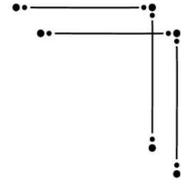


Universidad  
Nacional  
de Loja



## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

**Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en procesos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CCN51 y su influencia en la calidad.**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

**AUTOR:**

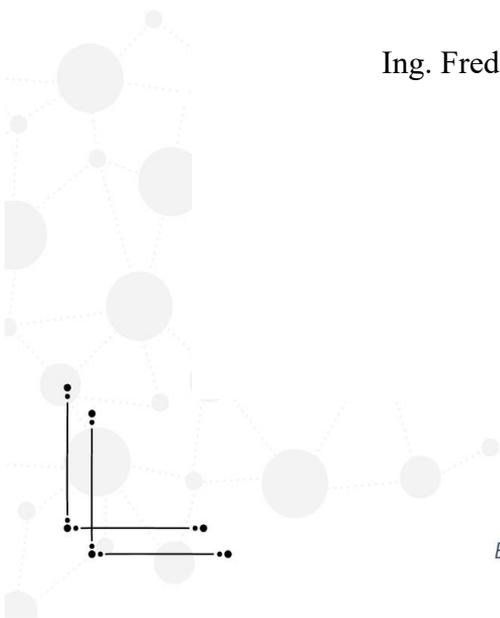
Jherman Vinicio Erazo Rocillo

**DIRECTOR:**

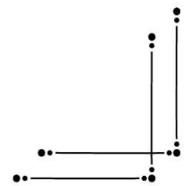
Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2024



Educamos para **Transformar**



## Certificación

Loja, 02 de agosto de 2023

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### CERTIFIC O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en procesos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CNN51 y su influencia en la calidad**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de la autoría del estudiante **Jherman Vinicio Erazo Rocillo**, con cédula de identidad **Nro.1900797737**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**FREDDY ELIAZAR  
TINOCO TINOCO**

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, Jherman Vinicio Erazo Rocillo, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jherman Erazo', written over a horizontal line.

**Cedula de identidad:** 1900797737

**Fecha:** 15/08/2024

**Correo electrónico:** [jherman.erazo@unl.edu.ec](mailto:jherman.erazo@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0963808365

**Carta de autorización por parte del autor, para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Jherman Vinicio Erazo Rocillo**, declaro ser autor del trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en procesos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CNN51 y su influencia en la calidad**, como requisito para optar por el título de Ingeniero Agrónomo autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, al día quince del mes de agosto del dos mil veinticuatro.

**Firma**



**Autor:** Jherman Vinicio Erazo Rocillo

**Cedula:** 1900797737

**Correo electrónico:** Jherman.erazo@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0963808365

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

Director del Trabajo de Integración Curricular:

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco M.Sc.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de Integración Curricular se lo dedico principalmente a mis padres por su apoyo incondicional y su ejemplo de superación, siendo los responsables por luchar día a día y lograr este sueño tan anhelado.

A mis hijos que son mi motor e inspiración de seguir luchando cada día. Gracias por ser mi fuerza, mi alegría y la razón por superarme.

A mis hermanos que con su apoyo incondicional han sido un pilar fundamental en esta etapa tan importante de mi vida.

***Jherman Vinicio Erazo Rocillo***

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradecer a Dios por darme vida, salud, esperanza y fuerzas para alcanzar mis metas, tu luz ha iluminado mi camino durante este proceso.

A mis padres Francisco Erazo y Rosa Rocillo, con su amor, apoyo y sabiduría han sido la fuerza que impulsa mis sueños y esperanzas. Gracias por ser una fuente constante de inspiración y por creer en mí incondicionalmente.

A mis hermanos Dany, Carlos, Javier e Isabela, cuyo apoyo incondicional, cariño y aliento han sido una fuente constante de fortaleza en esta etapa tan importante de mi vida.

A Avigail Zumba por ser la mujer que me regaló lo mas precioso de mi vida y por su constante apoyo durante mi formación académica y por ser un pilar fundamental en mi vida.

A mis queridos hijos Ezequiel y Leonel, por ser la fuente constante de inspiración y motivación en el cumplimiento de esta meta, su amor me ha impulsado a cumplir este logro.

A la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Carrera de Agronomía, por ofrecerme la oportunidad de crecer profesionalmente y expandir mis conocimientos. Mi sincero agradecimiento a todos los docentes que contribuyeron a mi formación personal y profesional, por compartir generosamente sus conocimientos, experiencias y sabidurías.

A mi director de tesis el Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc, por sus conocimientos, asesoramiento y orientación académica durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

***Jherman Vinicio Erazo Rocillo***

## Índice de contenido

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de anexos</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1. Generalidades del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)</b> .....	<b>6</b>
4.1.1. <i>Importancia del cultivo de cacao en Ecuador</i> .....	6
4.1.2. <i>Origen</i> .....	6
4.1.3. <i>Morfología y fenología</i> .....	6
4.1.4. <i>Morfología del fruto</i> .....	6
4.1.5. <i>Principales variedades ecuatorianas</i> .....	7
4.1.6. <i>Propiedades benéficas del cacao</i> .....	8
<b>4.2. Fermentación</b> .....	<b>8</b>
4.2.1. <i>Tiempo de fermentación y temperatura</i> .....	8
<b>4.3. Características organolépticas</b> .....	<b>9</b>
4.3.1. <i>Sabor y aroma</i> .....	9

4.3.2. Aroma.....	10
4.4. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	10
4.5. Investigaciones realizadas de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> en cacao.....	10
<b>5. Metodología.....</b>	<b>13</b>
5.1. Localización del estudio.....	13
5.2. Metodología general.....	14
5.3. Diseño experimental.....	14
5.3.1. Modelo matemático.....	15
5.3.2. Esquema de campo.....	15
5.4. Metodología general para el cumplimiento del primer objetivo.....	16
5.4.1. Procedimiento del investigador para los tratamientos del experimento.....	16
5.5. Metodología general para el cumplimiento del segundo objetivo.....	20
5.5.1. Aspectos principales en la catación.....	21
5.6. Análisis estadístico.....	21
<b>6. Resultados.....</b>	<b>22</b>
6.1. Resultados del primer objetivo.....	22
6.1.1. pH de las almendras bajo fermentación.....	22
6.1.2. Grados Brix de las almendras bajo fermentación.....	23
6.1.3. Prueba de corte de las almendras secas de cacao.....	25
6.2. Resultados del segundo objetivo.....	26
<b>7. Discusiones.....</b>	<b>30</b>
7.1. Comportamiento del pH durante el proceso de fermentación.....	30
7.2. Comportamiento de los Grados Brix durante el proceso de fermentación..	30
7.3. Prueba de corte.....	30
7.4. Análisis Sensoriales.....	31
7.4.1. Sabores básicos.....	31
7.4.2. Sabores específicos.....	31

<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>33</b>
<b>9. Recomendaciones</b> .....	<b>34</b>
<b>10. Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>35</b>
<b>11. Anexos</b> .....	<b>42</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Porcentajes de la composición de la almendra de cacao.....	7
<b>Tabla 2.</b> Requisitos para la calidad de granos de cacao .....	19
<b>Tabla 3.</b> Características de las almendras de cacao fermentado .....	19
<b>Tabla 4.</b> pH al terminar la fermentación - Medias ajustadas y errores estándares para el factor Fermentación (día). .....	23
<b>Tabla 5.</b> Grados Brix al terminar la fermentación - Medias ajustadas y errores estándares para el factor Lavado (SI y NO). .....	25
<b>Tabla 6.</b> Correlación de variables; Relación de variables con un $P < 0,05$ .....	29

