	%Cotiledón	Granos Fermentados%	Violetas%	Pizarras%	Número de Almendras 100g							
Rohan	0	1,13	C	15,41	A	84,59	C	94,33	B	5,33	AB	0,33	B	101,00	A
Gavetas	5	1,44	ABC	14,13	B	85,87	B	95,00	B	5,00	AB	0,00	B	101,00	A
Rohan	10	1,27	AB	12,63	C	87,37	A	99,67	A	0,33	C	0,00	B	98,67	A
Gavetas	0	1,19	BC	15,26	AB	84,74	B	89,67	C	8,33	AB	2,00	A	105,33	A
Rohan	5	1,21	ABC	14,05	B	85,95	B	99,67	A	0,33	C	0,00	B	101,33	A
Gavetas	10	1,32	A	12,15	C	87,85	A	97,33	AB	2,67	BC	0,00	B	99,00	A
<b>EEM ±</b>		0,03		0,26		0,26		0,87		0,77		0,14		1,78	
<b>Probabilidad</b>	<b>Método</b>	0,0529		0,3999		0,3999		0,0001		0,0002		0,0008		0,3398	
	<b>Extracto</b>	0,0007		<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	<0,0001	*	0,09	
	<b>Método*Extracto</b>	0,859		0,5733		0,5733		0,3363		0,3297		<0,0001	*	0,3946	

### 3.6 Análisis Sensorial

La Tabla 9 presenta los resultados del análisis sensorial de los granos fermentados. Se evaluaron aroma, sabor a cacao, acidez, amargor, astringencia, dulzor y aceptabilidad general. Se observan diferencias significativas en la mayoría de atributos, especialmente asociados al nivel de extracto utilizado. Los tratamientos con extracto al 10 % (Rohan 10 % y Gavetas 10 %) obtuvieron los puntajes más altos en aroma, sabor a cacao, dulzor y aceptabilidad, lo que evidencia un impacto positivo del extracto sobre la calidad sensorial final. El tratamiento Rohan 10 % registró el valor máximo de aceptabilidad (9,03), seguido de Gavetas 10 % (8,61). En contraste, los tratamientos sin extracto presentaron valores más bajos, especialmente en dulzor y aroma (Figura 1).

**Figura 1.**  
Análisis sensorial de la pasta de cacao



**Tabla 9.**

Evaluación sensorial de almendras de cacao

Método	Extracto%	Aroma	Sabor cacao	Acidez	Amargor	Astringencia	Dulzor	Aceptabilidad
Rohan	0	6,72 B	7,09 B	4,82 B	6,32 A	6,22 A	5,96 C	7,21 CD
Gavetas	5	7,55 AB	7,50 AB	4,71 B	6,36 A	6,04 AB	6,87 AB	7,77 BCD
Rohan	10	8,56 A	8,53 A	4,08 C	5,70 A	5,49 BC	6,92 AB	9,03 A
Gavetas	0	6,63 B	7,19 B	5,50 A	6,44 A	6,43 A	5,97 C	6,82 D
Rohan	5	7,47 AB	7,71 AB	4,79 B	6,08 A	6,02 AB	6,35 BC	8,11 ABC
Gavetas	10	8,31 A	8,71 A	4,38 BC	6,01 A	5,37 C	7,19 A	8,61 AB
	<b>EEM ±</b>	0,24	0,25	0,12	0,20	0,14	0,17	0,22
	<b>Método</b>	0,6904	0,9207	0,0073	0,1604	0,7619	0,0839	0,057
<b>Probabilidad</b>	<b>Extracto</b>	<0,0001 *	0,0003	<0,0001 *	0,0527	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *
	<b>Método*Extracto</b>	0,7946	0,7295	0,0208	0,8818	0,4850	0,3592	0,9858

## 4. Discusión

### 4.1 Variable morfológica de la mazorca

Los resultados morfológicos de las mazorcas evaluadas presentan una homogeneidad entre tratamientos, sin diferencias estadísticas significativas en las variables analizadas. Este comportamiento indica que el material vegetal seleccionado posee características físicas similares al inicio del ensayo, lo que permite establecer una base experimental uniforme para evaluar posteriormente el efecto de los tratamientos sobre las variables productivas y de calidad. Desde la perspectiva de estudios previos, (Tordecilla et al., 2024) señalan que las dimensiones de la mazorca, como el largo y ancho, son rasgos influenciados principalmente por el genotipo, pero también responden a las condiciones edafoclimáticas del cultivo. En este estudio, el rango de longitud entre 23,83 y 26,33 cm y de ancho entre 8,83 y 10,17 cm se encuentra dentro de los valores reportados por (Ortiz et al., 2023) para clones de cacao tipo Nacional cultivados en ambientes tropicales, lo que sugiere que las condiciones agroecológicas del sitio de estudio son favorables para el desarrollo morfológico del fruto.

