

# 05

Fecha de presentación: febrero, 2024

Fecha de aceptación: junio, 2024

Fecha de publicación: julio, 2024

## FERMENTACIÓN DE CACAO

CRIOLLO Y CCN-51: BACTERIA LACTOBACILLUS FERMENTUM Y LEVADURA LSACCHAROMYCES CEREVISIAE

### FERMENTATION OF CACAO CRIOLLO AND CCN-51: LACTOBACILLUS FERMENTUM BACTERIUM AND SACCHAROMYCES CEREVISIAE YEAST

Thalia Madyson Lagos Quispe <sup>1\*</sup>

E-mail: [lagosthalia6@gmail.com](mailto:lagosthalia6@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8904-6416>

Ellard Eric Vásquez Montenegro <sup>2</sup>

E-mail: [eric.vasquez@untrm.edu.pe](mailto:eric.vasquez@untrm.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9655-7687>

Golber Rojas Yauri <sup>1</sup>

E-mail: [grojas@unah.edu.pe](mailto:grojas@unah.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7153-8698>

Idania Lidia Huamani Urpe <sup>1</sup>

E-mail: [ihuamani@unah.edu.pe](mailto:ihuamani@unah.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-4695>

Julio Cesar Sosa Choque <sup>3</sup>

E-mail: [jcsosa@unap.edu.pe](mailto:jcsosa@unap.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2700-0575>

\* Autor para la correspondencia

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de Huanta. Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Perú.

<sup>3</sup> Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Perú.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lagos Quispe, T. M., Vásquez Montenegro, E. E., Rojas Yauri, G., Huamani Urpe, I. L., & Sosa Choque, J. C. (2024). Fermentación de Cacao Criollo y CCN-51: Bacteria Lactobacillus Fermentum y levadura LSaccharomyces Cerevisiae. *Universidad y Sociedad* 16(4), 52-63.

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar las características de fermentación del cacao Criollo y CCN-51, con la acción de bacterias (*Lactobacillus fermentum*) y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), en el distrito de Ayna San Francisco, provincia de La Mar – Ayacucho (VRAEM). Investigación experimental, aplicada y cuantitativa. Fueron establecidos seis tratamientos incluyendo los testigos, dos tratamientos se adicionaron con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) al 5gr/kg de cacao, dos tratamientos se adiciono bacteria (*Lactobacillus fermentum*) al 3gr./kg de cacao y dos tratamientos fueron testigo. El mayor porcentaje de granos fermentados lo obtuvo el tratamiento con adición de levadura (*Saccharomyces sereviseae*) que aceleró la fermentación aumentando la temperatura a 40°C a, mientras que el tratamiento con las bacterias (*Lactobacillus fermentum*), no logró fermentar adecuadamente, debido a que se reportaron temperaturas bajas 20.9°C y presencia de granos violetas 77%. Concluye que la acción de la levadura en el proceso de fermentación mejoró las características organolépticas, mientras que la bacteria (*Lactobacillus fermentum*) desarrollo características más amargos y astringentes con menos características organolépticas. Al evaluar el análisis físico de los granos del cacao, mostraron un pH promedio entre 4.5. a 5.8, donde el cacao con pH menor a 5, son más amargos.

**Palabras clave:** Cacao, Fermentación, Levadura, Bacteria, Cultivo, Microorganismos, Temperatura.

#### ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the fermentation characteristics of Criollo and CCN-51 cocoa, with the action of bacteria (*Lactobacillus fermentum*) and yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*), in the district of Ayna San Francisco, province of La Mar - Ayacucho (VRAEM). Experimental, applied and quantitative research. Six treatments were established,

including the controls, two treatments were added with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) at 5 g/kg of cocoa, two treatments were added with bacteria (*Lactobacillus fermentum*) at 3 g/kg of cocoa and two treatments were the controls. The highest percentage of fermented beans was obtained by the treatment with the addition of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), which accelerated fermentation by increasing the temperature to 40°C, while the treatment with bacteria (*Lactobacillus fermentum*) did not ferment adequately, due to low temperatures of 20.9°C and the presence of purple beans (77%). It concludes that the action of the yeast in the fermentation process improved the organoleptic characteristics, while the bacteria (*Lactobacillus fermentum*) developed more bitter and astringent characteristics with less organoleptic characteristics. When evaluating the physical analysis of the cocoa beans, they showed an average pH between 4.5 and 5.8, where cocoa with a pH lower than 5 is more bitter.

**Keywords:** Cocoa, fermentation, Yeast, Bacterium, Culture, Microorganisms, Temperature.

## INTRODUCCIÓN

El año 2022 la producción mundial de cacao fue de 14,5 mil millones de dólares con más de 10 millones de toneladas obtenidas (ICCO, 2023). A nivel internacional, la tendencia es hacia la producción de cacao sin uso de pesticidas, fertilizantes u otros productos químicos sintéticos, en su lugar, se utilizan métodos naturales para controlar plagas y enfermedades, y abonos naturales para fertilizar el suelo (Alvarado et al, 2023; Rodríguez-Velázquez et al, 2022). El Perú es considerado uno de los principales productores y proveedor de cacao fino y de aroma en el mundo (Observatorio del cacao fino y de aroma para América Latina, 2020). El cacao se cultiva en 10 regiones del Perú entre ellos Cusco, Ayacucho, Junín, Huánuco, San Martín, Cajamarca, Ucayali, Piura, Madre de Dios y Amazonas (Guzmán, 2020; López et al, 2020). La producción peruana se ha incrementado en una tasa de 12,6% anual (MIDAGRI, 2022).