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación donde se realizó el estudio .....	13
<b>Figura 2.</b> Esquema de tratamientos utilizados en la investigación.....	16
<b>Figura 3.</b> Gráfico de barras que representa la disminución del nivel de pH después del proceso fermentativo.....	22
<b>Figura 4.</b> Medias en la interacción de dosis y lavado (SI y No). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ), resultando una reducción del pH en el factor lavado (SI) con una dosis de 0,6 g en los tratamientos.....	23
<b>Figura 5.</b> Gráfico de barras que representa la disminución de los grados brix en cada variable de estudio, después del proceso fermentativo.....	24
<b>Figura 6.</b> °Bx al terminar la fermentación - Medias ajustadas en la interacción de dosis y fermentación (día). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). A los 5 días de fermentación, con una dosis de 0,6 g se redujo en mayor concentración azúcar del cacao respecto a los 3 días de fermentación. ....	25
<b>Figura 7.</b> Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación en la prueba de corte.....	26
<b>Figura 8.</b> Sabores básicos en cuanto a las características sensoriales .....	27
<b>Figura 9.</b> Sabores específicos en cuanto a las características sensoriales. ....	28
<b>Figura 10.</b> Distribución en el plano definido por los componentes principales de los puntos con la información sensorial de las muestras de los distintos tratamientos.....	29

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> a) Despulpado de las mazorcas del cacao. b) Pesado de las almendras para cada unidad experimental.....	42
<b>Anexo 2.</b> a) Aplicación de levaduras. b) Fermentación de tratamientos.....	42
<b>Anexo 3.</b> a) Secado natural. b) Deshidratador. c) Almendras secas en deshidratador....	43
<b>Anexo 4.</b> Almacenamiento para tueste.....	43
<b>Anexo 5.</b> Prueba de corte, almendras bien fermentadas y violetas .....	44
<b>Anexo 6.</b> Elaboración de pasta de cacao .....	44
<b>Anexo 7.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T1 (Blanco, lavado, 3 días).....	45
<b>Anexo 8.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T2 (0,4 g, lavado, 3 días).....	45
<b>Anexo 9.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T3 (0,6 g, lavado, 3 días).....	46
<b>Anexo 10.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T4 (blanco, sin lavar, 3 días).....	46
<b>Anexo 11.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T5 (0,4 g, sin lavar, 3 días).....	47
<b>Anexo 12.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T6 (0,6 g, sin lavar, 3 días).....	47
<b>Anexo 13.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T7 (blanco, lavado, 5 días).....	48
<b>Anexo 14.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T8 (0,4 g, lavado, 5 días).....	48
<b>Anexo 15.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T9 (0,6 g, lavado, 5 días).....	49
<b>Anexo 16.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T10 (blanco, sin lavar, 5 días).....	49
<b>Anexo 17.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T11 (0,4 g, sin lavar, 5 días).....	50
<b>Anexo 18.</b> Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T12 (0,6 g, sin lavar, 5 días).....	50

**Anexo 19.** Certificado de traducción del Abstrac..... 51

## **1. Título**

**Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en procesos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CNN51 y su influencia en la calidad.**

## 2. Resumen

El cacao es de gran importancia en el país, debido a que su producción y comercialización benefician a varias familias, sin embargo, la calidad de este producto se ve influenciado significativamente por las prácticas postcosecha, las cuales son cruciales para desarrollar atributos para generar un chocolate de calidad. El presente estudio fue realizado en la Quinta Experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja, bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 12 tratamientos y 3 repeticiones. La relevancia de este estudio se centró en la relación entre aplicación de levaduras, lavado y tiempo de fermentación, y como estos factores influyen en los atributos de calidad en los análisis organolépticos de cacao clon CNN5. Para llevar a cabo la investigación la cosecha se realizó en el cantón Palanda, provincia de Zamora Chinchipe, posteriormente el proceso de fermentación fue realizado en la Universidad Nacional de Loja. Se evaluaron el comportamiento de 3 dosis (0 g, 0,4 g y 0,6 g) de *Saccharomyces cerevisiae*; se aplicó en dos tiempos de 3 y 5 días en fermentación anaeróbica; después del proceso de fermentación 6 tratamientos fueron lavados hasta desprender el mucílago de las almendras. Las variables de pH y °Bx se evaluaron al inicio y al final de la fermentación; se realizó una prueba de corte para determinar el porcentaje de fermentación. En los resultados obtenidos se observó que la tendencia decreciente de las variables (pH y °Bx) estaba en función de la dosis y el tiempo, la reducción más notable en cuanto el pH y °Bx se observó en la dosis de 0,6 g en los dos tiempos. En lo que respecta a la prueba de corte, se obtuvieron porcentajes de fermentación mayores al 75%. El análisis sensorial fue realizado en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, donde evaluaron sabores básicos (astringencia, amargor y acidez), específicos (cacao, nuez, frutas frescas, floral, especias, fruta marrón, vegetal, madera y caramelo) y defectuosos. Se obtuvieron sabores a cacao pronunciados en todos los tratamientos, en el T5 adquirió sabores florales y caramelo; mientras que el T12 presentó particularidades en sabor a nuez. Se concluye que la adición de *Saccharomyces cerevisiae* influyó positivamente en mejorar las características organolépticas en el cacao otorgando sabores que puedan garantizar la calidad del cacao.

**Palabras clave:** *Saccharomyces cerevisiae*, fermentación anaeróbica, organoléptica, sensorial.

## **Abstract**

The cacao is of great importance in the country because its production and commercialization benefit many families. However, the quality of this product is significantly influenced by post-harvest practices, which are crucial for developing attributes to produce quality chocolate. The present study was carried out at the Quinta Experimental La Argelia of the National University of Loja, under a Completely Randomized Design (CRD) with 12 treatments and 3 replications. The relevance of this study focused on the relationship between yeast application, washing and fermentation time, and how these factors influence the quality attributes in the organoleptic analysis of cocoa clone CNN5. To carry out the research, the harvest was carried out in the canton of Palanda, province of Zamora Chinchipe, and then the fermentation process was carried out at the National University of Loja. The behavior of 3 doses (0 g, 0.4 g and 0.6 g) of *Saccharomyces cerevisiae* were evaluated; it was applied in two times of 3 and 5 days in anaerobic fermentation; after the fermentation process, 6 treatments were washed until the mucilage was removed from the almonds. The pH and °Bx variables were evaluated at the beginning and at the end of fermentation; a cut-off test was performed to determine the percentage of fermentation. In the results obtained it was observed that the decreasing trend of the variables (pH and °Bx) was a function of dose and time, the most notable reduction in pH and °Bx was observed at the dose of 0.6 g at both times. With respect to the cut test, fermentation percentages greater than 75% were obtained. Sensory analysis was carried out at INIAP's Pichilingue Tropical Experimental Station, where basic flavors (astringency, bitterness and acidity), specific flavors (cocoa, nut, fresh fruit, floral, spices, brown fruit, vegetable, wood and caramel) and defective flavors were evaluated. Pronounced cocoa flavors were obtained in all treatments; T5 acquired floral and caramel flavors, while T12 presented particularities in nutty flavor. It is concluded that the addition of *Saccharomyces cerevisiae* had a positive influence in improving the organoleptic characteristics of cocoa, providing flavors that can guarantee cocoa quality.

**Key words:** *Saccharomyces cerevisiae*, anaerobic fermentation, organoleptic, sensory.

### 3. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos más consumidos en sus diferentes presentaciones a nivel mundial, siendo tendencia economía de varios países (Gil et al., 2016). El cacao ecuatoriano, se destaca por la calidad del grano, aroma y sabor, factores importantes para sostenerlo en el mercado internacional, otorgándole una ventaja comparativa frente a otros competidores (Abad et al., 2021). Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2023), Ecuador logró vender 207 250 toneladas de cacao en grano y semielaborados, generando ingresos por más de 596 512 millones de dólares.

