

Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN51 induciendo microorganismos en yute y cajas Rohan para mejora organoléptica

Luis Humberto Vásquez Cortez¹  

Carmen Anais Cevallos Castillo²  

Martha Viviana Uvidia Vélez³  

Sheyling Alexis Segobia Muñoz⁴  

Jhoan Alfredo Plua Montiel⁵  

Recibido: (18 de mayo de 2025) – Aceptado: (01 de junio de 2025) – Actualizado: (13 de agosto de 2025)

DOI: 10.17151/luaz.2025.60.10

Resumen

Este estudio evaluó el impacto de dos métodos de fermentación (cajas Rohan y sacos de yute) y tres niveles de inducción de microorganismos de montaña "ALBIOBACTH" (0%, 30% y 60%) en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de las variedades de cacao ecuatoriano Nacional y CCN51, mediante un diseño experimental trifactorial. Los resultados demostraron que la fermentación en cajas Rohan con un 60% de inducción microbiana optimizó significativamente el perfil organoléptico del cacao, alcanzando una puntuación de 8.4/9 en aroma, sabor y textura, y un 83.6% de granos bien fermentados, superando al control sin inducción (6.1/9 y 58.3%, respectivamente). Además, se observaron condiciones fermentativas estables (temperaturas de 45.8 °C a 49.5 °C, pH final de 5.0 a 5.2 y grados Brix superiores a 16.3) y una mejora en la calidad fisicoquímica del grano, con una capacidad antioxidante de hasta 89.27% en el tratamiento óptimo, confirmando la efectividad de la fermentación dirigida con microorganismos nativos para realzar las propiedades y el valor del cacao ecuatoriano.

Palabras claves: precursores de aroma, capacidad antioxidante, evaluación organoléptica, fermentación dirigida, variedades de cacao.

Evaluation of Fermentation Methods for Nacional and CCN51 Cacao Introducing Microorganisms in Jute, Rohan Boxes for Organoleptic Improvement

Abstract

This study evaluated the impact of two fermentation methods (Rohan boxes and jute bags) and three levels of induction of mountain microorganisms "ALBIOBACTH" (0%, 30%, and 60%) on the physicochemical and organoleptic properties of Ecuadorian cacao varieties Nacional and CCN51, using a three-factor experimental design. The results demonstrated that fermentation in Rohan boxes with 60% microbial induction significantly optimized the organoleptic profile of cacao, achieving a score of 8.4/9 in aroma, flavor, and texture, and 83.6% of well-fermented beans,

surpassing the non-induction control (6.1/9 and 58.3%, respectively). Furthermore, stable fermentation conditions were observed (temperatures ranging from 45.8°C to 49.5°C, final pH ranging from 5.0 to 5.2, and Brix levels above 16.3) and an improvement in the physicochemical quality of the beans, with an antioxidant capacity of up to 89.27% at optimal treatment, confirming the effectiveness of directed fermentation with native microorganisms in enhancing the properties and value of Ecuadorian cacao.

Keyword: aroma precursors, antioxidant capacity, organoleptic evaluation, controlled fermentation, cacao varieties.

Introducción

El cacao o *Theobroma cacao* L es un cultivo que se encuentra ampliamente extendido en la selva tropical amazónica de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. Se considera una de las especies más explotadas comercialmente y es uno de los productos agrícolas de mayor relevancia económica a nivel local, nacional e internacional (Vera-Chang et al., 2024).

La fermentación del cacao es un proceso clave para garantizar la calidad organoléptica del grano, como se observa en la región de San Martín, Perú. Obtener las mejores características organolépticas en el cacao requiere un manejo adecuado, la aplicación de buenas prácticas y el uso de fermentadores diseñados para optimizar el proceso (Vera-Chang et al., 2022a).

A nivel internacional, las levaduras, las bacterias ácido-lácticas y acético-acéticas son reconocidas por su papel fundamental en la fermentación del cacao, ya que transforman los compuestos de la pulpa en precursores de sabor esenciales dentro de los granos. Sin embargo, este proceso presenta desafíos debido a su complejidad y a la influencia de múltiples variables, incluida la genética del cultivo (Vásquez et al., 2023).

El cacao CCN51 es un clon originario de Ecuador, desarrollado en 1960 por el agrónomo ambateño Homero Castro, quien llevó a cabo diversos estudios con el propósito de obtener una variedad de cacao altamente productiva y resistente. Este híbrido fue creado con la intención de ofrecer una planta capaz de enfrentar plagas y enfermedades, manteniendo al mismo tiempo una calidad destacada (Sanchez et al., 2019).

Actualmente, el CCN51 es reconocido como el clon más productivo a nivel mundial, ya que genera una mayor cantidad de frutos en comparación con otras variedades, lo que incrementa la productividad y los ingresos. Entre sus atributos organolépticos se encuentran un sabor dulce, ácido, ligeramente astringente y moderadamente amargo, un toque floral medio y matices frutales y de nuez (Intriago et al., 2024).

Los microorganismos poseen características únicas que son adecuados para influir de manera positiva a la calidad del cacao fermentado. Estos microorganismos favorecen al desarrollo de compuestos aromáticos y de sabor, reduciendo las notas desagradables y aumentando los sabores que caracterizan al cacao, como son las notas frutales, florales y especiadas. Además, estos microorganismos apresuran la descomposición de la pulpa, lo que disminuye el tiempo de fermentación y minimiza que se contamine por microorganismos indeseables (Vera Chang et al., 2023).

Los microorganismos de montaña (MM), también conocidos como microorganismos benéficos, se encuentran de forma natural en ecosistemas con un impacto mínimo de las actividades humanas. Estos microorganismos incluyen bacterias fotosintéticas, bacterias lácticas (BAL), levaduras y actinomicetos. Cuando están presentes en cantidades suficientes de materia orgánica, producen sustancias benéficas que pueden inhibir o controlar el crecimiento de microorganismos patógenos. Su presencia y actividad contribuyen a la salud y estabilidad de los ecosistemas naturales al mantener el equilibrio microbiano y suprimir los microbios dañinos (Medina-Saavedra et al., 2021).

Entre las estrategias biotecnológicas emergentes para el manejo del proceso de fermentación del cacao, destaca el uso de inoculantes microbianos líquidos como ALBIOBACTH, una formulación compuesta por cepas vivas de bacterias y levaduras benéficas, incluyendo *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Azotobacter chroococcum* y *Rhizobium japonicum*. Su uso se ha asociado a una reducción en los niveles de metales pesados, especialmente cadmio, en los granos fermentados. Por estas razones, ALBIOBACTH representa una alternativa innovadora y sostenible que ha comenzado a ganar atención en la investigación y práctica agrícola aplicada al cacao (Amay-Freire, 2023).

La aceleración también permite que el proceso sea uniforme, logrando una homogeneidad para el desarrollo de sabores y aromas a lo largo del proceso del lote de cacao. Por otro lado, hay estudios que sugieren que los microorganismos pueden aumentar la calidad nutricional del cacao al aumentar la concentración de compuestos bioactivos como polifenoles y antioxidantes (Vásquez et al., 2024).

En cuanto a los métodos fermentativos evaluados, los sacos de yute y las cajas Rohan representan dos enfoques diferenciados en el manejo postcosecha del cacao. Los sacos de yute, utilizados especialmente en zonas con recursos limitados, permiten una fermentación básica al facilitar cierto grado de ventilación y retención de temperatura, aunque con menor control sobre la homogeneidad y drenaje del mucílago. En contraste, las cajas Rohan, cajones de madera dispuestos en niveles escalonados o en forma de cascada promueven una fermentación más uniforme mediante el trasiego periódico del grano, lo que mejora la aireación, favorece el crecimiento microbiano benéfico y permite una mayor degradación de compuestos indeseables (Rivera-Fernández et al., 2012).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar dos métodos fermentativos de cacao o *Theobroma cacao* L. Nacional y CCN51 utilizando sacos de yute y cajas Rohan, con inducción de MM para el mejoramiento de las propiedades organolépticas y de fermentación.

Materiales y método

Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la Granja Experimental San Pablo que se encuentra ubicada en el km 7 ½ de la vía Babahoyo - Montalvo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, pertenecientes a los predios de la Universidad Técnica de Babahoyo de la Carrera de Agroindustria, en la Provincia de Los Ríos, Babahoyo (Ecuador), cuyas coordenadas son latitud – 1,797411 y longitud – 79,482843, con una humedad relativa del 82 %.

Se efectuará la cosecha de las mazorcas de cacao Nacional y CCN51 en la finca La Patrona, ubicada en el sector Puerto Arturo, parroquia Zapotal, perteneciente al cantón Ventanas, en la Provincia de Los Ríos (Ecuador), cuyas coordenadas geográficas son latitud -1,348036 y longitud -79,367025, con un clima lluvioso tropical de 26 °C en promedio y está ubicada a 18 metros sobre el nivel del mar.

Diseño experimental

La presente investigación es de tipo experimental, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial A*B*C con un modelo de 12 tratamientos por dos réplicas con un total de 24 objetos de estudio. Como primer factor el tipo de cacao Nacional y CCN51; el segundo factor a los niveles de aplicación de MM 0%, 30%, 60%, equivalentes a 0ml, 600ml y 1200ml por cada 2000gr de almendras de cacao fresco; y el tercer factor fue el método de fermentación, sacos de yute y cajas Rohan, como se muestra en las [Tablas 1 y 2](#).