La región Ayacucho se caracteriza por la vocación cacaotera, constituyendo el sustento económico de las poblaciones en la provincia de La Mar, distrito de Ayna San Francisco. Los productores cacaoteros locales, desconocen técnicas avanzadas del proceso de cosecha y postcosecha, teniendo deficiencias en la etapa de fermentación, lo que no permite activar perfiles característicos del cacao (Ordoñez et al, 2020). Muchos de ellos acortan el periodo de fermentación del grano, afectando la calidad del producto debido a las malas prácticas en el proceso de fermentación, prefiriendo disminuir el periodo

de fermentación con fines de comercialización rápida (Lagneaux et al., 2021; Martínez, 2021). En una fermentación natural, penetran microorganismos no deseables, en los granos, generando malos sabores y aromas que afecta al producto final (Castro et al., 2019; Cayetano et al., 2021; Jaimez et al., 2022). Aunado a que la mala práctica de fermentación, desarrolla acidez, amargura y astringencia (Rodríguez et al., 2022). El uso de cultivos iniciadores constituido por levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y bacterias lácticas (*Lactobacillus fermentum*), permite a los cacaoteros estandarizar el proceso de fermentación e impedir desviaciones de características fisicoquímicas (Alvarado et al., 2023; Otárola, 2018; Rodríguez et al., 2022; Zamudio-Palacios et al., 2021).

El problema de investigación corresponde a la caracterización de la fermentación del cacao Criollo y CCN-51 bajo la acción de bacterias (*Lactobacillus fermentum*) y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), en el distrito de San Francisco, Provincia de la Mar- Ayacucho (VRAEM), Perú, 2022. En ese contexto se formularon las siguientes hipótesis:

- Planteamiento de hipótesis (a)

•H0: La adición de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en la fermentación del cacao Criollo y CCN-51, no varían la temperatura; expresando que los tratamientos no tienen ningún efecto en la fermentación.

•H1: La adición de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en la fermentación del cacao Criollo y CCN-51, varían la temperatura; expresando que al menos un tratamiento genera efecto diferente en la fermentación.

- Planteamiento de hipótesis (b)

•H0: La determinación de la acidez, no viene inducida por la cantidad de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en el proceso de fermentación; expresando que los tratamientos no generan ningún efecto en la determinación de la acidez.

•H1: La determinación de la acidez, viene inducida por la cantidad de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en el proceso de fermentación; expresando que al menos un tratamiento genera efecto diferente en la determinación de la acidez.

- Planteamiento de hipótesis (c)

•H0: El análisis físico y sensorial de los granos de cacao Criollo y CCN-51, fermentados con levadura

(*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) muestran características similares de calidad; expresando que los tratamientos generan efectos similares.

•H1: El análisis físico y sensorial de los granos de cacao Criollo y CCN-51, fermentados con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) muestran características diferentes de calidad; expresando que al menos un tratamiento genera efecto diferente en la calidad.

El objetivo del estudio fue evaluar las características de fermentación del cacao Criollo y CCN-51, con la acción de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y bacterias (*Lactobacillus fermentum*) en el distrito de San Francisco, provincia de La Mar – Ayacucho (VRAEM), Perú, 2022

## MATERIALES Y MÉTODOS

Investigación experimental, descriptiva y aplicada de acuerdo a cada tratamiento inducido por cultivos iniciadores como la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y la bacteria (*Lactobacillus fermentum*), en la etapa de fermentación. La población corresponde a 175 kg de cacao fresco cosechados en la campaña de cosecha en una parcela en el distrito Ayna San Francisco de cacao Criollo y CCN-51 cultivados en el fundo Villa Rica del centro poblado de Ahuaruchayoc, distrito de Ayna San Francisco – VRAEM, Perú 2022. De las cuales se identificaron características ideales, madurez, libre de enfermedades y plagas. Muestra no probabilística por conveniencia, recolectando mazorcas de CCN-51 y criollas, en un total de 120 kg de cacao para los 6 tratamientos. Como Unidad experimental fueron utilizados 2kg de granos secos de cacao (CCN-51 y Criollo) por cada tratamiento, siendo un total de 12 kg. De estos 2kg se utilizó 1kg para el análisis físico y 1kg para el análisis sensorial. El diseño fue completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 2 repeticiones, incluido el testigo, dos tratamientos de cacao Criollo y CCN-51 fueron adicionados con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y dos tratamientos de cacao Criollo y CCN-51 fueron adicionados con bacteria (*Lactobacillus fermentum*), en la etapa de fermentación. Fue ejecutado el análisis de Varianza para los tratamientos. Ver tabla 1

### Tratamientos del Estudio

Tabla 1: Descripción de los tratamientos en estudio.