La calidad del cacao está determinada por; la variedad, fermentación, secado y tostado, gracias a estos aspectos se originan el color, sabor y aroma del chocolate (Graziani de Fariñas et al., 2003). Estas características se ven influenciadas por; el estado de mazorcas a cosechar (verdes, maduras y sobremaduras), tiempo de fermentación y manejo postcosecha (Ortiz de Bertorelli et al., 2009).

La fermentación tiene como objetivo desarrollar precursores del sabor a chocolate, estos aminoácidos interactúan en el tostado, capaces de producir componentes específicos del aroma y sabor (Díaz et al., 2011). Actualmente están utilizando levaduras, bacterias de ácido láctico (BAL) y bacterias de ácido acético (BAA), como alternativa para mejorar la calidad del cacao, siendo aplicadas en el proceso de fermentación (De Vuyst & Leroy, 2020).

Se ha demostrado que *Saccharomyces cerevisiae*, produce enzimas pectinolíticas que hidrolizan la sacarosa en glucosa y fructosa, favoreciendo la difusión de ácidos orgánicos (cítrico, acético y láctico) y etanol en el grano fermentado, aumentando la temperatura de la semilla de cacao, capaz de producir notas intensas afrutadas en el chocolate (Castro-Alayo et al., 2019).

El uso de levaduras como precursores fundamentales de la fermentación del cacao, es cada vez más notoria, logrando evidenciar cambios positivos en la calidad organoléptica de las almendras de cacao. Es por ello, se ha planteado el uso y aplicación de la levadura *S. cerevisiae* cepa S-04, con el fin de lograr resultados beneficiosos, con esta investigación se demuestra que el uso de *S. cerevisiae* genera cambios en las propiedades influyendo en la calidad final.

## **Objetivo general**

Evaluar la adición de *Saccharomyces cerevisiae* en la fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CCN51 y su influencia en la calidad.

## **Objetivos específicos**

- Evaluar características fisicoquímicas en la fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CCN51, con adición de *Saccharomyces cerevisiae*, en diferentes concentraciones.
- Determinar la calidad organoléptica de la pasta de cacao fermentado (*Theobroma cacao* L.), clon CCN51, con adición de *Saccharomyces cerevisiae*.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Generalidades del cacao (*Theobroma cacao* L.)**

#### **4.1.1. Importancia del cultivo de cacao en Ecuador**

En Sud América, el cacao es de mucha importancia en la economía de los productores, financiando hasta el 40 % de presupuesto en la explotación de este producto (Llerena et al., 2019). En Ecuador aproximadamente 240 000 familias se benefician con su producción y comercialización (Cordova et al., 2021). Ecuador es el principal exportador de cacao en grano de América del Sur, ocupando uno de los primeros puestos a nivel mundial (Cambisaca Díaz & Macías-Badaraco, 2023).

#### **4.1.2. Origen**

Valdez (2019), señala que el origen del cacao fue en el cantón Palanda, provincia de Zamora Chinchipe, al Sur Oriente del Ecuador, en la “Cultura Mayo Chinchipe- Marañón”, situado en las cuencas de los ríos Isimanchi, Palanda, Valladolid hace 5 300 años.

#### **4.1.3. Morfología y fenología**

El cacao es una planta con altura media de 6 m dependiendo de su variedad y prácticas adecuadas para su desarrollo. Sus hojas son de 30 cm de longitud, con pigmentación de verde claro hasta un violeta oscuro. Las flores son pequeñas de color rosa formándose en el tronco y ramas más longevas, floreciendo todo el año (Rodríguez et al., 2022).

La vida productiva dura 40 años, la producción de frutos inicia a los 4 años, el rendimiento por planta aumenta cada año hasta los 10 años y se estabiliza entre los 11 a 15 años (Orozco, 2015).

#### **4.1.4. Morfología del fruto**

El fruto es una mazorca de tamaño que varía de 10 cm a 42 cm, de forma oblonga, elíptica, ovada, esférica u oblata, con una superficie lisa o rugosa y de color rojo a verde. Contiene semillas o almendras de tamaño variable 1 cm a 3 cm, cubiertas con

pulpa de color blanco, el mucílago responsable del proceso fermentativo y formación del sabor y aroma del chocolate (Álvarez et al., 2002).

- **Características químicas de la semilla.**

La almendra de cacao está constituida por varias sustancias químicas, algunas de estas son beneficiosas para quienes la consumen. como lo muestra la Tabla 1.

*Tabla 1. Porcentajes de la composición de la almendra de cacao*

<b>Componente químico</b>	<b>%</b>
Grasa	53,05
Agua	3,65
Nitrógeno total	2,28
Nitrógeno proteico	1,50
Teobromina	1,71
Cafeína	0,085
Glucosa	0,30
Sacarosa	1,58
Almidón	6,10
Pectinas	2,25
Fibra	2,09
Polifenoles	7,54
Acético libre	0,014
Oxálico	0,29

Obtenido de (Morales et al., 2012)

#### **4.1.5. Principales variedades ecuatorianas**

El Cacao Nacional Fino de Aroma (CNFA), característico de la mazorca es de color amarillo y anaranjadas, se constituye sus atributos en olor y sabor. Siendo este producto de gran importancia en la economía ecuatoriana, ocupando espacios importantes en mercados internacionales (Pesantez & Cabrera, 2021).

La variedad CCN51 es una de las fortalezas agronómicas del país, caracterizándose principalmente por sus altos rendimientos en cuanto a producción, su alto contenido de grasa lo favorece para la obtención de manteca de cacao, siendo una de las principales variedades explotadas en la industria (García & Moreta, 2013).

#### ***4.1.6. Propiedades benéficas del cacao***

Los polifenoles del cacao tienen actividad antioxidante, el cual actúa en la oxidación del colesterol, reduce niveles de glucosa basal y mejora la sensibilidad a la insulina (Andújar et al., 2013).

#### **4.2. Fermentación**

En la fermentación existe una relación entre microorganismos, pH, humedad, temperatura, alcoholes, ácidos y compuestos polifenólicos, provocando la muerte del embrión y reduce el sabor amargo del almendra (Natividad, 2022). De acuerdo lo mencionado por Álvarez et al. (2022), estas reacciones bioquímicas se atribuyen a la formación del sabor y aroma.

La fermentación es posible gracias a una secuencia de actividades que se involucran levaduras, bacterias del ácido láctico y bacterias del ácido acético. Las levaduras convierten la glucosa de la pulpa en etanol, realizan pectinólisis y producen compuestos aromáticos, como alcoholes (superiores), aldehídos, ácidos orgánicos y ésteres. Las BAL fermentan; la glucosa, la fructosa y el ácido cítrico de la pulpa y lo convierten en ácido láctico, ácido acético, manitol y piruvato, generando un ambiente de fermentación microbiológicamente estable, proporcionan lactato como fuente de carbono para el crecimiento indispensable de AAB, contribuyendo al chocolate aromas mediante la producción de alcoholes de azúcar, ácidos orgánicos, alcoholes (superiores) y aldehídos (De Vuyst & Leroy, 2020).

##### ***4.2.1. Tiempo de fermentación y temperatura***

La fermentación dura 5 días o 120 horas, durante este tiempo ocurren cambios físico-químico interno y externo del grano, como la aparición y desaparición de sustancias polifenólicas (Teneda, 2016).

A medida que aumenta la actividad microbiana, la temperatura de la masa de las semillas aumentan hasta que alcanza unos 45 °C a 50 °C y con pH de 4 a 5, condiciones que son más favorables para el crecimiento de bacterias formadoras de ácido acético, en sustitución del láctico (Gutierrez, 2021).