Asimismo, el peso total de la mazorca, que varía entre 912,00 y 1043,33 g, coincide con los reportes de (Alvarado et al., 2024), quienes describen que los frutos maduros de *Theobroma cacao* L. presentan pesos que oscilan entre 850 y 1100 g, dependiendo del grado de madurez y del manejo agronómico. Este parámetro es de relevancia agronómica, ya que está directamente relacionado con el rendimiento potencial en almendras, aunque el peso elevado de la mazorca no siempre implica una mayor proporción de semilla útil.

En relación con el peso de la cáscara, los valores registrados (610,00–769,33 g) reflejan una proporción considerable del peso total del fruto. Según (Intriago et al., 2023), la cáscara representa entre el 60 y el 75 % del peso total de la mazorca, dependiendo del clon y la edad fisiológica del fruto, lo que concuerda con los resultados observados. Este aspecto es relevante para la gestión de subproductos del cacao, ya que la cáscara puede aprovecharse en la elaboración de compost o biofertilizantes, contribuyendo a sistemas de producción más sostenibles.

El número de almendras por mazorca, con un rango de 43,33 a 56,67, se encuentra dentro del promedio reportado por (Pargon, 2021), quienes mencionan que las variedades Nacional y Trinitario presentan entre 40 y 60 semillas por fruto. Este resultado respalda la idea de que los frutos seleccionados pertenecen a un material genético de buen rendimiento. Sin embargo, (Neira et al., 2020) advierten que el número de almendras no siempre se correlaciona con el peso seco de grano, ya que este último depende de la densidad y el llenado del endospermo, factores influenciados por la nutrición y la disponibilidad hídrica.

El peso de almendras frescas (258,00–297,33 g) mantiene coherencia con los valores señalados por (Andrade et al., 2019), quienes reportan pesos promedio de 250 a 310 g en frutos maduros de cacao cultivados en la región costa del Ecuador. Este parámetro está relacionado con la eficiencia fisiológica del árbol, especialmente durante la etapa de llenado del grano, como sostienen (Rojas et al., 2020).

En términos de variabilidad experimental, los coeficientes de variación inferiores al 13 % indican una consistencia aceptable de los datos, de acuerdo con los criterios de

(Erazo et al., 2021), quienes consideran que valores menores al 15 % reflejan un adecuado control de los factores externos. Esto demuestra que la selección de las mazorcas fue representativa y que las diferencias observadas responden principalmente a las condiciones naturales del material y no a errores experimentales.

Desde una perspectiva más amplia, los hallazgos de este estudio reafirman lo expuesto por (Rojas et al., 2021), sobre la importancia de la caracterización morfológica como herramienta para seleccionar materiales con potencial productivo y adaptabilidad a distintas condiciones agroecológicas. A futuro, se recomienda complementar estas evaluaciones con análisis genéticos y de calidad de almendra (contenido de grasa, polifenoles, rendimiento seco) para establecer relaciones más sólidas entre la morfología y la productividad del cultivo.

#### **4.2 Temperatura**

Los tratamientos con extracto al 10 % alcanzaron mayores incrementos térmicos, lo cual indica una mayor actividad microbiana. Esto puede atribuirse al aporte de azúcares y compuestos fenólicos que actúan como sustratos metabólicos, intensificando la respiración microbiana (Gómez et al., 2025). Estudios previos sugieren que la actividad fermentativa aumenta cuando hay disponibilidad de compuestos fermentables adicionales, generando un proceso más vigoroso y exergónico.

#### **4.3 Brix**

El comportamiento del contenido de sólidos solubles (°Brix) reafirma esta tendencia. La disminución más acelerada en los tratamientos con extracto al 10 % evidencia un consumo rápido de azúcares por parte de las levaduras, lo cual favorece la producción de alcoholes, ácidos y compuestos precursores del aroma. Esta transformación es considerada un indicador clave de eficiencia fermentativa (Chávez et al., 2023).

#### **4.4 pH**

Asimismo, la evolución del pH mostró incrementos más pronunciados en los tratamientos con extracto, particularmente al 10 %. Este aumento refleja la neutralización progresiva de los ácidos generados en la fermentación inicial, lo cual coincide con un proceso más equilibrado y con la actividad simultánea de bacterias acéticas y lácticas. Un pH final superior a 5,0, como el registrado en estos tratamientos, está asociado a un cacao de mejor calidad sensorial debido a la reducción de notas excesivamente ácidas (Rodríguez et al., 2022).