N°	Código campo	Código laboratorio del PROVRAEM y Cooperativa Quinacho	Código laboratorio del CITE Agroindustrial VRAEM	Descripción
1	TCN-01	TCP-107	TCP-113	Muestra testigo - cacao CCN- 51
2	TCN-02	TCP-108	TCP-114	Muestra de cacao CCN-51 con inducción de levadura S.C. (5 gr./1kg)
3	TCN-03	TCP-109	TCP-109	Muestra de cacao CCN-51 con inducción de bacteria L.F. (3 gr/1kg)
4	TCR-01	TCP-110	TCP-110	Muestra testigo - cacao Criollo
5	TCR-02	TCP-111	TCP-111	Muestra de cacao Criollo con inducción de levadura S.C. (5 gr./1kg)
6	TCR-03	TCP-112	TCP-112	Muestra de cacao Criollo con inducción de bacteria L.F. (3 gr/1kg)

Fuente: Elaboración propia

### Técnicas de Análisis

Análisis estadístico descriptivo mediante software Excel Microsoft office 2016. El análisis físico de granos de cacao, se realizó de acuerdo a la prueba de corte según las Normas Técnicas Peruanas- ISO 2451:2018. Para el análisis sensorial de granos de cacao se utilizando Ficha de Catación, implementada por el Proyecto de Desarrollo de Cooperativas USAID-Equal Exchange-TCHO.

## Procedimientos

a) Identificación de Frutos: Se identificaron plantas de cacao Criollo y CCN-51, libre de enfermedades y plagas, de acuerdo a la singularidad que presentan, se identificaron mazorcas que alcanzaron la madurez fisiológica.

b) Cosecha de frutos: Una vez ya identificada las mazorcas sanas y maduras del cacao Criollo y CCN-51, se procedió a la recolección haciendo uso de una tijera de podar.

c) Extracción de los granos: El quiebre de mazorcas se realizó con una cuchilla de acero inoxidable, esto con la finalidad de cortar la corteza de la mazorca sin dañar las semillas y extraer cuidadosamente los granos de cacao a un balde transparente de 20 L. se usó guantes quirúrgicos para extraer la placenta de cacao y separar las semillas. Una vez extraída los granos de cacao se trasladaron los cajones de fermentación.

d) Pesado de los granos de cacao frescos: Se registró el peso de los granos frescos mediante una balanza digital, cada muestra se pesó 20 kg. (6 muestras).

e) Fermentación del cacao Criollo y CCN-51: Una vez pesado el cacao en baba se pasó a cajones fermentadores de madera tornillo, se registró la °Brix, temperatura y el PH, en la primera etapa se utilizaron cajones con agujeros en la base para que el mucilago filtre durante un día, después se pasó a cajones sin agujero, se adicionaron 3 gr. de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por kg de cacao de cada variedad, asimismo se adiciono 3 gr. de bacteria (*Lactobacillus fermentum*) por kg de cacao de cada variedad; la fermentación se realizó durante 7 días.

f) Medición del pH del cacao fresco: Se utilizó un PHmetro, en cada tratamiento se extrajo el mucilago para realizar la medición del pH. El cacao criollo obtuvo un pH de 6.5, mientras que el cacao CCN-51 estuvo con un pH de 5.8 siendo más ácida.

g) Medición del °Brix del cacao fresco: La medición de los grados brix se midió mediante un refractómetro digital; se extrajo el mucilago de cacao Criollo y CCN-51 de cada tratamiento y se procedió a la medición donde se obtuvo que, el cacao Criollo 21.9°Brix, mientras que el CCN-51 sea de 19°Brix. Esto hace que el cacao criollo tenga la facilidad de una fermentación completa en menos días, porque contiene más °Brix que beneficia la reproducción de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*).

h) Medición de Temperatura durante la fermentación: Se utilizó un termómetro, para la medición de temperatura, se realizó diariamente a partir del día 2 de fermentación, durante 6 días.

i) Aplicación de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y bacteria (*Lactobacillus fermentum*): Se adicionó 5gr de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por 1kg de cacao en los cajones de fermentación en cacao Criollo y CCN-51. Asimismo, se adicionó 3gr. de bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en los cajones de fermentación en cacao Criollo y CCN-51.

j) Secado: Después de completar la etapa de fermentación los granos de cacao pasaron a una secadora solar, estos se secaron con la luz solar durante 6 días, hasta que el grano llegue a una humedad menor a 7 %. Los granos secos pasaron a ser embolsados en bolsas transparentes de polietileno con cierre permeable, para evitar la adsorción de olores extraños y adsorción de humedad.

k) Análisis físico: Se realizó en el CITE Agroindustrial VRAEM, mediante la guillotina de corte se realizó un corte transversal a los granos de cacao, se contabilizaron los granos defectos y los granos de buena fermentación.

l) Análisis sensorial: El análisis sensorial se realizó por el panel de cata entrenado del CITE Agroindustrial VRAEM, PROVRAEM y la Cooperativa Quinacho. Para el análisis sensorial se realizó la obtención de la pasta de cacao.