Tabla 1. Factores de estudio que intervienen en los métodos fermentativos

Factor A	Factor B	Factor C
Tipos de cacao	Microorganismos de montaña	Método fermentativo
Nacional	0%	Cajas Rohan
CCN51	30%	Sacos de yute
	60%	

Fuente: elaboración propia.

Arreglo de tratamientos

Tabla 2. Arreglo de los tratamientos

Nº	Código	Descripción
1	A1+B1+C1	Nacional + 0% + Cajas Rohan
2	A1+B1+C2	Nacional + 0% + Sacos de yute
3	A1+B2+C1	Nacional + 30% + Cajas Rohan
4	A1+B2+C2	Nacional + 30% + Sacos de yute
5	A1+B3+C1	Nacional + 60% + Cajas Rohan
6	A1+B3+C2	Nacional + 60% + Sacos de yute

7	A2+B1+C1	CCN51 + 0% + Cajas Rohan
8	A2+B1+C2	CCN51 + 0% + Sacos de yute
9	A2+B2+C1	CCN51 + 30% + Cajas Rohan
10	A2+B2+C2	CCN51 + 30% + Sacos de yute
11	A2+B3+C1	CCN51 + 60% + Cajas Rohan
12	A2+B3+C2	CCN51 + 60% + Sacos de yute

Fuente: elaboración propia.

Tablas de ANDEVA

Se empleó el análisis de varianza (ANDEVA) junto con la prueba de rangos múltiples de Tukey, utilizando un nivel de significancia de ($p \leq 0,05$), para comparar y evaluar las mediciones obtenidas. Los datos experimentales y estadísticos se interpretaron mediante la aplicación del esquema de ANDEVA.

Tabla 3. Esquema de ANDEVA

Fuente de variación (FV)		Gramos de libertad
Tratamiento	T – 1	11
Factor cacao	(Ca – 1)	1
Factor microorganismo	(Me – 1)	2
Factor método de fermentación	(Fer-1)	1
Int. Ca * Me	(Ca-1) (Me-1)	2
Int. Ca * Fer	(Ca-1) (Fer-1)	1
Int. Me * Fer	(Me-1) (Fer-1)	2
Int. Ca * Me * Fer	(Ca-1) (Me-1) (Fer-1)	2
Cacao experimental	(Ca * Me * Fer) (R-1)	12
Total	(Ca * Me * Fer * R - 1)	23

Fuente: elaboración propia.

Obtención de mazorca de cacao

Para la obtención de la materia prima, se seleccionaron mazorcas de cacao Nacional y CCN51, asegurándose que se encuentren libres de monilia (*Moniliophthora roreri*), para garantizar que la materia prima sea de alta calidad y asegurar el proceso de fermentación, para obtener un producto final de la pasta.

Morfología de evaluación de la mazorca de cacao:

- Estado de madurez

Para elegir las mejores mazorcas de cacao, se clasifican según su madurez. Se recolectan solo las que están completamente maduras, es decir, las que tienen un color específico en su cáscara.

- Peso del fruto del cacao

Con una balanza se realizó la toma del peso de los granos de cacao cosechados.

- Peso de la cáscara

De la misma manera se realizó la toma del peso de la casaca, con ayuda de una balanza, se colocará únicamente la cáscara.

- Número de almendra de cacao

Se realizó el conteo del número de granos de cacao por cada mazorca.

- Largo del fruto de cacao

Se mide la longitud de la mazorca desde el punto donde se une el tallo (el pedúnculo) hasta la parte final de la mazorca. Para esto, utilizamos una escuadra y un papel cuadriculado.

- Diámetro del fruto de cacao

Se realizó un corte en la mitad de la mazorca de cacao (en el centro de la mazorca) y con ayuda de una regla se procederá a realizar la toma de datos.

- Despulpado

Una vez cosechadas las mazorcas, se procede a abrir la mazorca donde ya se pueden observar los granos de cacao. Luego se separa los granos de cacao de la placenta de cacao. Este procedimiento se realiza sin mezclar las dos variedades de cacao Nacional y CCN51.

Proceso de fermentación

Se procedió a colocar los granos de cacao en 12 cajas Rohan, utilizando 2 kilogramos de granos de cacao por caja, para un total de 24 kilogramos de granos de cacao fresco. De la misma manera, se dispusieron 2 kilogramos de granos de cacao en 12 sacos de yute, teniendo un total de 24 kilogramos de granos de cacao. En total, se utilizaron 48 kilogramos de granos frescos en los dos métodos de fermentación. El proceso tuvo una duración de cinco días de estudio para las variedades de cacao

Nacional y CCN51, de este modo, se realizó la toma de las variables a estudiar: temperatura, pH y °Brix (Vera-Chang et al., 2024).

Inducción de microorganismos

Se realizó la inducción de microorganismos a los granos frescos de cacao, con la dosis de cada objeto de estudio que, en este caso es de 30 % y 60 % para los dos métodos de fermentación (Vera et al., 2023). Para realizar este paso de elaboración se utilizaron los microorganismos de ALBIOBACTH, los cuales están compuestos por: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizobium japonicum*, unidades formadoras de colonias (UFC).

Remociones

Se realizó remociones con el fin de obtener una fermentación adecuada. La temperatura no debe exceder los 50 °C ni debe ser menor a 40 °C, la temperatura debe subir de manera paulatina para evitar la sobre fermentación. La primera remoción se realizó después de las primeras 24 horas posteriores a la inducción de los microorganismos, y las siguientes se realizaron a las 48, 72, 96 y 120 horas después de la inducción (Revilla et al., 2023).

Secado

Una vez finalizado el proceso de fermentación, el cacao presenta un alto contenido de humedad, aproximadamente un 55 %, el cual debe reducirse a un rango de 6-8 % para garantizar su conservación y prevenir el desarrollo de microorganismos.

El secado se puede realizar mediante métodos naturales, como la exposición al sol, o a través de métodos artificiales como secadores, no obstante, estos últimos son más eficientes, puesto que se pueden controlar. Es fundamental monitorear constantemente la temperatura y la humedad durante el proceso de secado, así como realizar volteos periódicos de los granos para asegurar un secado homogéneo y evitar la formación de hongos.

Almacenamiento de los granos de cacao

El almacenamiento se realiza en condiciones controladas, generalmente en silos o sacos impermeables, asegurando una adecuada ventilación para evitar la condensación y la proliferación de hongos. Antes de ser almacenados, los granos deben estar completamente secos, con un contenido de humedad inferior al 7 %, lo que garantiza la estabilidad del producto y previene el deterioro de los compuestos aromáticos. Durante esta etapa, la temperatura ambiental debe mantenerse entre 18 °C y 25 °C, y la humedad relativa del entorno no debe superar el 70 %, a fin de conservar la calidad microbiológica y organoléptica del cacao.

Análisis Organoléptico

Se realizó una evaluación a través de encuestas aplicadas a 30 catadores semientrenados, quienes emplearon una escala hedónica para calificar atributos como aroma, sabor, apariencia y textura. Durante la evaluación, se analizaron aspectos organolépticos clave, incluyendo la apariencia, textura, aroma y sabor de los productos.

Análisis fisicoquímicos

Determinación de pH: para determinar el pH se utilizaron 10 g de cacao, estos granos fueron triturados y luego diluidos en 10 ml de agua destilada con temperatura de 40 °C, en un vaso de vidrio. Este proceso se repitió a los tratamientos de estudio y sus respectivas repeticiones, cada toma fue realizada en los cinco días de estudio, con ayuda de un pH-metro. Durante la fermentación el cacao debe de mantenerse dentro de un rango de 4,5 y 5,5 para segura su desarrollo con respecto a las normas NOM-F-352-S-1980.

Determinación de °Brix: para llevar a cabo esta medición, se utilizó un refractómetro, tomando una muestra de la almendra para medir directamente los grados Brix en todos los tratamientos. Lo que permitió determinar los resultados a la concentración de azúcares en soluciones acuosas como lo establece la norma NOM-186-SSA1/SCFI-2013.

Prueba de corte: la prueba de corte en el cacao es un método de evaluación que consiste en cortar longitudinalmente los granos de cacao por la mitad para examinar visualmente el interior del cotiledón. Este análisis permite determinar el grado de fermentación, identificar posibles defectos como granos violetas, planos, mohosos o con daños por insectos, para evaluar la calidad general del lote de cacao y compararla con la norma INEN 176:2018.

Resultados

Variables fisicoquímicas

- Variables iniciales de la mazorca

La [Tabla 4](#) muestra que el análisis comparativo entre los clones de cacao CCN-51 y Nacional no reveló diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en las variables morfológicas evaluadas, según pruebas t-Student y F. Aunque el cacao Nacional presentó un peso promedio de mazorca ligeramente superior, 591,14 g vs. 575,94 g en CCN-51, también mostró mayor variabilidad, CV = 37,74 %. En cuanto a dimensiones, el cacao Nacional registró mayores promedios en largo, 16,47 cm y ancho 8,19 cm, sin significancia estadística. El peso de la cáscara fue mayor en el Nacional, 416,55 g, pero el CCN-51 superó en peso de almendras 157,21 g vs. 152,61 g. El número de almendras fue similar, con ligera mayor dispersión en el Nacional. El peso de la placenta fue comparable, aunque con alta variabilidad en ambos. En conjunto, se observaron tendencias morfológicas diferenciadas, sin soporte estadístico para afirmar superioridad significativa entre variedades bajo el diseño experimental aplicado.