### **4.3. Características organolépticas**

De acuerdo con las características genéticas del cacao y los procesos de beneficio, el producto final de cacao puede reflejar características organolépticas favorables. Sabores básicos (amargo, ácido y astringente). Aromas específicos, como cacao, floral, frutal, nuez, especias y defectos (Moreno et al., 2019).

#### **4.3.1. Sabor y aroma**

Se caracteriza por el sabor a cacao o chocolate y notas aromáticas, además la presencia de astringencia, acidez y la ausencia de sabores desagradables o extraños (Cruz & Pereira, 2009).

- **Sabores ácidos**

Se relaciona con frutas cítricas y vinagre, dándole al cacao notas complejas (Chang et al., 2014).

- **Amargo y astringente**

El sabor amargo es un rasgo distintivo del café, mientras que el sabor astringente se manifiesta como una fuerte sensación de sequedad que puede percibirse en la lengua, garganta e incluso en los dientes (Chang et al., 2014).

- **Cacao**

Se percibe un sabor típico a granos bien fermentados, caracterizándose el sabor a chocolate (Quintana et al., 2015).

- **Floral**

Caracterizado por un sabor agradable y aroma a flores (Quintana et al., 2015).

- **Frutal**

Su sabor es característico de fruta madura, con notas de aroma a dulce agradable (Quintana et al., 2015).

- **Nuez**

Un sabor agradable, con sutiles notas de almendra y nuez (Quintana et al., 2015).

#### **4.3.2. Aroma**

El aroma a chocolate ocurre desde el momento que muere el embrión, su calidad depende del origen de las almendras, así como de los procesos de fermentación, secado y tostado. (Álvarez et al., 2007).

#### **4.4. *Saccharomyces cerevisiae***

Constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad. Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa, capaces de desdoblar el azúcar convirtiéndola en alcoholes, tiene una elevada capacidad fermentativa, se utiliza principalmente para la elaboración de pan, en la industria de cerveza, vinos, entre otros (Machín et al., 2016). Son las mayores productoras de ésteres y alcoholes superiores, contribuyendo en la mezcla de compuestos volátiles que caracteriza el aroma del chocolate (Batista et al., 2016).

Se adapta en un ambiente ligeramente ácido con un pH entre 4,5 a 6,5. *S. cerevisiae* concentrada, alcanza valores de materia seca (MS) de 18 % a 20 % y un contenido de proteína bruta (PB) de 32 % a 36 % (Machín et al., 2016).

#### **4.5. Investigaciones realizadas de *Saccharomyces cerevisiae* en cacao**

Velásquez et al., (2020) realizan una investigación, el cual consistía en mejorar las características organolépticas de las almendras de cacao nacional (*Theobroma Cacao* L.) en la elaboración de chocolates, a través de la modificación bioquímica del cotiledón del cacao en la etapa de postcosecha, fermentado con levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en dos tiempos 3 y 4 días, las muestras fueron tomadas en provincia de Los Ríos, los análisis físicos y químicos se realizaron en los Laboratorios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los resultados obtenidos del diseño experimental con la adición de levadura han demostrado resultados favorables en los tratamientos T4 (0,125 % de levadura x con melaza) y el T6 (0,250 % de

Levaduras + melaza) en cuanto a los análisis físicos y químicos como: humedad, prueba de corte y acidez, y a su vez mayor puntuación de calidad en sus atributos organolépticos.

Chagas et al., (2021) en un estudio realizado, se plantearon como objetivo identificar los compuestos volátiles en los granos de cacao fermentados y secos, utilizando dos inoculantes distintos de levadura: *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii*, la mezcla en proporciones iguales 1:1 de ambas especies, y una fermentación control. Las almendras fueron colocadas en cajas de madera para el proceso de fermentación que duró de 6 a 7 días, obteniendo como resultado que en los inoculantes *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii*, se obtuvo una alta capacidad de formación de compuestos deseables en el chocolate, clasificando estas almendras con el mayor contenido de aldehídos, ésteres, cetonas, alcoholes y baja concentración de sabores desagradables, resultando gran beneficio para los productores de cacao.

Tigrero et al., (2022) en un estudio realizado, caracterizan la diversidad microbiana del cacao fino de aroma, de dos fincas ubicadas en la provincia de Guayas. Realizaron fermentaciones a escala de laboratorio para evaluar la producción de compuestos volátiles por cada aislado microbiano. Las especies aisladas durante la fermentación incluyeron levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae* y *metapsilosis* por *Candida*; bacterias del ácido láctico (LAB), tales como *Limosilactobacillus fermentum* y *Liquorilactobacillus nagelii*; bacterias del ácido acético (BAA), como *Acetobacter pasteurianus*, *Acetobacter ghanensis* y *Acetobacter syzygii*. Durante la fermentación a escala de laboratorio, la inoculación de *S. cerevisiae* produjo principalmente alcoholes, mientras que LAB y AAB produjeron volátiles asociados con notas florales, almendradas y afrutadas durante la fermentación.

Rodriguez et al. (2016) se orientaron en el mejoramiento de las características físico-químicas y sensorial del cacao CCN51 con la adición de la enzima PPO (*polifenol oxidasa*) y levaduras (*Saccaromyces cerevisiae*), trabajando con ocho tratamientos y 3 repeticiones. Las variables estudiadas fueron; aroma, sabor, porcentaje de fermentación, porcentaje teobromina, porcentaje de acidez, humedad y pH., en los laboratorios de INIAP-Pichilingue y Santa Catalina. Los resultados muestran que la adición de la levadura (*Saccaromyces cerevisiae*) y el PPO mejoran las características físicas-químicas y sensoriales en comparación con el testigo.

Salous et al. (2019) realizan un estudio, el cual consiste en acelerar la etapa de la fermentación del cacao mediante la acción de bacterias (*Acetobacter*) y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) durante las horas que conlleva el proceso, utilizaron mazorcas de cacao de la variedad CCN 51 presentes en la región de Naranjal, Provincia del Guayas. Realizaron 2 ensayos y 2 repeticiones por cada uno, en él se añadió: Primer ensayo: 0,5 g de levadura por cada 100 g de muestras de cacao, Segundo ensayo: 1 g de levadura por cada 100 g de cacao. Obteniendo como resultados: Ensayo 1 con el 72 % de fermentación total dio los mejores resultados con relación al ensayo 2 que obtuvo un valor ligeramente menor con el 70 %.

## 5. Metodología

### 5.1. Localización del estudio

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de semillas, situado en la Estación Experimental “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, ubicada en el sector La Argelia en el Sur de la Ciudad de Loja (Figura 1). Geográficamente se encuentra en 4° 01’ 59” de Latitud Sur y 79° 59’ 00” de Longitud Oeste, a una altitud de 2 135 msnm, con una temperatura media anual de 16,6 °C, la precipitación media anual de 955 mm. En cuanto al tipo de clima según Koppen es; templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal (Zhofre-Aguirre & Celso-Yaguna, 2014). En la Figura 1, muestra el lugar donde se realizó la investigación.