### Obtención de pasta de cacao

a) Selección y pesado de granos de cacao: Los granos de cacao se seleccionaron del mismo tamaño y pesaron 1 kg por cada tratamiento.

b) Tueste de granos: El tueste de cacao se realizó a una temperatura de 110°C durante 8 minutos.

c) Enfriamiento y descascarillado: Posterior al tostado los granos se enfriaron hasta una temperatura de 32°C para descascarillar, se separa la cascarilla de granos tostados y se pesaron de cada tratamiento.

d) Refinamiento y Conchadora: Se utilizó una refinadora con capacidad de 5 kg., se introdujo la muestra de cada tratamiento durante 1 hora, hasta alcanzar una textura adecuada.

e) Almacenamiento: Fueron almacenados en botes con tapa y se conservó en la refrigeradora a temperatura 5°C.

### Preparación de Muestras

La pasta de cacao se separa en recipientes sobre agua caliente con temperatura de 80-90°C, hasta diluir la pasta a una temperatura de 45-50°C. Una vez lista la pasta, se requiere de una servilleta, vaso de agua, galleta soda y una cuchara plástica; el catador degusta la muestra para captar los sabores, aromas y defectos, y rellenar la ficha de catación.

## Fase de gabinete

Una vez terminada la fase de campo y la recopilación de los datos, se procedió a sistematizar y analizar la información obtenida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra el comportamiento de la temperatura de los tratamientos durante la fermentación que se realizó durante 7 días. La medición de temperatura se ejecutó mediante un termómetro digital. El cacao Criollo y CCN-51, con adición del S.C. mostró variación de temperatura significativa en ambos, lo que significa que el adicionar levadura S.C. si influyen el proceso de fermentación aumentando la temperatura a 40°C. Mientras que en el tratamiento con la acción de las bacterias (*Lactobacillus fermentum*), se reportaron temperaturas bajas de 28-29 °C.

### Temperatura de los tratamientos durante la fermentación.

Tabla 2: Temperatura de los tratamientos durante la fermentación.

Tratamientos		Días							Desviación Estándar	Promedio
		1	2	3	4	5	6	7		
	Testigo	22,9	24,1	26	27	28	26,9	25,5	1,7	25,6
	S.C.	29,5	31,5	35	39	40	36,3	30,5	4,1	34,4
Criollo	L.B.	21,9	23,6	26	29	29	28,3	26,2	2,7	26,3
	Testigo	22,3	23,1	26	27	30	25,9	25	2,4	25,5
	S.C.	29,2	32,9	34	38	40	35,6	30,2	3,8	34,2
CCN-51	L.B.	20,9	23,7	26	27	28	26,4	26	2,5	25,5

S.C.: *Saccharomyces cerevisiae*

L.B.: *Lactobacillus fermentum*

Fuente: elaboración propia.

La tabla 3 muestra el pH de los tratamientos del cacao Criollo y CCN- 51, donde el grano del cacao criollo con adición de levadura resulta no ser muy acida, mientras que el cacao con adición de (*Lactobacillo fermentum*) obtiene un pH más ácido, asimismo, el grano de cacao criollo sin ninguna adición obtuvo un pH entre 6,5 hasta 4.8 siendo menos acido. En caso de granos de CCN-51, el tratamiento obtuvo 5.8 hasta 4 siendo más ácido que los demás.

PH de los tratamientos durante la fermentación.

Tabla 3: PH de los tratamientos durante la fermentación.

Tratamientos	1	Días							Desviación Estándar	Promedio
		2	3	4	5	6	7			
	Testigo	6,5	6	5,8	5,5	5,2	5	4,8	0,6	5,5
	S.C.	6,2	6,1	6,1	5,7	5,5	5,3	5	0,5	5,7
Criollo	L.B.	6	6	5,8	5,5	5,2	5,1	4,8	0,5	5,5
	Testigo	5,8	5,5	5,3	5,2	5	4,9	4,5	0,7	5
CCN- 51	S.C.	5,7	5,6	5,5	5,2	5,1	5	4,3	0,4	5,3
	L.B.	5,5	5	4,8	4,6	4,4	4,2	4	0,5	4,9

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 muestra el grado brix de los tratamientos, donde la medición se realizó mediante un refractómetro, que mide el nivel de azúcar del cacao, los resultados muestran que cuanto más transcurre el día de fermentación, paulatinamente

desciende los grados brix, debido a la degradación de azúcar, por la acción de los microorganismos presentes especialmente de la levadura. El cacao CCN-51 muestra menor cantidad de azúcar, y también muestra descenso en los días subsiguientes.

### Grado °BRIX de los tratamientos durante la fermentación.

Tabla 4: Grado °Brix de los tratamientos durante la fermentación.