Tabla 4. Características morfológicas de las mazorcas y almendras de cacao en las variedades CCN-51 y Nacional.

Peso de la Mazorca (g)	Largo de la Mazorca (cm)	Ancho de la Mazorca (cm)	Peso de la cáscara (g)	Peso de las almendras (g)	Peso de la Placenta (g)	Numero de Almendras
------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------------	---------------------------	-------------------------	---------------------

CCN-51 MEDIA	575.9 4	16.16	8.47	403.24	157.21	12.34	45.23
CCN-51 MEDIANA	565.0 0	15.00	8.50	429.00	169.00	13.00	46.00
CCN-51 DESV. EST.	187.9 2	3.94	1.30	188.09	27.34	4.56	9.87
CCN51 COEF.VAR. %	32.63	24.40	15.38	46.64	17.39	36.96	21.83
CCN-51 MINIMO	310.0 0	10.00	6.00	127.00	105.00	3.00	26.00
CCN-51 MAXIMO	1020. 00	24.00	12.00	887.00	189.00	25.00	57.00
NACIONAL MEDIA	591.1 4	16.79	8.62	416.55	152.61	13.21	44.75
NACIONAL MEDIANA	535.0 0	17.00	8.50	385.00	154.00	14.00	45.00
NACIONAL DESV. EST.	223.0 8	3.10	1.19	206.75	43.88	5.10	10.34
NACIONAL COEF.VAR%	37.74	18.52	13.88	49.63	28.75	38.62	23.11
NACIONAL MINIMO	183.0 0	10.00	6.00	104.00	66.00	4.00	25.00
NACIONAL MÁXIMO	1134. 00	26.00	11.00	874.00	290.00	28.00	58.00
T.STATISTIC	-0.72	-1.70	-1.23	-0.66	1.24	-0.89	0.63
P-VALUE	0.47	0.09	0.22	0.51	0.22	0.37	0.53
F. STATISTIC	0.71	1.61	1.18	0.83	0.39	1.13	0.95

Nota. ns = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); ** = altamente significativo ($p < 0.01$). Fuente: elaboración propia.

- Evaluación del pH durante la fermentación del cacao

El análisis estadístico de la [Tabla 5](#) mostró que la evolución del pH fue significativamente afectada por la interacción entre tipo de cacao, concentración de microorganismos de montaña (% MM) y método de fermentación. En la fase inicial (pH1), tanto el tipo de cacao ($p = 0,0152$) como el método de fermentación ($p = 0,007$) influyeron significativamente, mientras que % MM no presentó efecto relevante ($p = 0,848$). A partir de pH2 y en pH3, % MM mostró un efecto altamente significativo (p

< 0,0001), confirmando su rol determinante en la regulación del pH. Sin embargo, el tipo de cacao y el método de fermentación no mostraron efectos significativos en estas etapas. Para pH4 y pH5, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los factores ($p > 0,05$), indicando estabilización del sistema. Los coeficientes de variación (CV: 6,26–13,32 %) y los errores estándar (0,29–0,41) respaldan la precisión y consistencia de los datos. Se concluyó que la aplicación de MM es el principal factor modulador del pH, por lo que es clave para optimizar la fermentación y mejorar la calidad del cacao.

Tabla 5. Efecto de la interacción de Cacao Nacional y CCN-51, según la aplicación de %MM (0 %, 30 % y 60 %), bajo dos métodos de fermentación (cajas de Rohan y sacos de yute) sobre las variables pH en el periodo fermentativo

Factor			Variable										
Cacao	%M M	Método de Fermentación	pH1		pH2		pH3		pH4		pH5		
Nacio nal	0	Rohan	3,50		4,50		4,50		7,00		7,50		
		Yute	4,50		4,00		4,50		7,00		7,50		
	30	Rohan	4,00		4,50		4,00		7,00		8,00		
		Yute	4,00		3,50		4,50		6,50		7,50		
	60	Rohan	4,00		4,00		4,00		8,00		8,00		
		Yute	4,50		3,50		4,00		8,00		8,50		
CCN- 51	0	Rohan	3,00		5,00		7,50		7,50		7,50		
		Yute	4,50		5,00		8,00		7,00		7,50		
	30	Rohan	3,00		4,50		7,00		7,50		8,00		
		Yute	4,00		4,50		5,00		8,00		7,50		
	60	Rohan	3,50		4,50		5,00		8,00		8,00		
		Yute	3,50		4,50		4,00		8,00		9,00		
		CV		13,0 4		13,3 2		7,90		6,26		6,32	
			EEM ±	0,35 0		0,41 0		0,29		0,32		0,35	
Probabilida d	Cacao		0,03 06	n s	0,01 52	*	<0,00 01	*	0,00 17	*	0,12 84	n s	
	MM%		0,84 84	n s	0,23 74	n s	<0,00 01	*	0,05 27	n s	0,00 58	*	

Método de Fermentación	0,00 68	n *	0,18 27	n s	0,068 7		0,66 27	n s	0,12 84	n s
Cacao*%MM	0,61 86	n s	0,88 36	n s	0,000 1	*	0,56 45	n s	0,84 84	n s
Cacao*MétodoFermetación	0,43 01	n s	0,18 27	n s	0,011 1	*	0,66 27	n s	0,43 01	n s
%MM*MétodoFermetación	0,15 73	n s	0,88 36	n s	0,074 5	n s	0,05 27	n s	0,34 44	n s
Cacao*%MM*MétodoFermetación	0,34 44	n s	0,88 36	n s	0,010 9	*	0,05 27	n s	0,34 44	n s

Nota. ns = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); ** = altamente significativo ($p < 0.01$)

Fuente: elaboración propia.

- Evaluación de la temperatura durante la fermentación del cacao ([Tabla 6](#))

El análisis estadístico demostró que la temperatura del proceso fermentativo fue influenciada de manera significativa por la interacción entre el tipo de cacao, el porcentaje de microorganismo de montaña (% MM) y el método de fermentación. En la fase inicial (TEMP1), solo % MM mostró un efecto significativo ($p = 0,0001$), reflejando su impacto en la generación temprana de calor. En la fase TEMP2, este efecto se mantuvo ($p = 0,0146$), sin influencia significativa del tipo de cacao ni del método fermentativo. En la fase TEMP3, aunque los factores individuales no presentaron efectos significativos, la interacción % MM $\times$ Método de fermentación fue relevante ($p = 0,0033$), evidenciando la sinergia entre estos elementos en la modulación térmica, como se muestra en la [Tabla 6](#).

Durante la fase TEMP4, el método de fermentación tuvo un impacto significativo ($p = 0,0479$), y se detectó una interacción triple significativa entre Cacao $\times$ %MM $\times$ Método de fermentación ($p = 0,0031$), lo cual indica una influencia combinada en la retención y generación de calor. Finalmente, en TEMP5, se observaron efectos altamente significativos del %MM ($p < 0,0001$), del tipo de cacao ($p = 0,0032$) y del método de fermentación ($p < 0,0001$), así como una interacción triple persistente ($p = 0,0002$), confirmando que la temperatura final es resultado de una compleja interacción entre los factores evaluados.

Los coeficientes de variación (2,08–5,96 %) y los errores estándar (0,25–1,43) indicaron una variabilidad controlada y una alta precisión experimental. En conjunto, los resultados respaldan que el %MM, junto con la configuración fermentativa, desempeñan un papel clave en el perfil térmico, siendo fundamentales para la optimización del proceso de fermentación de cacao.

Tabla 6. Efecto de la interacción de cacao Nacional y CCN-51, según la aplicación de %MM (0%, 30% y 60%), bajo dos métodos de fermentación (cajas de Rohan y sacos de yute) sobre las variables de temperatura en el periodo fermentativo

Factor				Variable									
Cacao	%M	Método Fermentación	de	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5					
Nacional	0	Rohan		31,80	35,70	41,25	40,90	43,15					
		Yute		29,80	37,25	41,10	42,05	44,45					
	30	Rohan		28,55	30,90	41,30	40,35	45,20					
		Yute		29,70	33,15	41,80	40,25	45,20					
	60	Rohan		29,00	31,50	40,65	41,25	45,30					
		Yute		29,10	33,60	43,80	40,50	44,00					
CCN-51	0	Rohan		30,45	36,35	42,55	42,05	43,35					
		Yute		31,55	34,20	41,30	41,60	44,30					
	30	Rohan		29,90	31,80	40,20	40,55	42,10					
		Yute		28,90	36,40	42,15	42,05	44,90					
	60	Rohan		29,10	33,05	40,05	40,35	42,65					
		Yute		28,80	32,30	42,55	40,25	45,30					
		CV		2,08	5,96	1,40	1,03	0,80					
		EEM ±		0,440	1,430	0,57	0,30	0,25					
Probabilidad		Cacao		0,6289	n s	0,6930	n s	0,5880	n s	0,0017	*	<0,0001	*
		%MM		0,0001	*	0,0146	*	0,6230	n s	0,0063	*	0,0032	*
		Método Fermentación	de	0,5417	n s	0,1503	n s	0,0054	*	0,0479	*	<0,0001	*
		Cacao*%MM		0,8162	n s	0,3004	n s	0,1490	n s	0,3395	n s	0,0002	*
		Cacao*Método Fermentación		0,7224	n s	0,4124	n s	0,8819	n s	0,1294	n s	<0,0001	*
		%MM*Método Fermentación		0,6952	n s	0,2024	n s	0,0033	*	0,3966	n s	0,0189	*
		Cacao*%MM*Método Fermentación		0,0035	*	0,3043	n s	0,2788	n s	0,0031	*	0,0002	*

Nota. ns = no significativo ($p > 0,05$); * = significativo ($p < 0,05$); ** = altamente significativo ($p < 0,01$). Fuente: elaboración propia.