#### **4.5 Evaluación de la calidad física de las almendras**

El índice de semilla presentó incrementos significativos en los tratamientos con extracto, especialmente en Gavetas 5 %, lo que sugiere una mayor retención de humedad y desarrollo estructural durante la fermentación. Este comportamiento ha sido asociado a matrices fermentativas ricas en compuestos antioxidantes, los cuales pueden modular la degradación de mucílago y la transferencia de calor (Sandoval et al., 2021). A su vez, la reducción del porcentaje de testa y el incremento del porcentaje de cotiledón en los tratamientos con 10 % de extracto indican una mejor consistencia interna del grano, probablemente relacionada con una fermentación más estable y uniforme.

La proporción de granos fermentados confirma esta tendencia: los tratamientos Rohan 10 % y Rohan 5 % alcanzaron valores superiores al 99 %, evidenciando una fermentación completa. Esta respuesta se alinea con estudios donde la presencia de metabolitos provenientes de frutas acelera la actividad de bacterias ácido-lácticas y levaduras, facilitando la transición de granos violetas a fermentados (Lagunes et al., 2018) (Ureña et al., 2022). Por el contrario, los granos violetas y pizarras disminuyeron significativamente con el uso del extracto, sugiriendo una mayor degradación de los ácidos y una mejor penetración térmica en la masa fermentativa.

La interacción significativa entre el método y el nivel de extracto en los granos pizarras indica que, aunque el extracto actúa como un modulador clave de la fermentación, su efecto puede potenciarse o atenuarse según la distribución del calor y oxígeno propia de cada método (Alvarado et al., 2024). La mayor reducción de pizarras observada en los tratamientos Rohan con extracto podría deberse a una mejor aireación, que favorece la oxidación de polifenoles y el desarrollo de color característico del grano fermentado. El número de almendras por 100 g no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo cual coincide con la literatura que señala que esta variable depende principalmente de factores genéticos y agronómicos previos a la fermentación (Alvarado et al., 2022), más que del proceso fermentativo en sí.

#### **4.6 Análisis Sensorial**

El análisis sensorial confirmó este comportamiento. Los tratamientos con extracto al 10 % presentaron mejores calificaciones en aroma, sabor a cacao, dulzor y aceptabilidad general. Esto sugiere que el extracto no solo modificó la dinámica fermentativa, sino que también favoreció la formación de compuestos aromáticos y redujo la percepción de acidez y astringencia. El tratamiento Rohan 10 % destacó como el de mayor calidad final, lo que indica que la combinación de método tradicional con extracto natural potencia significativamente el perfil sensorial.

#### **5. Conclusiones**

La aplicación de extracto de uva, particularmente en concentraciones del 10 %, modificó positivamente la dinámica del proceso fermentativo del cacao, generando incrementos consistentes en la temperatura y favoreciendo una disminución más marcada de los sólidos solubles, indicadores directos de una mayor actividad metabólica de los microorganismos responsables de la fermentación. El aumento progresivo del pH en estos tratamientos evidencia, además, un entorno fermentativo más equilibrado y menos ácido, lo que sugiere una fermentación más eficiente y controlada. En conjunto, estos parámetros demuestran que el extracto de uva actúa como un potenciador biológico del proceso.

Las mazorcas seleccionadas para el estudio presentaron características morfológicas homogéneas entre tratamientos, sin diferencias estadísticas en variables como largo, ancho, peso total, peso de cáscara, número de almendras y peso de almendras. Esta uniformidad inicial garantizó la comparabilidad experimental y permitió atribuir de manera confiable los cambios observados durante la fermentación únicamente al efecto del extracto de uva. La ausencia de variabilidad estructural en la materia prima asegura que los resultados obtenidos reflejan un impacto real del tratamiento y no de factores asociados a la fisiología del fruto.

El análisis sensorial corroboró que la inclusión de extracto de uva, especialmente al 10 %, mejora de forma significativa la calidad organoléptica del cacao fermentado, al obtener los puntajes más altos en aroma, sabor a cacao, dulzor y aceptabilidad general, destacándose el tratamiento Rohan 10 % como el de mejor desempeño. Esto demuestra que el extracto no solo optimiza las condiciones bioquímicas de la fermentación, sino que también se traduce en un producto final con atributos más apreciados por el consumidor. Por tanto, su incorporación representa una alternativa tecnológica viable y de alto potencial para productores que buscan mejorar la calidad del cacao mediante procesos naturales y sostenibles.