Tratamientos 1		Días							Desviación Estándar Promedio	
		2	3	4	5	6	7			
	Testigo	21,9	21,4	17	13,8	12,1	9,5	8,2	5,5	14,8
	S.C.	22	20,2	14	11,5	11	8,1	7,2	5,7	13,4
Criollo	L.B.	21	21,2	17,2	13,2	12	9,1	8,5	5,3	14,6
	Testigo	19	18,6	13,5	10,6	8,5	7,5	7,2	5,0	12,1
	S.C.	19,2	17,2	12,1	9,8	7,8	6,5	5,5	5,3	11,2
CCN-51	L.B.	18,9	18	13	11	8,1	6,8	5,2	5,4	11,6

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5 muestra el pH el grano del cacao secos, se observó que la muestra de cacao Criollo con adición de levadura obtuvo un pH de 4.5 siendo el más ácido, asimismo el cacao con adición de (*Lactobacillo fermentum*) arrojó un pH de 4.7; mientras que el grano de cacao criollo sin ninguna adición obtuvo un pH de 5.8 siendo menos ácido. En caso de granos de CCN-51, el tratamiento con adición de (*Lactobacillo fermentum*) obtuvo 5.6 siendo el menos ácido y el grano de cacao con adición de levadura obtuvo un pH de 5.5, el grano de cacao sin ninguna adición obtuvo 5.3 siendo el más ácido. Las diferencias del pH se deben a la acción de bacterias que generan ácidos que se dispersan dentro del grano. El pH es un factor importante ya que afecta la formación de precursores del sabor en los granos de cacao, los granos de cacao bien fermentados deben tener un pH entre 5,1 a 5,7 y si es menor de 5,0 significa que existen ácidos volátiles indeseables que darán aromas desagradables, ocurre en fermentaciones incompletas.

En procesos de fermentación muy largo se obtienen granos de cacao con acidez y astringencia elevada debido a grandes cantidades de ácido acético absorbido por los cotiledones, y han tenido una fermentación incompleta, por lo general son granos de cacao con cotiledones de color violeta con sabor astringente debido a la expansión del ácido acético a los cotiledones (Álvarez et al, 2022).

### Características físicas de los tratamientos.

Tabla 5: PH de los granos secos del cacao.

Tratamientos		PH
Testigo		5,8
Cacao criollo	S.C.	4,5
	L.B.	4,7
Testigo		5,3
CCN-51	S.C.	5,5
	L.B.	5,6

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6 muestra los resultados del análisis físico-prueba de corte-NTP- ISO 2451:2018. El cacao criollo (testigo) obtuvo mayor porcentaje de grado fermentación 39%, seguidamente el cacao Criollo con adición de S.C. 37%. El grado de fermentación puede mostrar diferencia de porcentajes de acuerdo diferentes aspectos como, variedad, madurez de la mazorca, tipos de cajones de fermentación, remoción, clima, el medio donde se fermenta y la actividad microbiana.

Tabla 6: Resultado del análisis físico de los granos de cacao.

Condición	Grado de fermentación	Valor	%
Criollo	Buena fermentación	117	39
	Fermentación parcial	87	29
	Grano violeta (no fermentado)	87	29
	Granos pizarrosos	9	3
Criollo con adición de S.C.	Buena fermentación	111	37
	Fermentación parcial	87	29
	Grano violeta (no fermentado)	93	31
	Granos pizarrosos	9	3
Criollo con adición de L.F.	Buena fermentación	16	5
	Fermentación parcial	69	23
	Grano violeta (no fermentado)	211	70
	Granos pizarrosos	4	1
C.CCN-51	Buena fermentación	40	13
	Fermentación parcial	42	14
	Grano violeta (no fermentado)	217	72
	Granos pizarrosos	1	0
C.CCN-51 con adición de levadura	Buena fermentación	35	12
	Fermentación parcial	35	12
	Grano violeta (no fermentado)	231	77
	Granos pizarrosos	0	0
C.CCN-51 con adición de L.F.	Buena fermentación	35	12
	Fermentación parcial	42	14
	Grano violeta (no fermentado)	220	73
	Granos pizarrosos	3	1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7 muestra los resultados de la granulometría cacao Criollo y CCN-51 según la Norma técnica Peruana NTP-ISO 2451:2018 (INACAL, 2021). El cacao Criollo (testigo) se caracteriza de color marrón claro, considerado ácido; el cacao Criollo con adición de S.C. color marrón rojizo, muy ácido; el cacao Criollo con adición de L.F. de color rojizo claro, ácido; en caso de los cacaos CCN-51 obtuvo el color marrón rojizo, poco ácido; el cacao CCN-51 con adición de levadura S.C. de color marrón claro y rojizo, poco ácido; mientras que el cacao CCN-51 con adición de L.F. color

anaranjado intenso, poco ácido; todas las muestras obtuvieron un olor típico a cacao y acético. El color de los granos muestra distintos colores, se debe a diferentes aspectos como, variedad, madurez de la mazorca, fermentación, actividad microbiana y secado de los granos de cacao.

Tabla 7: Granulometría de los granos de cacao Criollo y CCN-51.