- Evaluación de los sólidos solubles durante la fermentación del cacao

El análisis estadístico reveló que la dinámica del contenido de sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación estuvo influenciada principalmente por la aplicación de microorganismo de montaña (%MM) y, en fases avanzadas, por la interacción entre tipo de cacao y método de fermentación. En la fase inicial (°Brix 1), el %MM tuvo un efecto significativo ($p = 0,0352$), reflejando su influencia en la concentración inicial de azúcares. En las fases °Brix 2 y 3, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los factores evaluados, lo que indica una degradación homogénea de azúcares entre tratamientos. En la fase °Brix 4, se identificó una interacción significativa entre tipo de cacao y método de fermentación ($p = 0,0263$), sugiriendo que estas variables en conjunto afectan la conversión de azúcares en metabolitos. En la última medición (°Brix 5), la interacción triple (Cacao $\times$ %MM $\times$ Método) fue significativa ($p = 0,0068$), lo que evidencia que la reducción final de °Brix está determinada por la combinación de factores experimentales. Los coeficientes de variación (0,32–0,75 %) y los errores estándar (0,32–0,61 %) confirmaron la precisión y consistencia de los datos. En conjunto, estos hallazgos indican que la aplicación de % MM tiene un efecto temprano sobre el contenido de sólidos solubles, mientras que las interacciones entre tipo de cacao y método fermentativo modulan el perfil de degradación de azúcares hacia el final del proceso, siendo clave para la calidad fermentativa del cacao.

Estos resultados sugieren que, si bien la aplicación de MM desempeñan un papel clave en la etapa inicial al acelerar la disponibilidad de azúcares fermentables, su influencia tiende a estabilizarse conforme avanza la fermentación. En cambio, las combinaciones específicas entre tipo de cacao y método de fermentación adquieren mayor relevancia en las fases finales, afectando de forma significativa la transformación de azúcares en compuestos precursores de aroma y sabor ([Tabla 7](#)).

Tabla 7. Efecto de la interacción de cacao Nacional y CCN-51, según la aplicación de %MM (0%, 30%), bajos dos métodos de fermentación (caja Rohan y sacos de yute) sobre las variables sólidos solubles (°Brix) en el periodo fermentativo.

Factor			Variable				
Cacao	%M M	Método de Fermentación	°Brix 1	°Brix 2	°Brix 3	°Brix 4	°Brix 5
Nacional	0	Rohan	13.50	10.50	15.00	13.00	14.00
		Yute	11.00	10.50	12.50	13.50	15.50
	30	Rohan	11.00	11.50	11.50	14.50	14.50
		Yute	11.50	10.00	12.00	15.00	16.00
	60	Rohan	9.50	10.50	10.00	15.00	14.00
		Yute	10.00	10.00	10.00	15.50	13.50
CCN-51	0	Rohan	10.00	11.00	16.00	15.00	15.00

30	Yute	6.50	12.00	12.50	13.00	14.50					
	Rohan	12.50	10.50	11.50	14.50	15.00					
	Yute	11.50	9.50	12.00	14.00	15.50					
	Rohan	10.50	9.00	10.00	15.00	15.00					
	Yute	11.00	10.00	13.50	14.50	16.00					
CV		9.90	8.31	15.14	3.18	3.07					
EEM ±		0.750	0.610	1.26	0.32	0.32					
Probabilidad	Cacao	0.1089	n s	0.6458	n s	0.8224	n s	0.6627	n s	0.0087	*
	%MM	0.0352	* s	0.0681	n s	0.0173	* s	0.0002	* s	0.0414	*
	Método de Fermentación	0.0558	n s	0.6458	n s	0.3769	n s	0.2046	n s	0.0087	*
	Cacao*%MM	0.0007	* s	0.1060	n s	0.1797	n s	0.0263	* s	0.0030	*
	Cacao*Método Fermentación	0.3549	n s	0.1827	n s	>0.9999	n s	0.0017	* s	0.2046	n s
	%MM*Método Fermentación	0.0153	* s	0.1339	n s	0.0190	* s	0.2072	n s	0.2841	n s
	Cacao*%MM*Método Fermentación	0.7758	n s	0.8484	n s	0.2243	n s	0.2072	n s	0.0068	*

Nota. ns = no significativo ($p > 0,05$); * = significativo ($p < 0,05$); ** = altamente significativo ($p < 0,01$). Fuente: elaboración propia.

- Efecto de la concentración de microorganismos de montaña en la calidad del cacao fermentado

Como se visualiza en la [Tabla 8](#), el análisis estadístico evidenció que el %MM influyó significativamente en la calidad postcosecha del cacao, mejorando el peso seco, el porcentaje de granos fermentados y reduciendo defectos. El 60 % de EM destacó con los mejores resultados, al conservar mayor peso seco y minimizar pérdidas durante la fermentación ($p = 0,0356$). Aunque el porcentaje de testa y cotiledón no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$), se observó una tendencia positiva con 60 % EM, asociada a una mejor conservación estructural de la almendra. El índice de semilla, sin mostrar significancia estadística, fue más elevado en los tratamientos con 60 % EM, sugiriendo una mayor estabilidad morfológica.

El porcentaje de granos fermentados evidenció un efecto altamente significativo del %MM ($p = 0,0091$), alcanzando $\geq 86,00\%$ con 60% EM, frente a valores $\leq 50,50\%$ en los tratamientos sin EM. Este efecto se atribuye a la acción microbiana en la degradación de la pulpa y la difusión de compuestos clave para una fermentación homogénea. Además, se observó una reducción drástica en granos violetas con 60% EM ($\leq 10,00\%$, $p < 0,0001$), y un efecto significativo del método de fermentación ($p = 0,0001$), destacando la importancia del diseño del sistema fermentativo.

Aunque no hubo diferencias significativas en la incidencia de granos pizarra ni mohosos, los valores más bajos de contaminación fúngica se observaron con 60% EM, lo que sugiere una posible acción antagonista de los EM frente a hongos. El Índice de Mazorca (IM) no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$), pero mostró una tendencia positiva en tratamientos con 60% EM ($14,3$ en Nacional; $13,9$ en CCN-51) frente a los sin EM, indicando una posible mejora en la densidad y calidad de la almendra. Los coeficientes de variación y errores estándar respaldaron la precisión de los datos. En conjunto, los resultados confirman que el 60% de EM mejora la fermentación, aumenta los granos bien fermentados y reduce defectos, optimizando la calidad del cacao.

Tabla 8. *Efecto de la interacción de cacao Nacional y CCN-51, según la aplicación de %MM (0%, 30% y 60%), bajo dos métodos de fermentación (cajas Rohan y sacos de yute) sobre las variables de la prueba de corte.*

Factor			Variables								
Caca o	% M M	Método de Fermentación	Peso seco	%Te sta	%Cotil edón	Índice de semilla	Ferment ados	Granos Violetas	Granos Pizarras	Granos Mohosos	IM
Naci onal	0	Rohan	741.5 0	16.3 3	83.67	1.64	49.50	50.50	0.00	0.00	13.3 3
		Yute	751.5 0	16.5 0	83.50	1.52	50.50	47.00	2.50	0.00	14.2
	30	Rohan	877.0 0	9.00	91.00	1.87	95.00	5.00	0.00	0.00	11.6
		Yute	894.5 0	9.83	90.17	1.70	95.00	3.00	0.00	0.00	11.8 9
	60	Rohan	888.0 0	10.1 7	89.84	1.71	98.50	0.50	1.00	0.00	13.0 9
		Yute	780.0 0	11.8 4	88.17	1.78	94.00	5.50	0.50	0.00	12.5 7
	0	Rohan	746.5 0	14.8 3	85.17	1.51	50.00	48.50	1.00	0.50	12.0 9
		Yute	745.0 0	15.8 3	84.17	1.48	50.50	47.50	1.50	0.50	12.5 9
	30	Rohan	903.0 0	10.8 3	89.17	1.75	92.00	4.50	0.00	1.50	12.3 5
		Yute	840.5 0	12.5 0	87.50	1.87	90.00	5.00	3.00	2.00	13.1 3
	60	Rohan	783.0 0	13.0 0	87.00	1.84	86.00	10.00	3.00	1.00	13.5 1