**Contribución de los autores:** Conceptualización, BG-HM y KE-AV.; metodología, BG-HM, KE-AV, MA-HO y MGYM; software, BG-HM.; validación, KE-AV.; análisis formal, KE-AV.; investigación, BG-HM, KE-AV, MA-HO y MGYM.; recursos, BG-HM, KE-AV, MA-HO y MGYM.; redacción del borrador original, BG-HM y KE-AV.; redacción, revisión y edición, BG-HM y KE-AV.; visualización, BG-HM, KE-AV, MA-HO y MGYM.; supervisión, BG-HM, KE-AV, MA-HO y MGYM. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Financiamiento:** Esta investigación no ha recibido financiación externa

**Agradecimientos:** Agradecemos a Dios por la sabiduría que nos brinda día con día para realizar nuestras actividades en cuanto a la investigación realizada.

**Declaración de disponibilidad de datos:** Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: [bhurtadom2@uteq.edu.ec](mailto:bhurtadom2@uteq.edu.ec)

**Conflicto de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

### Referencias Bibliográficas

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2019). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 7(7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Abreu, G., Reis de Araujo, Q., René-Valle, R., Andrade-Sodré, G., & Moreira de Souza, S. M. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 579. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- Alvarado, K., Rivadeneira, C., & Intriago, F. (2024). *Utilización de extracto natural del Muicle ( Justicia spicigera ) en la elaboración de chocolate a partir de dos variedades de cacao ( Theobroma bicolor Humb . & Bonpl . y Theobroma cacao L .) Use of natural extract of Muicle ( Justicia spicigera ) in the*. 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.51252/raa.v4i1.6>
- Alvarado, K., Vera, J., Tuarez, D., & Intriago, F. (2022). Fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO´s) en la disminución de metales pesados. *Centrosur*, 2014(1), 24. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191/399>
- Andrade, J. A., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>
- Batallas, M., Preciado, M., & Pesantez, F. (2021). Evaluación de cadmio y plomo en almendras de cacao por espectroscopia de absorción atómica. *Ciencia Unemi*, 14(37), 49–59. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss37.2021pp49-59p>

- Bidot, I., Fernández, Y., Bertin, P., Heide, D., Conrado, M., Valdés de la Cruz, M., Declerck, S., & Decock, C. (2021). Diversidad morfológica, genética y fitopatología del cacao (*Theobroma cacao* L.) tradicional cubano. *Anales de La Academia de Ciencias de Cuba*, 11(3), 1–11.
- Boronat, R., & López, J. (2011). El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 8(1), 111–114.
- Chango, M., Ayala, M., & Ávila, E. (2025). El Cacao Ceremonial y sus Beneficios en la Recuperación del Bienestar del ser Humano desde la Cosmovivencia Andina. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 2170–2183. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2.17053](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17053)
- Chávez, A., Encina, C., Muñoz, V., Guevara, A., & Rojas, V. (2023). Condiciones de fermentación y secado en las características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) Cultivar CCN 51. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(2), 1–21. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.555>
- Erazo, C., Bravo, K., Tuárez, D., Fernández, Á., Torres, Y., & Vera, J. (2021). Efecto de la fermentación de cacao (*theobroma cacao* L.), variedad nacional y trinitario, en cajas de maderas no convencionales sobre la calidad física y sensorial del licor de cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8(2), 42–55. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153>
- Gaona, C., Bernal, H., Vásquez, N., Hernández, J., Morales, A., & Cervantes, M. (2023). Efecto de la suplementación dietética de *Saccharomyces cerevisiae* sobre parámetros productivos y utilización de nutrientes de codornices japonesas (*Coturnix japonica*) en crecimiento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Suplemento), 153–157. <https://doi.org/10.53588/alpa.310527>
- Gómez, J., Parra Urueta, C. A., & Guzmán Pineda, J. J. (2025). Sistema de trazabilidad de cacao soportado en Internet de las cosas. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 1(45), 204–215. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i45.3283>
- INEN. (2021). *NTE INEN 176 Granos de Cacao. Requisitos*.
- Iniesta, J. (2016). Universidad miguel hernández de elche “caracterización físico-química y compuestos funcionales de cuatro variedades de naranjas tardías” trabajo fin de grado. *Universita Miguel Hernández*. [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3247/1/TFG Iniesta López%2C José.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3247/1/TFG%20Iniesta%20López%20José.pdf)
- Intriago, F., Macías, M., Napa, B., Vásquez, L., Alvarado, K., Revilla, K., Aldas, J., & Vera, J. (2023). Inclusión de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) como estabilizante en néctar de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). *Agroindustrial Science*, 13(2), 75–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2023.02.03>
- Lagunes, L. C., Ramírez, M., Ortiz García, C. F., & Gutiérrez, O. A. (2018). VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE PLANTACIONES EN TABASCO, MÉXICO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2), 117–125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>
- Neira, J. A., Revilla Escobar, K. Y., Aldas Morejon, J. P., & Sánchez Llaguno, S. N. (2020). Métodos de fermentación del cacao nacional (*theobroma cacao*) y su influencia en las características físico-químicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales. *Alternativas*, 21(3), 42–48. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.339>
- Ormaza, E., López, L., & Nevárez, J. (2025). Vulnerabilidad de la producción agrícola en la zona norte de Manabí. In *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí* (Vol. 1). <https://libros.uleam.edu.ec/wp-content/uploads/2025/02/DIPS-PUB2025-003-Vulnerabilidad-de-la-produccion-agricola.pdf>
- Ortiz, J., Maza, R., Sotelo, D., Flórez, D., & Cely, D. (2023). Efecto de la suplementación a base de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) sobre la producción y calidad composicional de la leche en vacas mestizas en pastoreo. *Revista de Investigación*