Condición	%Humedad	Tamaño	Forma	Color	Acidez	Olor
Criollo	5.9	Estándar	Alargada	Marrón claro, naranja	ácido	Típico a cacao y acético
Criollo con adición de S.C.	6.5	Estándar	Alargada	Marrón rojizo	muy ácido	Típico a cacao y acético
Criollo con adición de L.F.	7.1	Estándar	Alargada y aplanada	Rojizo claro	ácido	Típico a cacao y acético
C.CCN-51	6	Estándar	redonda	Marrón rojizo	Poco ácido	Típico a cacao
C.CCN-51 con adición de levadura	6	Estándar	Alargada	Marrón claro y rojizo	Poco ácido	Típico a cacao y acético
C.CCN-51 con adición de L.F.	6.8	Estándar	Alargada y redonda/oval	Anaranjado intenso	Poco ácido	Típico a cacao y acético

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8 muestra los resultados de la catación realizados en el PROVRAEM. Con respecto a la figura, se observa que el cacao Criollo adicionado con levadura resalta mayor intensidad en el atributo de sabor a frutas frescas, cacao, dulce, floral y acidez.

### Características sensoriales de los tratamientos.

Tabla 8: Catación realizado en PROVRAEM.

Categorías	Criollo			CCN-51		
	Testigo	S.C.	L.B.	Testigo	S.C.	L.B.
Aroma	2	2	1	2	3	1
Acidez	1	4	1	1	2	1
Amargor	1	1	1	3	2	1
Astringencia	1	1	2	3	3	2
Defectos	0	2	3	0	0	1
S. Cacao	1	3	1	1	2	1
S. Dulce	1	1	1	0	0	0
S. Nuez	1	1	2	2	2	1
S. Frutas secas	2	2	1	1	1	1
S. Frutas frescas	1	3	2	3	1	1

S. Floral	1	1	0	0	0	0
S.Especies	1	1	0	1	1	0
Pos gusto	1	3	3	3	3	1

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9 muestra los resultados de catación realizados en la Cooperativa Quinacho de acuerdo a las fichas de catación la muestra del cacao adicionado con levadura muestra mayor intensidad s. cacao; dulce, nuez, frutas secas, frescas, a; aroma y pos gusto.

Tabla 9: Catación realizado en la Cooperativa Quinacho.

Categorías	Criollo			CCN-51		
	Testigo	S.C.	L.B.	Testigo	S.C.	L.B.
Aroma	2,5	2,5	2,5	3	2	2
Acidez	1,5	2,5	2,5	2,5	1,5	2
Amargor	1,5	1,5	2,5	3	2,5	2,5
Astringencia	1,5	2	2,5	1,5	2,5	2,5
Defectos	2	0	1,5	0	1,5	1,5
S. Cacao	1,5	2,5	2,5	2	2,5	2,5
S.Dulce	1,5	2,5	2	1	1	1,5
S. Nuez	1,5	2,5	2	2	1,5	1,5
S.Frutas secas	0	2,5	2	1	0	1
S.Frutas frescas	1,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5
S. Floral	0	1	0	0	0	0
S.Especies	2,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5
Pos gusto	2,5	2	2	3	2	2

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 muestra los resultados de catación realizados en el CITE Agroindustrial VRAEM. El Criollo con S.C muestra una intensidad a; pos gusto; aroma, astringencia, s. cacao, s. nuez, y acidez. Siendo una de las muestras más característico.

Tabla 10: Catación realizado en el CITE Agroindustrial VRAEM.

Catación realizado en el CITE Agroindustrial VRAEM						
Categorías	Criollo			CCN-51		
	Testigo	S.C.	L.B.	Testigo	S.C.	L.B.
Aroma	1	1	1	2,5	1	1
Acidez	1	0,5	0,5	1,5	1	0,5
Amargor	1	0,5	2	1,5	1,5	2
Astringencia	1	1	2	1,5	1	2
Defectos	0	0	0	2	0,5	0
S. Cacao	1	1	1	1,5	1	1
S. Dulce	0	0	0	1,5	0	0
S. Nuez	1	1	1	1,5	1	1
S. Frutas secas	0	0	0	0	1	0
S. Frutas frescas	0	0,5	0	1,5	1,5	0

S. Floral	0	0	1	0	0	0,5
S. Especies	0	0	0	0	0	0
Pos gusto	2	2	1	2	2	0,5

Fuente: Elaboración propia.

### Prueba de Hipótesis

Las pruebas de hipótesis se realizaron mediante la técnica estadística ANOVA, resultando:

#### - Hipótesis (a).

En esta sección la hipótesis H0 indicaba: La adición de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en la fermentación del cacao Criollo y CCN-51, no varían la temperatura; expresando que los tratamientos no tienen ningún efecto en la fermentación, Así, de acuerdo a la regla de decisión se obtiene que la  $F_{cal} < F_{ab}$  acepta H0, encontrando  $-0.009 < 5.14$ . Aceptada la hipótesis nula. Como conclusión el cacao fermentado con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) desarrollaron granos muy ácidos y ácidos, esto debido a la acción de los microorganismos que se adicionaron sugiriendo que los tratamientos no poseen ningún efecto sobre la fermentación.