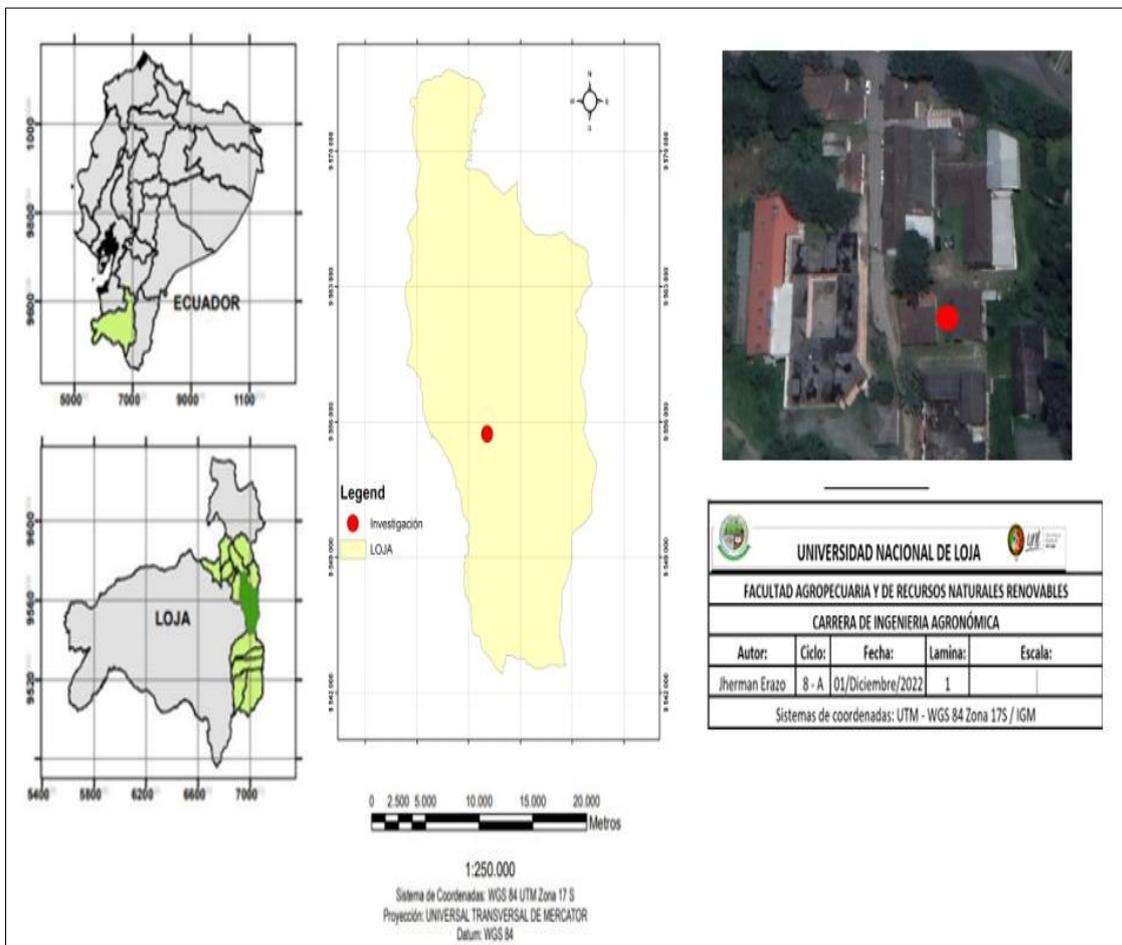


Figura 1. Mapa de ubicación donde se realizó el estudio.

## 5.2. Metodología general

La presente investigación realizada en cacao, clon CCN51 fue de tipo experimental con alcance explicativo-causal, basada en un diseño experimental que establece la relación entre los factores que incluyen días de fermentación (3 días y 5 días), lavado después de la fermentación (SI y NO) y dosis de *Saccharomyces cerevisiae*, con el fin de conocer la dependencia que existía entre las variables del estudio. Además, los resultados obtenidos fueron analizados teniendo en cuenta la estadística, siendo una investigación cuantitativa.

## 5.3. Diseño experimental

Para el cumplimiento de los objetivos, se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con estructura tri factorial de tratamientos para las variables, antes y después del proceso fermentativo.

Los tratamientos se establecieron en función de los factores:

**Factor A**= Dosis de levadura (0,4 g y 0,6 g)

**Factor B** = Lavado después de la fermentación (SI y NO)

**Factor C**= Días de fermentación (3 y 5 días)

**Unidad Experimental** = 690 g de cacao

**Número de Repeticiones** = 3

**Tratamientos** = 12

**Total, unidades experimentales**= 36

### 5.3.1. Modelo matemático

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + E_{ijk}$$

**Donde;**

$\mu$  = Media global de la variable respuesta.

$\alpha_i$  = Efecto del factor dosis de levadura.

$\beta_j$  = Efecto del factor lavado después de la fermentación (SI y NO).

$\gamma_k$  = Efecto del factor días de fermentación.

$(\alpha\beta)_{ij}$ ,  $(\alpha\gamma)_{ik}$ ,  $(\beta\gamma)_{jk}$  = Efectos de interacción del factor: (AxB), (AxC), (BxC).

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efectos producidos por la interacción entre los factores: Dosis; lavado (SI y NO) y días de fermentación.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### 5.3.2. Esquema de campo

Los tratamientos se encuentran compuestos por tres repeticiones, el esquema de campo utilizado para los tratamientos aplicados en el siguiente estudio se detalla en la Figura 2.

#### Factores

- Dosis de levadura
- Almendras de cacao lavadas (SI y NO).
- Días de fermentación

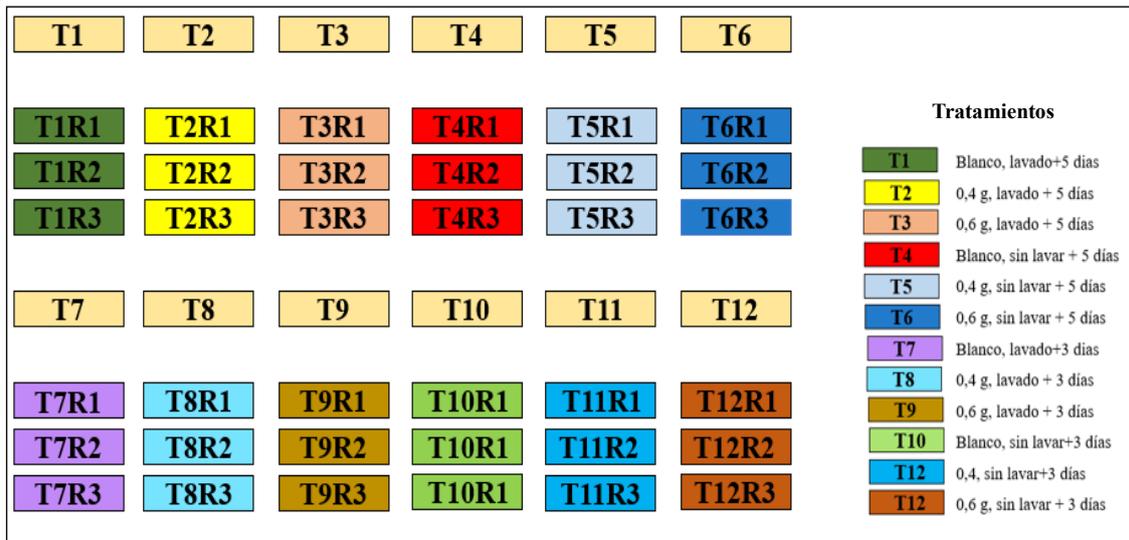


Figura 2. Esquema de tratamientos utilizados en la investigación.

#### 5.4. Metodología general para el cumplimiento del primer objetivo

Evaluar características fisicoquímicas en la fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CCN51, con adición de *Saccharomyces cerevisiae*, en diferentes concentraciones.

Las variables que se midió en el presente objetivo fueron: pH; °Brix antes y después de la fermentación; la prueba de corte después del secado.

La investigación abarcó el periodo de octubre del 2023 a marzo del 2024, desarrollándose en dos fases: la fase de cosecha en una finca productora del cantón Palanda y la fase de fermentación en la Universidad Nacional de Loja. La plantación tenía una edad entre 7 a 8.