	Yute	830.50	11.50	88.50	1.85	87.50	10.50	1.50	0.50	13.51				
	CV	4.11	16.07	2.33	3.86	6.25	21.51	16.06	16.3	4.48				
	EEM ±	22.660	1.44	1.44	0.05	0.0469	3.01	0.96	0.58	0.41				
Probabilidad	Cacao	0.3257	n s	0.3523	n s	0.6294	n s	0.0469 *	0.1896 ns	0.0955 ns	0.0111 *	0.7233	n s	
	%MM	<0.0001	* *	0.0005	* *	0.0001	* *	<0.0001 *	<0.0001 *	0.5462 ns	0.3051	n s	0.0144 *	
	Método de Fermentación	0.2596	n s	0.4566	n s	0.4719	n s	0.7750 n s	0.9625 ns	0.2510 ns	0.9999	n s	0.1975	n s
	Cacao*%MM	0.7366	n s	0.2816	n s	0.0509	n s	0.1777 n s	0.1786 ns	0.4644 ns	0.3051	n s	0.0023 *	
	Cacao*Método Fermentación	0.4500	n s	0.7689	n s	0.071	*	0.7750 n s	0.9625 ns	>0.99 ns	0.9999	n s	0.6623	n s
	%MM*Método Fermentación	0.5721	n s	0.8502	n s	0.3007	n s	0.8907 n s	0.5037 ns	0.1456 ns	0.8314	n s	0.2489	n s
	Cacao*%MM*Método Fermentación	0.0119	*	0.5425	n s	0.0574	n s	0.6926 n s	0.6476 ns	0.1906 ns	0.8314	n s	0.6860	n s

Nota. ns = no significativo ($p > 0,05$); * = significativo ($p < 0,05$); ** = altamente significativo ($p < 0,01$). Fuente: elaboración propia.

Efecto de la concentración de microorganismos en las pruebas químicas

- Alcalinidad de ceniza (%)

El análisis de varianza (ANOVA) según la [Tabla 9](#), indicó diferencias marginalmente significativas en la alcalinidad de ceniza en función del tipo de cacao y el porcentaje de microorganismo de montaña (%MM) aplicados ($p = 0,064$). Se observó que el CCN-51 fermentado en Rohan con 60 % de EM presentó el valor más alto (4,87 %), mientras que el cacao CCN-51 sin EM mostró la menor alcalinidad (4,33 %). En contraste, el cacao Nacional mostró valores intermedios que oscilaron entre 4,58 % y 4,86 %, sin una tendencia marcada en función del % MM.

Estos resultados sugieren que la alcalinidad de ceniza está influenciada por el tipo de cacao y la actividad enzimática promovida por los microorganismos de montaña. Sin embargo, no se detectaron interacciones significativas entre los factores estudiados ($p > 0,05$), lo que indica que la alcalinidad de ceniza no se ve afectada de manera sinérgica por la combinación de tipo de cacao, % MM y método de fermentación.

- Contenido de humedad (%)

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) en el contenido de humedad de las almendras de cacao en función del tipo de cacao y la concentración de microorganismos de montaña (%MM). El cacao Nacional presentó mayor contenido de humedad (6,55 %–7,84 %) en comparación con CCN-51 (3,89 %–7,67 %), siendo el tratamiento con 60 % de EM en cajas de Rohan el que alcanzó los valores más elevados en ambas variedades. En contraste, el método de fermentación no mostró un efecto significativo sobre la humedad ($p = 0,7819$), indicando que la retención hídrica está más influenciada por las características varietales y por la actividad microbiana. La diferencia observada puede atribuirse a la estructura del mucílago y la porosidad de la testa, que modulan la evaporación del agua durante el proceso.

- Contenido de acidez

En cuanto a la acidez, también se identificaron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$), atribuibles al tipo de cacao y al %MM. El clon CCN-51 alcanzó valores de acidez considerablemente mayores (hasta 19,52 % con 60 % EM en Rohan), mientras que el cacao Nacional mantuvo niveles bajos (0,11 %–0,28 %), sin grandes variaciones entre tratamientos. Se observó una interacción significativa entre tipo de cacao y método de fermentación ($p = 0,0002$), lo que evidencia que la acumulación de ácidos depende tanto del perfil varietal como del sistema fermentativo. La elevada acidez en CCN-51 podría estar vinculada a una mayor proliferación de bacterias ácido-lácticas y levaduras que intensifican la síntesis de ácidos orgánicos, mientras que la baja acidez en Nacional se asocia a una menor actividad microbiana y a la composición intrínseca de la semilla que limita esta producción.

Tabla 9. Efecto de la interacción de cacao Nacional y CCN-51, según la aplicación de %MM (0%, 30% y 60%), bajo dos métodos de fermentación (cajas Rohan y sacos de yute) sobre las variables químicas en el periodo fermentativo

Factor			Variable					
Cacao	%MM	Método de Fermentación	Alcalinidad		Humedad	Acidez %		
			de ceniza %					
Nacional	0	Rohan	4,58		6,70	0,20		
		Yute	4,62		6,55	0,28		
	30	Rohan	4,85		7,38	0,15		
		Yute	4,84		7,47	0,11		
	60	Rohan	4,85		7,84	0,12		
		Yute	4,86		8,00	0,12		
CCN-51	0	Rohan	4,60		6,90	0,15		
		Yute	4,68		6,75	0,13		
	30	Rohan	4,87		7,38	0,15		
		Yute	4,85		7,67	0,17		
	60	Rohan	4,86		8,04	0,15		
		Yute	4,86		8,20	0,21		
		CV	4,33		3,89	19,52		
		EEM ±	0,150		0,200	0,03		
Probabilidad		Cacao	0,812	ns	0,1151	ns	0,0002	*
		%MM	0,064	ns	<0,0001	**	<0,0001	**
		Método de Fermentación	0,8402	ns	0,7819	ns	0,0013	*
		Cacao*%MM	0,9885	ns	>0,9999	ns	<0,0001	**
		Cacao*Método Fermentación	0,9600	ns	>0,9999	ns	0,0002	*
		%MM*Método Fermentación	0,9353	ns	0,464	ns	0,0001	*
		Cacao*%MM*Método Fermentación	0,9907	ns	>0,9999	ns	0,0011	ns

Nota. ns = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); ** = altamente significativo ($p < 0.01$). Fuente: elaboración propia.

- Interacción entre la variedad, la inducción y el método de fermentación en la actividad antioxidante

En este estudio se evaluó la capacidad antioxidante del cacao en función del método de fermentación y la inducción aplicada. Los valores obtenidos, expresados en $\mu\text{mol Trolox/g}$, evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose la influencia del tipo de fermentación y la presencia de inducción en la actividad antioxidante del cacao, como se muestra en la [Figura 1](#).

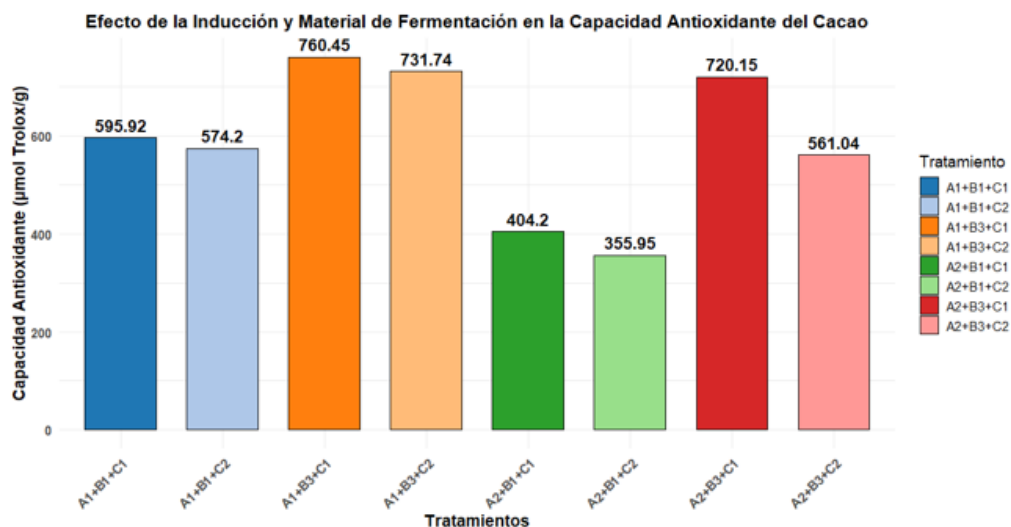
Los resultados indican que el tratamiento A1+B3+C1, Cacao Nacional con inducción del 60 % fermentado en cajas Rohan, presentó la mayor capacidad antioxidante con un valor de 760,45 $\mu\text{mol Trolox/g}$, seguido de A1+B3+C2, Cacao Nacional con inducción del 60 % fermentado en yute con 731,74 $\mu\text{mol Trolox/g}$. De manera similar, A2+B3+C1, CCN51 con inducción del 60 % fermentado en cajas Rohan alcanzó un valor de 720,15 $\mu\text{mol Trolox/g}$. Estos resultados sugieren que la combinación del método de fermentación en cajas Rohan junto con una inducción del 60 % favorece la acumulación de compuestos antioxidantes en las muestras de cacao.

En contraste, los valores más bajos se registraron en los tratamientos A2+B1+C2, CCN51 sin inducción 0 % fermentado en yute y A2+B1+C1, CCN51 sin inducción 0 % fermentado en cajas rohan, con 355,95 $\mu\text{mol Trolox/g}$ y 404,2 $\mu\text{mol Trolox/g}$, respectivamente. Estos resultados evidencian que la ausencia de inducción y el tipo de fermentación impactan negativamente en la capacidad antioxidante del cacao.