#### - Hipótesis (b)

La hipótesis nula correspondiente a esta sección H0 fue: La determinación de la acidez, no viene inducida por la cantidad de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) en el proceso de fermentación; expresando que los tratamientos no generan ningún efecto en la determinación de la acidez. Siendo de acuerdo a la regla de decisión se obtiene que la  $F_{cal} < F_{ab}$  acepta H0 encontrando que  $-0.009 < 5.14$  acepta H0. Como conclusión el cacao fermentado con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) ambos desarrollaron granos muy ácidos y ácidos, esto debido a la acción de los microorganismos que se adicionaron y al aceptar la hipótesis nula este resultado sugiere que los tratamientos no generaron ningún efecto en la determinación de la acidez para estas muestras.

#### - Hipótesis (c)

La tercera hipótesis planteada indica: H0: El análisis físico y sensorial de los granos de cacao Criollo y CCN-51, fermentados con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) muestran características similares de calidad; expresando que los tratamientos generan efectos similares. Así, de acuerdo a la regla de decisión se obtiene que la  $F_{cal} < F_{ab}$  acepta

H0, obteniendo  $1,05 < 5.14$  se acepta el H0. Se obtiene como conclusión aceptar la hipótesis nula, indicando que los análisis físicos de los granos del cacao Criollo y CCN-51, fermentados con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y/o bacteria (*Lactobacillus fermentum*) muestran características similares de calidad; expresa que los tratamientos generan efectos similares. En el análisis sensorial el mejor resultado lo obtuvo el cacao criollo con adición de levadura; debido al reporte del incremento de la temperatura que fueron favorables, donde permitió desarrollar las características organolépticas.

### DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos del tratamiento con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), muestran el aumento de la temperatura y disminución en los °Brix lo que concuerda con Alvarado et al. (2023) que mencionan que la levadura influye durante el proceso de fermentación. Asimismo, Otárola (2018) refiere que los microorganismos presentes en la fermentación aumentan la temperatura, provocando la exudación acuosa de la masa. También afirma que la adición de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en el proceso de fermentación del cacao no aporta beneficios en la calidad del grano, debido a que la levadura agota rápidamente el sustrato del mucilago, generando la aceleración de la fermentación alcohólica, láctica y acética, logrando la fermentación del grano, con menor perfil sensorial.

El análisis físico expresa que el tratamiento del cacao criollo mostro 37% con buena fomentación mientras que el tratamiento con bacteria mostro 5% de granos con buena fermentación haciendo una diferencia significativa de 32%. Mientras en el pH de los granos de cacao con adición de bacteria resulta ser más ácido con un pH de 4.7 y el cacao criollo (testigo) con un pH de 5.8, resultado que concuerda con Alvarado et al. (2023) quienes obtuvieron un pH de 5,44. Ello es cónsono con los resultados obtenidos por Rodríguez et al. (2022), y Alvarado et al. (2023).

Zamudio et al. (2021) mencionan que el aroma del grano de cacao es el atributo principal de aceptación y calidad; asimismo ratifica que la fermentación reduce la astringencia y amargura, y genera compuestos precursores de aroma, que llega a producir degradación enzimática de azúcares en la pulpa y proteínas en la semilla; debido a levaduras, bacterias lácticas y acéticas. Aunado a ello señala que el pH incrementó a 3.58, y que

los compuestos precursores de aroma, predominantes fueron tetrametilpirazina (chocolate), alcohol fenil-etílico (miel), 3-metil-butanal (chocolate), 1-propanol (caramelo) y acetofenona (floral); esta afirmación concuerda con la investigación realizada. Esta posición coincide con Sol-Sánchez et al. (2016), quienes encontraron que en la evaluación organoléptica del licor de cacao se evalúan categorías como: Aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabor, pos gusto y puntos del catador. En el mismo orden Rohmah et al. (2022) consideran que el procesamiento pos cosecha y fundamentalmente el proceso de fermentación del cacao incide significativamente en el perfil sensorial.

## CONCLUSIONES

El estudio indica superioridad de la variedad de Cacao Criollo para el proceso de fermentación en comparación con la variedad CCN-51. Estas diferencias probablemente radican en atributos genéticos intrínsecos de cada material que determinan su fisiología durante la fermentación. La adición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* permite alcanzar temperaturas beneficiosas, cercanas a las consideradas óptimas según literatura especializada. Por el contrario, con la bacteria ácido láctica *Lactobacillus fermentum* los valores de temperatura son insuficientes para impulsar adecuadamente las rutas bioquímicas necesarias en la fermentación.