##### 5.4.1. Procedimiento del investigador para los tratamientos del experimento

- **Cosecha**

Las mazorcas se cosecharon de forma manual con ayuda de una tijera podadora y depositándolas en un saco, teniendo en cuenta los frutos de mejor calidad, sin presencia de enfermedades, frutos verdes o sobre maduros. Se colectaron aproximadamente 160 mazorcas.

- **Despulpado**

En el laboratorio de semillas de la Universidad Nacional de Loja, se procedió a realizar el despulpado, con ayuda de un cuchillo se realizó un corte diagonal en la mazorca quedando expuestas las almendras de cacao, seguidamente con la mano se desprendió las almendras de la placenta que las sostiene, depositándolas en un recipiente de plástico. Una vez extraídas las almendras se pesó dando un total de 20,7 kg.

- **Aplicación de los tratamientos sobre las unidades experimentales**

Se utilizaron fundas plásticas gruesas transparentes de 17 cm x 25 cm, funcionando como fermentador, fueron etiquetadas según los tratamientos aplicados, depositando 690 g por funda dando en total 36 fundas correspondientes a las unidades experimentales propuestas.

Se adecuaron las botellas de plástico que sirvieron como trampa para evitar la entrada de oxígeno y permitir la eliminación de CO<sub>2</sub> de las fundas, se realizaron agujeros a las tapas de las botellas con la ayuda de un taladro eléctrico, seguidamente se les colocó manguera de una longitud de 50 cm, finalmente las botellas fueron llenadas por la mitad de agua, siendo utilizadas una botella por cada unidad experimental.

Para realizar el pesaje de la levadura se utilizaron vasos plásticos de 1 onza, siendo colocada la levadura en ellos, para lo cual se taró la balanza con cada vaso que se colocaba, con la ayuda de una cuchara plástica se adicionan dentro de cada uno, dependiendo de las dosis propuestas de 0,4 g y 0,6 g, por cada 690 g de almendras de cacao y se utilizaron 30 vasos.

Se utilizó una relación en masa 1:2 de agua-almendras de cacao, lo cual correspondió a 345 ml por unidad experimental. Se colocó el agua en la funda con las almendras, se adicionaron las respectivas dosis utilizadas (0,4 g y 0,6 g) de levadura, se mezcló con el fin de homogeneizar las levaduras y a la vez se dé una hidrólisis en el mucílago, se midió el pH de cada una de las muestras con la ayuda de un potenciómetro y los grados brix con un refractómetro.

Posteriormente se acondicionó cada biorreactor dentro del área de fermentación, se colocó la manguera a cada una con el fin de hacer el trabajo de una

trampa de aire, se ataron las fundas con piolas para asegurar su cierre hermético y no se dé una oxidación cuando concluya la fermentación, pero teniendo en cuenta que se permita el flujo y salida de CO<sub>2</sub>. Con la ayuda de las piolas y dos bases horizontales se amarraron las fundas con el fin de dar homogeneidad en la distribución de las levaduras. Por último, una vez adecuado el sistema se cubrieron todas las unidades experimentales con la ayuda de fundas plásticas negras para evitar el ingreso de luz, teniendo en cuenta que esto puede afectar la acción de las levaduras y llevar a cabo un proceso de fermentación adecuado.

Transcurridos los 3 y 5 días de fermentación respectivamente, se procedió a retirar las fundas negras, se extrajeron cada una de las muestras experimentales, se abrieron y se realizó la medición de pH y °Brix de cada una de ellas, seguidamente los tratamientos que correspondían al factor sin lavar fueron llevadas directamente a una deshidratadora para su respectivo secado, mientras que los tratamientos que corresponden al factor lavado fueron llevados a un área específica para dicha acción.

- **Lavado**

Los T1, T2, T3, T7, T8 y T9, corresponden al factor lavado, lo cual fueron colocados cada tratamiento sobre un colador para filtrar el mucílago y para ser lavadas, eliminando restos de la fermentación y posteriormente pudieran pasar al deshidratador.

Mientras que los T4, T5, T6, T9 y T10, correspondientes al factor sin lavar, luego de su fermentación, se lo llevó directamente al deshidratador.

- **Secado**

Los tratamientos correspondientes fueron puestos en unas mallas de tamiz de 30 cm x 50 cm, para luego ser colocados en una deshidratadora, el tiempo que se deshidrataron fue de aproximadamente 72 horas hasta que alcance una humedad de 7 %, para su respectivo almacenamiento y tueste.

- **Prueba de corte**

De cada tratamiento se procedió a realizar la prueba de corte a 50 almendras longitudinalmente por la mitad, de tal manera que quede expuesta la máxima superficie de los cotiledones. Se evaluaron por cada categoría dispuestas por las normas del INEN 176.

Las normas del INEN 176 (2022), dispone requisitos para la calidad de los granos de cacao, de los cuales se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Requisitos para la calidad de granos de cacao

Requisitos	Granos de cacao		
	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Humedad, máxima, %	7	7	7
Granos fermentados, mínimo, %	75	65	53
Granos violetas, máximo, %	15	21	25
Granos pizarrosos, máximo, %	9	12	18
Granos mohosos, máximo, %	1	2	4

**Fuente:** Requisitos para la calidad de granos de cacao (INEN, 2021).

Se examinaron visualmente las dos mitades de cada grano con la luz de día y se contó de forma separada cada tipo de grano de acuerdo con la clasificación con sus características, descrita en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Características de las almendras de cacao fermentado

Clasificación	Característica	Forma
<b>Bien fermentado</b>	Coloración marrón o marrón oscuro. Apariencia hinchada. Testa o cascarilla suelta.	
<b>Violeta</b>	No fermentado. No hinchados. Fuerte sabor amargo. Ausencia de aroma.	
<b>Mohoso</b>	Moho visible a simple vista (diversos colores). Sabor indeseable.	
<b>Pizarroso</b>	Ningún efecto de fermentación. Color pizarra (gris). Compacto, sin agrietamiento.	

Obtenido de; (Fernández et al., 2022)

Para calcular el porcentaje de granos en cada categoría se utiliza la siguiente fórmula.

La ecuación empleada fue.

$$\% \textit{ grano} = \frac{\textit{Número de granos de categoría}}{\textit{Granos cortados}} \times 100$$

### **5.5. Metodología general para el cumplimiento del segundo objetivo**

Determinar la calidad organoléptica de la pasta de cacao fermentado (*Theobroma cacao* L.), clon CCN5, con adición de *Saccharomyces cerevisiae*.

La evaluación de las características organolépticas se realizó en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.

Una vez obteniendo las almendras de cacao ya secas procedieron a realizar una pasta para evaluar la calidad organoléptica.

Estas características fueron evaluadas por Catadores experimentados en estos tipos de análisis, consistieron en degustar cada una de las muestras, mediante el licor de cacao obtenido utilizando los sentidos del olfato y el gusto.

Para obtener el licor de cacao se pesaron 454 g de cacao fermentado de cada muestra, seguidamente fueron tostadas a una temperatura de 45 °C en un tiempo de 15 minutos por cada muestra.

Después del tostado se dejó reposar el grano por un tiempo prudente hasta que se enfríen a una temperatura que puedan ser manipuladas con facilidad, luego manualmente se retiró la cáscara con el fin de obtener los nibs de cacao.

Para la obtención de la pasta, las muestras fueron trituradas en un molido especializado en moler cacao, esto se realizó hasta obtener la pasta, fue depositada en tarrinas plásticas de media libra, hasta que se evalúen las características organolépticas.