Por otro lado, los tratamientos A1+B1+C1, 595,92 $\mu\text{mol Trolox/g}$ y A1+B1+C2, 574,2 $\mu\text{mol Trolox/g}$ presentaron valores intermedios, lo que sugiere que el cacao Nacional sin inducción tiende a mantener una actividad antioxidante superior a la del CCN51 en condiciones similares. De manera similar, el tratamiento A2+B3+C2, 561,04 $\mu\text{mol Trolox/g}$ mostró que la fermentación en yute y la inducción pueden mitigar en cierta medida la menor capacidad antioxidante del CCN51.

Los hallazgos obtenidos refuerzan la hipótesis de que la fermentación y la inducción juegan un papel crucial en la bioacumulación de compuestos antioxidantes en el cacao. En particular, el uso de la fermentación en cajas Rohan, en combinación con un 60 % de inducción, demostró ser una estrategia eficaz para mejorar la actividad antioxidante en los granos de cacao. Este comportamiento podría atribuirse a una mejor retención y transformación de los precursores fenólicos durante el proceso fermentativo, así como a una mayor actividad enzimática promovida por la inducción.

Figura 1. *Gráfica de capacidad antioxidante del cacao en función del método de inducción y fermentación.*



Fuente: elaboración propia.

- Interacción entre la variedad, la instrucción y el método de fermentación en el análisis organoléptico

Como se indica en la ([Tabla 10](#)), los resultados evidenciaron que el cacao Nacional presentó valores superiores en apariencia, color, aroma y sabor en comparación con CCN-51. La mejor puntuación en apariencia se obtuvo en el tratamiento sin inducción de EM fermentado en cajas Rohan (4,73), mientras que el menor valor correspondió a CCN-51 con EM 60 % fermentado en sacos de yute (3,47). En cuanto al color, se observó una tendencia similar, donde el cacao Nacional sin EM fermentado en cajas Rohan mostró el valor más alto (4,73), mientras que el menor puntaje correspondió a CCN-51 con EM 60 % en sacos de yute (3,47). Estos resultados sugieren que la variedad Nacional mantiene mejores características visuales después de la fermentación en comparación con CCN-51.

El uso de microorganismos de montaña tuvo un efecto significativo en los atributos organolépticos, específicamente en apariencia ($p = 0,0255$), color ($p = 0,0048$) y sabor ($p = 0,0112$), mientras que en aroma y textura no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Se evidenció que los tratamientos sin inducción de EM presentaron mejores puntuaciones en apariencia y color, mientras que en sabor los tratamientos con EM al 30 % en Nacional alcanzaron valores superiores a los tratamientos sin EM y con EM al 60 %. Esto indica que la inducción controlada de microorganismos favorece el desarrollo de compuestos precursores del sabor, mientras que concentraciones más elevadas pueden generar efectos adversos en la apariencia y la percepción visual del cacao.

El método de fermentación no tuvo un impacto significativo en ninguno de los atributos organolépticos evaluados ($p > 0,05$). Sin embargo, se observó una ligera tendencia a mejores puntuaciones en apariencia y color en los tratamientos fermentados en cajas Rohan, mientras que la fermentación en sacos de yute se asoció con menores valores en textura y sabor. Estos resultados

sugieren que, aunque el método de fermentación no genera cambios significativos en las propiedades organolépticas del cacao, su influencia en la homogeneidad del proceso podría afectar la percepción final del grano.

El análisis de interacciones reveló que la combinación entre tipo de cacao y porcentaje de EM tuvo un efecto significativo sobre el color ($p = 0,0048$), indicando que la influencia del microbiota fermentativo sobre este parámetro varía en función de la variedad de cacao. No se encontraron efectos de interacción significativos para los demás atributos evaluados, lo que sugiere que el impacto de los tratamientos aplicados sobre la calidad organoléptica del cacao es independiente de la combinación entre los factores estudiados.

Los resultados obtenidos indican que el cacao Nacional mantiene mejores características organolépticas en comparación con el CCN-51, con valores superiores en apariencia, color, aroma y sabor.

Tabla 10 . Efecto de la interacción de Cacao (Nacional y CCN-51), según la aplicación de %MM (0%, 30% y 60%), bajo dos métodos de fermentación (cajas Rohan y sacos de yute) sobre las variables del análisis organoléptico

Factor				Variables				
Cacao	%M M	Método de Fermentación		Aparienc ia	Color	Arom a	Textu ra	Sabo r
Nacion al	0	Rohan		4,73	4,73	4,87	4,53	4,13
		Yute		3,80	4,33	3,73	2,67	4,13
	30	Rohan		3,67	3,73	3,67	3,40	3,00
		Yute		3,53	3,73	3,47	3,67	3,07
	60	Rohan		3,87	3,53	4,00	3,73	3,73
		Yute		3,73	3,53	3,93	3,53	3,20
CCN- 51	0	Rohan		3,80	3,73	3,53	3,67	3,47
		Yute		3,73	3,47	3,60	3,40	3,20
	30	Rohan		3,53	3,60	3,40	3,47	3,20
		Yute		3,20	3,73	3,40	3,40	2,87
	60	Rohan		3,47	3,53	3,40	3,27	2,80
		Yute		3,93	3,53	3,07	3,27	3,13
	CV			28,45	29,24	30,13	35,11	39,35
	EEM $\pm$			0,280	0,29	0,29	0,32	0,34

Probabilidad	Cacao	0,0825	n s	0,004 8	*	0,001 2	*	0,275 0	n s	0,027 8	*
	%MM	0,0255	*	0,155 4	n s	0,072 0	n s	0,834 3	n s	0,011 2	*
	Método de Fermentación	0,2366	n s	0,642 7	n s	0,094 1	n s	0,040 1	*	0,532 1	n s
	Cacao*%MM	0,5799	n s	0,108 3	n s	0,272 3	n s	0,792 2	n s	0,242 6	n s
	Cacao*Método Fermentación	0,1862	n s	0,842 4	n s	0,253 8	n s	0,225 4	n s	0,864 6	n s
	%MM*Método Fermentación	0,2297	n s	0,557 5	n s	0,533 5	n s	0,029 4	*	0,996 8	n s
	Cacao*%MM*Método Fermentación	0,3645	n s	0,961 1	n s	0,182 3	n s	0,064 9	n s	0,349 s	n s

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados de esta investigación evidencian diferencias en las características morfológicas de las mazorcas de cacao entre las variedades CCN-51 y Nacional, lo que concuerda con estudios previos sobre la variabilidad fenotípica en cultivares ecuatorianos (Amador-Sacoto et al., 2022).

Las dimensiones del fruto, incluyendo el largo y el ancho de la mazorca, fueron ligeramente superiores en la variedad Nacional. Sin embargo, las pruebas de t-Student indicaron que estas diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que ambos cultivares presentan dimensiones comparables. Esto es consistente con investigaciones previas sobre cruces interclonales que muestran variaciones menores entre ciertos genotipos (Vera-Chang et al., 2024).

El número de almendras por mazorca fue similar entre ambas variedades con 45,23 en CCN-51 y 44,75 en Nacional, aunque la mayor desviación estándar en Nacional indica una mayor heterogeneidad dentro de la población. Este comportamiento podría estar relacionado con la variabilidad genética observada en los cruces interclonales (Vera-Chang et al., 2024), lo que resalta la importancia de estrategias de selección clonal para mejorar la uniformidad del cultivo.

Los resultados también coinciden con estudios recientes que han evaluado la aplicación de microorganismos de montaña y extractos frutales en la fermentación del cacao (Vásquez et al., 2024); los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre las variedades en los parámetros evaluados. Esto sugiere que, aunque existen ligeras diferencias fenotípicas entre CCN-

51 y Nacional, ambas variedades pueden considerarse competitivas para la producción de cacao, dependiendo de los objetivos agronómicos y comerciales.

El control del pH durante la fermentación del cacao es un factor determinante en la formación de precursores aromáticos y la estabilización de la calidad organoléptica del grano, elementos esenciales para su aceptación en mercados de alta exigencia. La interacción entre la selección de microorganismos de montaña y el sistema fermentativo juega un papel crítico en la regulación del pH, influyendo en la bioquímica del proceso fermentativo. Estudios previos han señalado que la evolución del pH modula la producción de ácidos orgánicos, facilitando la degradación del mucílago y promoviendo transformaciones metabólicas clave para la expresión del perfil organoléptico del cacao (Cedeño et al., 2024).

La evidencia sugiere que los MM optimizan la acidificación del sistema fermentativo al potenciar la actividad enzimática, lo que favorece una conversión más eficiente de los sustratos en compuestos precursores del aroma y sabor. Investigaciones previas han demostrado que la actividad microbiana puede generar variaciones en el pH más determinantes que el propio material genético o el método de fermentación (Cedeño et al., 2024). Esta dinámica fermentativa es fundamental en la regulación de la acidez, un atributo organoléptico crucial en la percepción del cacao de alta calidad.