- Agraria y Ambiental*, 14(2), 171–188. <https://doi.org/10.22490/21456453.6500>
- Pargon, M. (2021). *Perfiles de fermentación para contribuir con el mejoramiento de la calidad del cacao (Theobroma cacao L.) y con el desarrollo socioeconómico de la ecorregión de Lachuá, Coban, Alta...* (Issue 237). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35109.93925/4>
- Rodríguez, N., Chávez, B., Gómez De La Cruz, I., Vásquez, M.-S., & Estrada De Los Santos, P. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 7(25), 36–51. <https://doi.org/http://doi.org/10.5281/zenodo.6326782>
- Rojas, K., Hernández, C., & Mencía-guevara, A. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (Theobroma cacao L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Biochemical transformations of cocoa (theobroma cacao L.) during a controlled fermentation process. Agronomía Costarricense*, 45, 53–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45694>
- Rojas, K., Hernández, C., & Mencía, A. (2020). Transformaciones bioquímicas del cacao (Theobroma cacao L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 53–65. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45694>
- Roser, A., Jiménez, J., López, D., Rodríguez, G., & Saltos, M. (2021). Agrociencias, Investigación Y Sostenibilidad. In F. Perez (Ed.), *Colección libros de texto Universidad Técnica de Manabí* (Universida, pp. 117–128). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5337/1/iniaptpc7.pdf>
- Sánchez Arizo, V. H., Zambrano Mendoza, J. L., & Iglesias Paladines, C. (2019). La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe. In *Iniap*.
- Sánchez, Zambrano, J., Vera, J., Ramos, R., Gárces, F., & Váscónez, G. (2024). Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología UTEQ*, 7(1), 33–41.
- Sandoval, A., López, M., García, J., & Criollo, J. (2021). Estudio morfoagronómico de materiales de cacao (Theobroma cacao L.) de diferentes zonas productoras en Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura*, 18(3), 98–109. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570>
- Solórzano, R., Casanova Mendoza, T., & Plaza Avellán, L. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. *INIAP*, 433, 21–30. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4392>
- Tordecilla, L., Martínez, A., Grandett, L., Rodríguez, M. del V., Díaz, A., & Ballesteros, H. A. (2024). Eficiencia técnica del cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en el sur de Córdoba, Colombia. *Ciencia y Tecnología*, 17(2), 1–8. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i2.712>
- Ureña, M., Andrade, J., Rivera, J., & Chire, G. (2022). *Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) de Ecuador y Peru* (Vol. 10, Issue 4). [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422019000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Vera, J., Álvarez, E., & Ibáñez, A. (2021). Sistema de producción de la almendra y del cacao: Una caracterización necesaria. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(ESPECIAL 3), 372–390. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.36525>
- Vera, J., Vallejo, C., Párraga Moran, D., Morales Rodríguez, W., Macías Véliz, J., & Ramos Ramache, R. (2018). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao Nacional (Theobroma cacao L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>
- Vera, J., & Vera, J. (2018). *Resumen de principios de diseños experimentales* (G. Compás (ed.); 1st ed.). <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3764/1/1.pdf>