Durante la evaluación, los licores se llevaron a una temperatura de 40 °C a 45 °C. Cada catador tomó una cantidad pequeña de licor de cacao en el extremo de una paleta plástica pequeña y la colocó uniformemente sobre su lengua. El catador mantuvo la muestra en su boca por espacio de 15 a 20 segundos, determinando los

atributos de cada una de ellas y registrando los resultados en un formato diseñado para el efecto.

Las degustaciones se realizaron en forma individual y antes de continuar con la siguiente muestra, los catadores esperaron unos minutos para que se pierdan los sabores remanentes de la muestra anterior tomando agua.

En todos los perfiles de sabores (básicos y específicos), individualmente se calificó la degustación del licor de cacao usando una escala internacional de 0 a 10 puntos, siguiendo la metodología de Braudeau (1970), donde:

0 = Ausente.

1 a 2 = Intensidad baja.

3 a 5 = Intensidad media.

6 a 8 = Intensidad alta.

9 a 10 = Intensidad muy alta o fuerte.

#### ***5.5.1. Aspectos principales en la catación***

- **Sabores básicos:** acidez, amargor, astringencia.
- **Sabores específicos:** cacao, nuez, frutas frescas, floral, especias, fruta marrón, vegetal, madera y caramelo.
- **Defecto:** mohoso, contaminantes, crudo, tierra, descomposición.

#### **5.6. Análisis estadístico.**

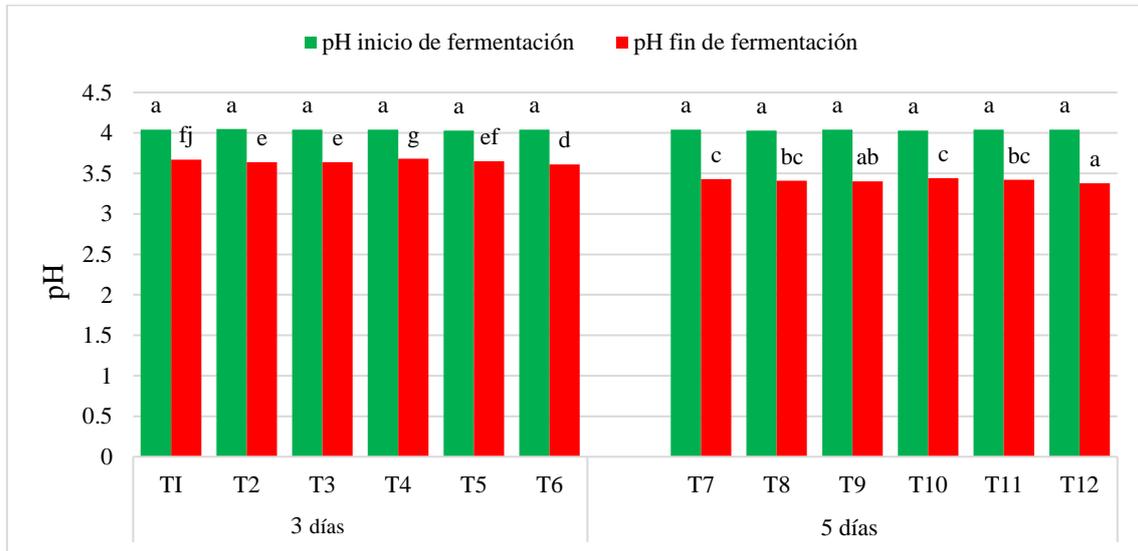
Para determinar las diferencias o similitudes estadísticas entre los tratamientos, se tabularon los datos en Microsoft Excel, y se aplicó el análisis estadístico en el programa INFOSTAT versión libre, se aplicó una Prueba de Tukey (95 %) para las diferencias significativas y así conocer el efecto entre las variables. Así mismo se llevó a cabo un análisis correlacional y un análisis multivariado de los componentes principales para evaluar las características organolépticas.

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados del primer objetivo

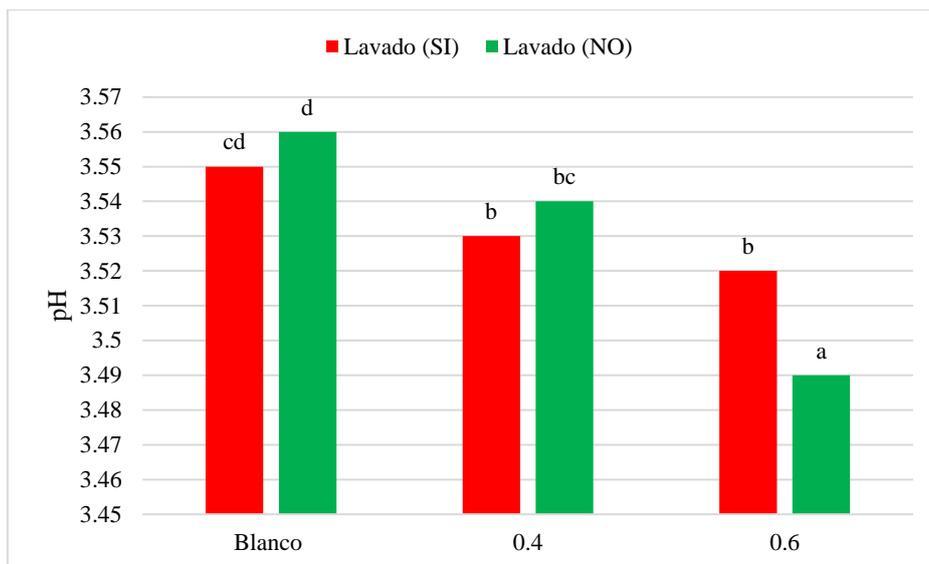
#### 6.1.1. pH de las almendras bajo fermentación

La acidificación y elevación del pH en los biorreactores para cada tratamiento evidenciaron una tendencia a disminuir hacia valores similares. No obstante, el T12, caracterizado por la utilización de la cepa de *S. cerevisiae* S-04, con dosis de 0,6 g y un período de fermentación de 5 días, mostró una marcada disminución en el nivel de pH en comparación con los demás tratamientos. Este análisis se aprecia claramente en la **Figura 3**, donde el T6 exhibió valores de pH inferiores a los observados en los otros tratamientos, registrando valores de  $\text{pH} > 3,38$ .



**Figura 3.** Gráfico de barras que representa la disminución del nivel de pH después del proceso fermentativo.

Los resultados del ANOVA realizado para esta variable, demostraron que era correcto aceptar la hipótesis alternativa dada la diferencia significativa entre los tratamientos justificados por el  $P$ -valor ( $< 0,05$ ). Finalmente, al no encontrar diferencia significativa en la interacción con las variables **Dosis (g)**, **lavado (SI y NO)** y **fermentación (día)**, se evaluó realizando una prueba de Tukey en la interacción **Dosis (g) – lavado**, ver Figura 4.



**Figura 4.** Medias en la interacción de dosis y lavado (SI y No). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ), resultando una reducción del pH en el factor lavado (SI) con una dosis de 0,6 g en los tratamientos.

En el factor **fermentación (día)** se realizó un análisis de la prueba de Tukey solo, debido a que ninguna de las interacciones día significativa cuando estuvo con **fermentación (día)**, tal como lo muestra la Tabla 4.