La regulación térmica durante la fermentación del cacao es un factor determinante en la activación y dinámica de los microorganismos involucrados en el proceso. La temperatura juega un papel clave en la degradación del mucílago y la formación de compuestos precursores del aroma y sabor del cacao. En este estudio, se evidenció que la temperatura varió significativamente en función del porcentaje de microorganismo de montaña (%MM) y del método de fermentación, con efectos diferenciados en distintas etapas del proceso. Estos resultados concuerdan con estudios previos que han demostrado que la inclusión de microorganismos específicos en la fermentación de cacao puede modificar la cinética térmica del proceso, optimizando el desarrollo microbiano y mejorando la calidad organoléptica del grano (Vera Chang et al., 2023)

Las diferencias térmicas observadas en los tratamientos con % MM están en concordancia con estudios previos que han demostrado que la actividad microbiana exógena puede acelerar el incremento de temperatura en las primeras fases de fermentación (Cedeño et al., 2023). La presente investigación muestra que el efecto de los microorganismos de montaña es evidente desde la fase inicial, donde el tratamiento con mayor concentración de % MM alcanzó temperaturas superiores en comparación con los tratamientos control. Esto se explica por la mayor producción de metabolitos exógenos y el incremento en la tasa de respiración microbiana, lo cual coincide con lo reportado por (Vera et al., 2022).

Asimismo, la estabilización térmica observada en la última fase de fermentación sugiere un equilibrio bioquímico alcanzado por la actividad microbiana, lo que ha sido documentado en estudios previos sobre fermentaciones dirigidas de cacao con microorganismos de montaña (Vásquez et al., 2024). Se ha evidenciado que la temperatura óptima para la fermentación del cacao oscila entre 40 y 45 °C, valores que fueron alcanzados en la mayoría de los tratamientos con % MM, mientras que los tratamientos sin inoculación mostraron menores temperaturas, lo que podría afectar negativamente la degradación del mucílago y la producción de compuestos precursores del aroma.

El monitoreo del contenido de sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación del cacao es un indicador clave de la actividad microbiana y la degradación de azúcares presentes en la pulpa. La evolución de los °Brix refleja la conversión de azúcares en metabolitos esenciales para el desarrollo de compuestos aromáticos y la reducción de compuestos no deseados en el grano. En este estudio, se evidenció que la dinámica de los sólidos solubles estuvo influenciada por la aplicación de microorganismo de montaña (%MM) y la interacción entre el tipo de cacao y el método de fermentación, lo cual concuerda con estudios previos sobre la cinética de fermentación en cacao (Vera Chang, et al., 2023).

El uso de microorganismo de montaña (%MM) durante la fermentación del cacao ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar la calidad estructural de las almendras y reducir defectos que afectan su valor comercial. En este estudio, la aplicación de 60 % EM mostró un impacto positivo en parámetros clave como el peso seco, el porcentaje de granos fermentados y la reducción de defectos en las almendras. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que han reportado que la adición de microorganismos específicos mejora la degradación del mucílago, favorece la acidificación controlada y optimiza la formación de compuestos clave en la almendra (Vera Chang et al., 2023).

Los tratamientos con 60 % EM presentaron un mayor peso seco en comparación con los tratamientos sin EM, lo que indica una mejor conservación de la materia seca. Este efecto ha sido reportado en estudios previos, donde la aplicación de microorganismos de montaña redujo las pérdidas de peso asociadas a la descomposición microbiana y favoreció una fermentación homogénea (Cedeño et al., 2024). Además, la ligera reducción en el porcentaje de testa sugiere que los EM facilitan una degradación más eficiente de los tejidos externos, permitiendo una mejor penetración de compuestos fermentativos en la almendra.

Además, la reducción de granos violetas con la aplicación de EM (≤ 10.00 %) coincide con lo reportado en estudios donde los microorganismos favorecen la actividad enzimática y la descomposición del mucílago, disminuyendo la incidencia de fermentaciones incompletas. Este comportamiento ha sido observado en fermentaciones dirigidas, donde la adición de consorcios microbianos permite una acidificación más uniforme del ambiente fermentativo, promoviendo la transformación bioquímica del grano (Vásquez et al., 2024).

Los valores de alcalinidad de ceniza presentaron diferencias marginalmente significativas según el tipo de cacao y la concentración de %MM. El incremento observado en los tratamientos con 60 % de EM en CCN-51 sugiere que los microorganismos de montaña pueden influir en la mineralización del grano y en la retención de componentes inorgánicos, lo que coincide con estudios previos que documentan un aumento en la disponibilidad de compuestos minerales debido a la acción microbiana durante la fermentación (Vera et al., 2023). Sin embargo, la ausencia de interacciones significativas entre los factores evaluados indica que la alcalinidad de ceniza es un parámetro más dependiente de la composición genética del cacao que de la manipulación del proceso fermentativo.

El contenido de humedad mostró una alta variabilidad entre tratamientos, siendo significativamente mayor en los granos de cacao Nacional en comparación con el cacao CCN-51. La relación directa entre la retención de humedad y la actividad microbiana ha sido previamente documentada en investigaciones que destacan que la estructura del mucílago y la porosidad de la testa pueden influir en la evaporación del agua durante la fermentación (Cedeño et al., 2024). En

este estudio, el incremento en el contenido de humedad con la aplicación de % MM sugiere que los microorganismos pueden modular la actividad enzimática y la retención de agua en la almendra, promoviendo una fermentación más homogénea y reduciendo la pérdida prematura de humedad, lo que es clave para evitar una deshidratación acelerada y pérdida de calidad del grano.

La acidez fue la variable más influenciada por la aplicación de % MM, mostrando diferencias significativas entre variedades de cacao y tratamientos fermentativos. El aumento de acidez en CCN-51 con 60 % de EM es consistente con estudios que han reportado una mayor actividad de *Lactobacillus* y levaduras fermentativas en condiciones de mayor disponibilidad de sustratos azucarados (Vásquez et al., 2022). Este incremento en la producción de ácido acético y láctico durante la fermentación mejora la penetración de metabolitos clave en la almendra, favoreciendo la transformación de precursores aromáticos esenciales en el perfil organoléptico del cacao. En contraste, la estabilidad en la acidez del cacao Nacional podría estar relacionada con diferencias en la microbiota endógena de esta variedad, que podría tener una menor capacidad de producción de ácidos orgánicos o una mayor resistencia a cambios en el pH, como lo han reportado investigaciones sobre fermentaciones controladas en diferentes genotipos de cacao (Vásquez et al., 2024).

El impacto de la fermentación y la adición de microorganismo de montaña (%MM) en la actividad antioxidante del cacao ha sido ampliamente estudiado debido a su relevancia en la mejora del perfil de compuestos bioactivos. En este estudio, se encontró que la combinación del método de fermentación en cajas Rohan y una inducción del 60 % favoreció la acumulación de compuestos antioxidantes en el cacao, con valores que superan los 760 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en el cacao Nacional. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas donde se ha demostrado que la fermentación dirigida contribuye a la retención de polifenoles y otros compuestos bioactivos esenciales (Pallares et al., 2016).

El método de fermentación empleado también tuvo un impacto relevante en la capacidad antioxidante. En estudios previos, se ha observado que la fermentación en cajas favorece una mayor estabilidad térmica y una menor oxidación de polifenoles, en comparación con métodos más expuestos al ambiente, como el uso de sacos de yute (Cedeño et al., 2024).

El análisis organoléptico del cacao es un factor determinante en su valorización dentro de la industria chocolatera, ya que atributos como apariencia, color, aroma, textura y sabor influyen directamente en la aceptación del producto final. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas entre variedades, así como un impacto moderado del uso de microorganismo de montaña (%MM) y el método de fermentación. En línea con estudios previos, se ha reportado que la fermentación controlada puede optimizar los atributos organolépticos mediante la modulación de la microbiota y la bioquímica del proceso (Vera Chang et al., 2023).

El cacao Nacional mostró puntuaciones superiores en apariencia, color, aroma y sabor en comparación con CCN-51. En particular, los tratamientos sin EM fermentados en cajas Rohan presentaron las mejores calificaciones, lo que sugiere que esta combinación permite preservar mejor la calidad visual del grano y su perfil organoléptico. Investigaciones previas han reportado que la fermentación controlada en cajas de madera favorece una distribución homogénea de temperatura y humedad, lo que optimiza la conversión de precursores de sabor y la retención de compuestos fenólicos responsables del color y la apariencia (Cedeño et al., 2024).

Conclusiones

La presente investigación confirmó que la aplicación de microorganismos de montaña (MM) durante la fermentación del cacao tiene un impacto significativo en la calidad del grano, especialmente cuando se utiliza en combinación con cajas Rohan. Esta estrategia favoreció una fermentación más homogénea, mejoró el perfil organoléptico y potenció la actividad antioxidante, destacando la variedad Nacional por su mayor estabilidad en atributos sensoriales, y al CCN-51 por su respuesta positiva en la dinámica fermentativa inducida. Estos resultados evidencian el potencial de los EM como agentes moduladores del proceso bioquímico de fermentación, optimizando tanto parámetros físicos como funcionales del grano.

Asimismo, el incremento en el porcentaje de almendras bien fermentadas y la reducción de defectos visibles, observados en los tratamientos con 60 % EM, refuerzan su aplicabilidad como herramienta biotecnológica en la postcosecha del cacao. La combinación de fermentación dirigida y diseño adecuado del sistema como las cajas Rohan, representa una alternativa viable y sostenible para mejorar la calidad del cacao ecuatoriano, agregando valor al producto final e incrementando su aceptación en mercados especializados donde se privilegian atributos sensoriales, funcionales y de inocuidad.