Referente al pH, la adición de *Saccharomyces cerevisiae* deriva en menores niveles de acidez, mientras que la bacteria *Lactobacillus fermentum* genera pH excesivamente ácidos, relacionados con ácidos orgánicos no deseables por sus efectos sensoriales adversos según reportes previos. Los análisis sensoriales reafirman los mejores atributos de sabor en granos Criollo con levadura, congruente con su superior performance fisicoquímica. En base a estos antecedentes, se recomienda la variedad de cacao Criollo fermentada con *Saccharomyces cerevisiae* como precursor microbiano para productos premium, por sobre CCN-51 con *Lactobacillus fermentum*, en la región donde se realizó el estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al CITE Agroindustrial VRAEM, PROVRAEM, la Cooperativa Quinacho Ahuaruchayocc, distrito de Ayna San Francisco y a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Facultad de Ingeniería y Gestión, Escuela profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales del Perú, por su acompañamiento en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M. C., Sánchez, P. D. C. & Polongasa, S. G. N. (2023). Emerging rapid and non-destructive techniques for quality and safety evaluation of cacao: recent advances, challenges, and future trends. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1) <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00157-w>
- Álvarez, C. O., Pérez, E. E. & Lares, M. D. C. (2022). Beneficio del cacao Criollo venezolano: variaciones en composición proximal, metilxantinas y polifenoles. *RIVAR*, 9(27) <https://doi.org/10.35588/rivar.v9i27.5625>.
- Castro-Alayo, E. M., Idrogo-Vásquez, G., Siche, R., & Cardenas-Toro, F. P. (2019). Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa. *Heliyon*, 5(1) <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01157>
- Cayetano, P., Peña, K. M., Olivarez, E. L., & Vargas, S. M. (2021). Estudio de vigilancia tecnológica del cultivo de cacao. In Instituto Nacional de Innovación Agraria (Vol. 1, Issue 57). <https://n9.cl/i3kfm>
- Guzmán Bautista, J. H. (2020). Producción de cacao 'Theobroma cacao L.' fino o de aroma peruano: Agronegocio sostenible. *Alpha Centauri*, 1(1), pp. 49–55 <https://doi.org/10.47422/ac.v1i1.6>
- ICCO. (2023). Statistics. <https://www.icco.org/statistics/#tab-id-2>
- INACAL. (2021). Guía de Implementación de la Norma Técnica Peruana NTP 107:306:2018 R.D. N° 020-2021-INACAL/DN. Lima, Perú. <https://acortar.link/Q8yabl>
- Jaimez, R. E., Barragan, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, L. A., Cedeño-García, G., Cantos, I. S., & Arteaga, F. (2022). Theobroma cacao L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*, 10, e12676 <https://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- Lagneaux, E., Andreotti, F., & Neher, C. M. (2021). Correction to: Cacao, copoazu and macambo: Exploring Theobroma diversity in smallholder agroforestry systems of the Peruvian Amazon. *Agroforestry Systems* <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00642-6>
- López, Y. M., Cunias, M. & Carrasco, Y. L. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Universidad y Sociedad*, 12(3), 344-352. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202020000300344&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000300344&lng=es&nrm=iso)

- Martínez, E. (2021). Estudio de un consorcio de levaduras durante la fermentación de cacao y su efecto en la generación de compuestos aromáticos. *Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco*, A.C. Vol. 6 (4), 62-74. <https://onx.la/c0282>
- MIDAGRI. (2022). *Commodities Cacao 2022*. <https://bit.ly/3Gx94XX>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2022). *Conservatorio de Commodities*. Dirección de Estudios Económicos Dirección General de Políticas Agrarias Dirección de Estudios Económicos Dirección General de Políticas Agraria. Biblioteca Nacional del Perú N.º 2021- 07002. <https://acortar.link/D2Gb20>
- Observatorio del cacao fino y de aroma para América Latina. (2020). Banco de Desarrollo de América Latina <https://scioteca.caf.com>
- Ordoñez, E. S., Quispe C., Y. & García C., L. F. (2020). Quantification of phenols, anthocyanins and sensory characterization of nibs and liquor of five cocoa varieties, in two fermentation systems. *Scientia agropecuaria*, 11(4), pp. 473–481 <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.02>.
- Otárola, A. (2018). *Efecto de la Enzima Pectolítica y Levadura (Saccharomyces Cerevisiae) en la Fermentación y Calidad del Cacao Var. Criollo (Theobroma Cacao)*. [Tesis doctoral. Universidad Nacional de Federico Villareal. Perú]. <http://190.12.84.13:8080/bitstream/handle/20.500.13084/2412/OTAROLA%20GAMARRA%20ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez-Velázquez, N. D., Chávez Ramírez, B., Gómez de la Cruz, I., Vásquez Murrieta, 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://acortar.link/6IOB8J>
- Rohmah, M., Sari, K., & Rahmadi, A. (2022). The Taste Development of Cocoa Bean: Evidence from the Tropical Rain Forest to the Table. In: Galanakis, C.M. (eds) *Trends in Sustainable Chocolate Production*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90169-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90169-1_2)
- Sol Sánchez, Ángel, Naranjo González, José Alberto, Córdova Avalos, Víctor, Ávalos de la Cruz, Dora Angélica, & Zaldívar Cruz, Juan Manuel. (2016). Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe14), 2817-2830. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263144474014.pdf>
- Zamudio-Palacios, B. B., Ayora Talavera, T., Lugo Cervantes, E., Taillandier P. & Gastélum Martínez, E. (2021). Estudio de un consorcio de levaduras durante la fermentación de cacao y su efecto en la generación de compuestos aromáticos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 6, 62-74. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume6/6/2/9.pdf>