Agradecimientos

Se expresa un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Babahoyo al Rector Ing. Marcos David Oviedo Rodríguez Ph.D, por el respaldo académico brindado durante el desarrollo de este proyecto. Asimismo, se reconoce el acompañamiento y la disposición institucional que hicieron posible la ejecución de esta investigación, aportando significativamente al logro de los objetivos planteados.

Potencial conflicto de intereses

Los autores de este artículo declaran la inexistencia de conflicto de intereses en la realización de esta investigación.

Fuentes de financiación

Esta investigación no contó con financiamiento externo. Todos los gastos asociados al desarrollo del proyecto fueron asumidos por el propio equipo investigador, en el marco de su compromiso con la generación de conocimiento y el fortalecimiento académico.

Referencias bibliográficas

- Cedeño, J., Intriago, F., Parraga, C., Alvarado, K., Vásquez, L., Revilla, K., y Aldas, J. (2024). Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cacao (*Theobroma cacao* L.) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. *Biotecnia*, 26(2422), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2422>
- Cedeño, J. Parraga, C., y Intriago, F. (2023). *Inducción de microorganismos eficaces (EM) en la masa fermentativa del cacao (Theobroma cacao L.) y su incidencia las características físico química y antioxidante*. Universidad Técnica de Manabí.
- Intriago, F., Alvarado, K., Vera, J., Vásquez, L., Tigselema, S. y Verduga, C. (2024). Post-harvest quality of cacao (*Theobroma cacao* L.) for the chocolate industry. En L.C. García, N.R. Maddela, F. Zambrano, y D. Aguilar (Eds.), *Sustainable Cacao Cultivation in Latin America* (1.a ed., pp. 270–291). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003381761-17/post-harvest-quality-cacao-theobroma-cacao-chocolate-industry-frank-intriago-flor-kerly-alvarado-v%C3%A1squez-jaime-vera-chang-luis-v%C3%A1squez-cortez-solanyi-tigselema-zambrano-cristhian-verduga-l%C3%B3pez?context=ubx&refId=66c90aef-fa25-4662-821f-687e31dc2bf2>
- Revilla, K., Intriago, F., Chávez, G., Vásquez, L., Alvarado, K., Vera, J., Radice, M. y Maddela, R. (2023). Evaluación del contenido de cadmio y caracterización fisicoquímica de almendras y pasta de cacao (*Theobroma cacao*). *Innovaciencia*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.15649/2346075X.3411>
- Pallares, Estupiñan, M., Perea, J., & López, L. (2016). Impacto de la fermentación y secado sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del clon de cacao CCN-51. *Revista ION*, 29(2), 7–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016001>
- Amador-Sacoto, C., Alvarado-Barzallo, A., Farah-Asang, S. y Martillo-Garcia, J. (2022). Caracterización morfológica del cacao nacional “*Theobroma cacao* L.” del cantón Naranjal, Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 80–97. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/978>
- Sanchez, M., Mestanza, C., Vargas, Y., Burbano, R., Calero, A. y Ramirez, C. (2019). Evaluation of the Cocoa Bean (*Theobroma Cacao* L.), using Two Fermentators, Orellana and Sucumbios Provinces, Ecuador. *International Journal of Engineering Research y Technology*, 08(7), 278–283. <https://www.ijert.org/research/evaluation-of-the-cocoa-bean-theobroma-cacao-l-using-two-fermentators-orellana-and-sucumbios-provinces-ecuador-IJERTV8IS070154.pdf?>
- Vásquez, L., Alvarado, K., Intriago, F., Vera, J., Raju, N. y Prasad, R. (2024). Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discover Food*, 4(163), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>

- Vásquez, L., Rivadeneira, C., Intriago, F., Durazno, L., Vera, J. y Arboleda, L. (2023). Utilización de extracto de jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao. *InvestiGo*, 4(8), 95–117. <https://doi.org/https://doi.org/10.56519/g3zy6452>
- Vera-Chang, J., Intriago-Flor, F., Vásquez-Cortez, L. y Alvarado-Vásquez, K. (2022a). Inducción anaeróbica de *bradyrhizobium japonicum* en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *Journal of Science and Research UTB*, 7(2), 19–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7723254>
- Vásquez, Vera, J., Erazo, C., & Intriago, F. (2022). Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L .) as a strategy for the decrease of cadmium. *International Journal Od Health Sciences*, 6(3), 11354–11371. <https://doi.org/https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672> Induction
- Vera Chang, J., Benavides Vera, J., Vásquez Cortez, L., Alvarado Vásquez, K., Reyes Pérez, J., Intriago Flor, F., Naga Raju, M. y Castro Triana, V. (2023). Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales*, 10(1), 95–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.5460>
- Vera-Chang, J., Herrera-Tamayo, N., Alvarez-Sanchez, R., Alvarez-Aspiazu, A., Díaz-Camposano, E. y Vásquez-Cortez, L. (2024). Comportamiento agronómico de cuarenta y un cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L .) en Ecuador. *Revista Actualidad y Divulgación Científica*, 27(2), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.31910/rudca.v27.n2.2024.2729>
- Vera, J. Intriago, F., Alvarado, K., y Vasquez, L. (2022). Inducción anaeróbica de *bradyrhizobium japonicum* en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *Journal of Science and Research*, 7(2), 50–69.
- Vera, Vásquez, L., Alvarado, K., Intriago, F., Peralta, F., Yépez, P., Vallejo, C., & Rivadeneira, C. (2023). Aprovechamiento de hojas de variedades de cacao (*Theobroma cacao* L .) Nacional , Forastero y Trinitario , con dos estadios fisiológicos foliares para la obtención de una infusión. *Revista Agrotecnología Amazónica*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.51252/raa.v4i1.573>
- Vera, Vásquez, L., Alvarado, K., Intriago, F., Raju, M., & Radice, M. (2024a). Physical and organoleptic evaluation of 12 cocoa clones (*Theobroma cacao* L .) of National type , in Cocoa liquor — a study from Ecuador. *Systems, Smart Technologies and Innovation for Society*, 870, 8–15. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_18
- Vera, Vásquez, L., Alvarado, K., Intriago, F., Raju, M., & Radice, M. (2024b). Physical and Organoleptic Evaluation of 12 Cocoa Clones (*Theobroma Cacao* L.) of National Type, in Cocoa Liquor—a Study from Ecuador. *Systems, Smart Technologies and Innovation for Society*, 870, 199–211. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_18
- Amay-Freire, A. (2023). *Efecto de tres dosis de biol sobre la floración de cacao (Theobroma cacao) CCN51 en el cantón la troncal* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Centro

de información agraria.
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AMAY%20FREIRE%20ANGEL%20ALFREDO.pdf>

Rivera-Fernández, R. D., Mecías-Gallo, F. W., Guzmán-Cedeño, Á. M., Peña-Galeas, M. M., Medina-Quinteros, H. N., Casanova-Ferrín, L. M., Barrera Álvarez, A. E. y Nivelá-Morante, P.E. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional. *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 7-12.
 file:///C:/Users/merly/Downloads/Dialnet-EfectoDelTipoYTiempoDeFermentacionEnLaCalidadFisic-4149700.pdf

Medina-Saavedra, T., Dzul-Cauich, J., Arroyo-Figueroa, G., García-Vieyra, I., Quiñones-Páramo, M. y Mexicano-Santoyo, L. (2021). Microorganismos de montaña y ensilado de maíz como probióticos en la engorda de conejos. *Abanico veterinario*, 11, 1-9. Microorganismos de montaña y ensilado de maíz como probióticos en la engorda de conejos Medina-Saavedra Abanico Veterinario

1 Docente Investigador de Agroindustria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos Ecuador, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, ICAI-CONICET. Correo electrónico: lvazquezc@utb.edu.ec – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1850-0217> – Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=HFuWYMAAAAJ>

2 Estudiante de la Carrera de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, (Ecuador). Correo electrónico: ccevallosc@faciag.utb.edu.ec – ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6036-8348> –Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?view_op=list_works&hl=es&user=85FFjQcAAAAJ

3 Docente de la Carrera de Agroindustria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos (Ecuador). Correo electrónico: muvidia@utb.edu.ec - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6715-9951> – Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=PfbLeAkAAAAJ&hl=es>

4 Docente de la Carrera de Agroindustria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos (Ecuador). Correo electrónico: ssegobiam@utb.edu.ec - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-0049> – Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=G6vp_twAAAAJ

5Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Córdoba. Campus Internacional de Excelencia en el Sector Agroalimentario. Córdoba, España. Correo electrónico: z02plmoj@uco.es – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7469-0524> – Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=P-A63eAAAAAJ&hl=es>

Para citar este artículo: Vásquez Cortez, L. H., Cevallos Castillo, C. A., Uvidia Vélez, M. V., Segobia Muñoz, S. A. y Plua Montiel, J. A. (2025). Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional

y CCN51 mediante la inducción de microorganismos en sacos de yute y cajas de Rohan para mejorar el perfil organoléptico. Revista *Luna Azul*, (60), 168-181. <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.60.10>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)



Código QR del artículo