**Tabla 4.** pH al terminar la fermentación - Medias ajustadas y errores estándares para el factor Fermentación (día).

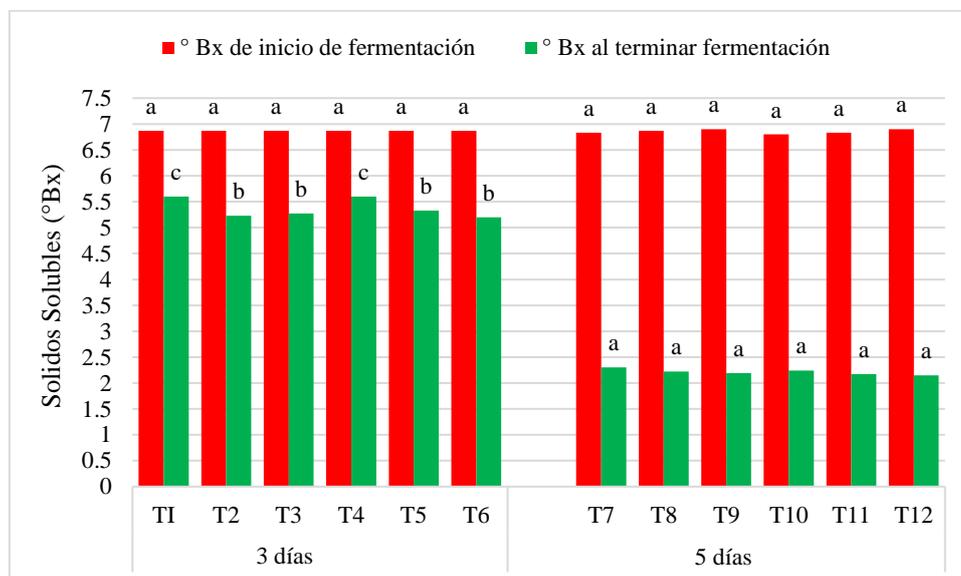
Fermentación	pH	E.E.	
5 días	3,41	0,002	a
3 días	3,65	0,002	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). A los 5 días de fermentación, se redujo en mayor concentración el pH del mucilago del cacao respecto a los 3 días de fermentación.

### 6.1.2. Grados Brix de las almendras bajo fermentación

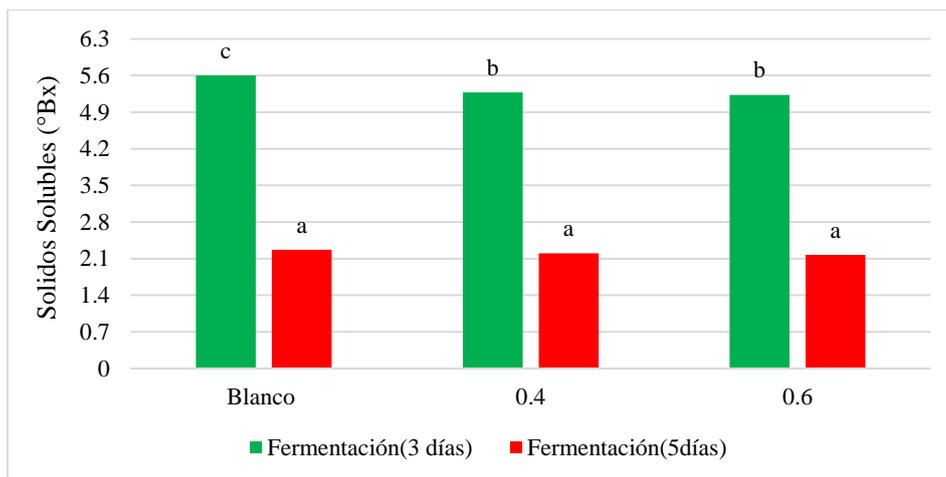
Existen diferencias significativas, ya que los niveles de °Bx al finalizar el proceso de fermentación en cada tratamiento experimentaron una marcada disminución en la dulzura. Los resultados muestran valores que van desde 2,15 °Bx a 2,3 °Bx en los tratamientos T7, T8, T9, T10, T11 y T12, lo que sugiere la posibilidad de una sobrefermentación que impactó directamente en esta variable, como se evidencia en la Figura 5. En contraste, los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 se destacaron al exhibir un mayor grado de dulzura en comparación con los demás tratamientos, con valores de

5,20 °Bx a 5,60 °Bx. Esto indica una influencia significativa del tiempo de fermentación en la disparidad observada. Tal como se observa en la Figura 4.



**Figura 5.** Gráfico de barras que representa la disminución de los grados brix en cada variable de estudio, después del proceso fermentativo.

Los resultados del ANOVA realizado para esta variable, demostraron que era acertado aceptar la hipótesis alternativa dada la diferencia significativa entre los tratamientos justificado por el  $P$ -valor  $< 0,05$ . Finalmente, al no encontrar diferencia significativa en la interacción con las variables **Dosis (g)**, **lavado (SI y NO)** y **fermentación (día)**, se evaluó realizando una prueba de Tukey en la interacción **Dosis (g) – fermentación (día)**, ver Figura 4.



**Figura 6.** °Bx al terminar la fermentación - Medias ajustadas en la interacción de dosis y fermentación (día). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). A los 5 días de fermentación, con una dosis de 0,6 g se redujo en mayor concentración azúcar del cacao respecto a los 3 días de fermentación.

En el factor **lavado (SI y No)** se realizó un análisis de la prueba de Tukey solo, debido a que ninguna de las interacciones dió significativa cuando estuvo con **lavado (SI y No)**, tal como lo muestra la Tabla 5.

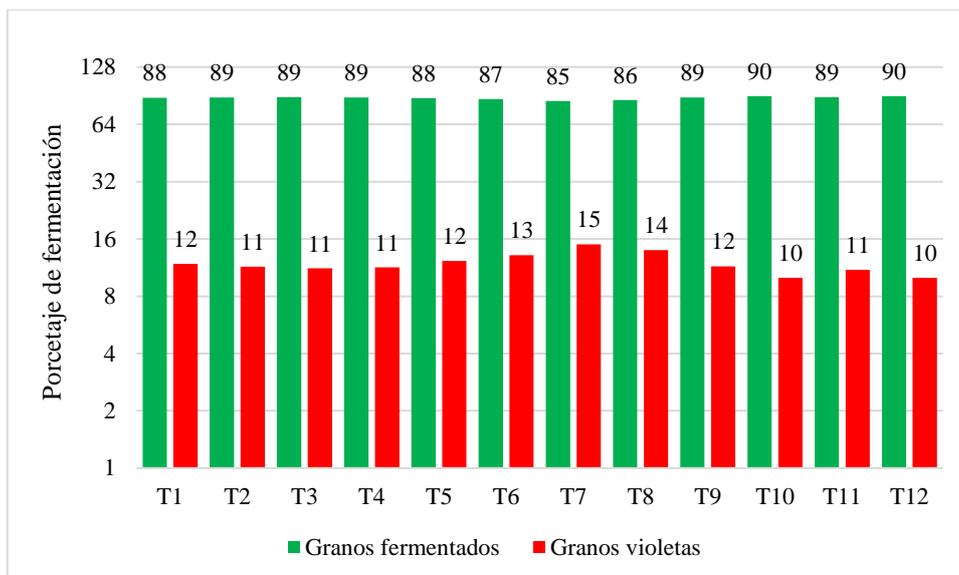
**Tabla 5.** Grados Brix al terminar la fermentación - Medias ajustadas y errores estándares para el factor Lavado (SI y NO).

Lavado (SI y NO)	Brix	E.E.
SI	3.80	0,02 a
NO	3.78	0,02 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). Los tratamientos dispuestos en no lavar las almendras de cacao obtuvieron mayor efecto en comparación con el lavado.

### 6.1.3. Prueba de corte de las almendras secas de cacao

En la Figura 7, se puede apreciar la prueba de corte de las almendras de cacao. El porcentaje de las almendras fermentadas en los tratamientos se encuentran dentro de las normas INEN 176 obteniendo un porcentaje  $>$  al 75 %, en cuanto a los granos violeta los tratamientos están  $<$  del 15 %.

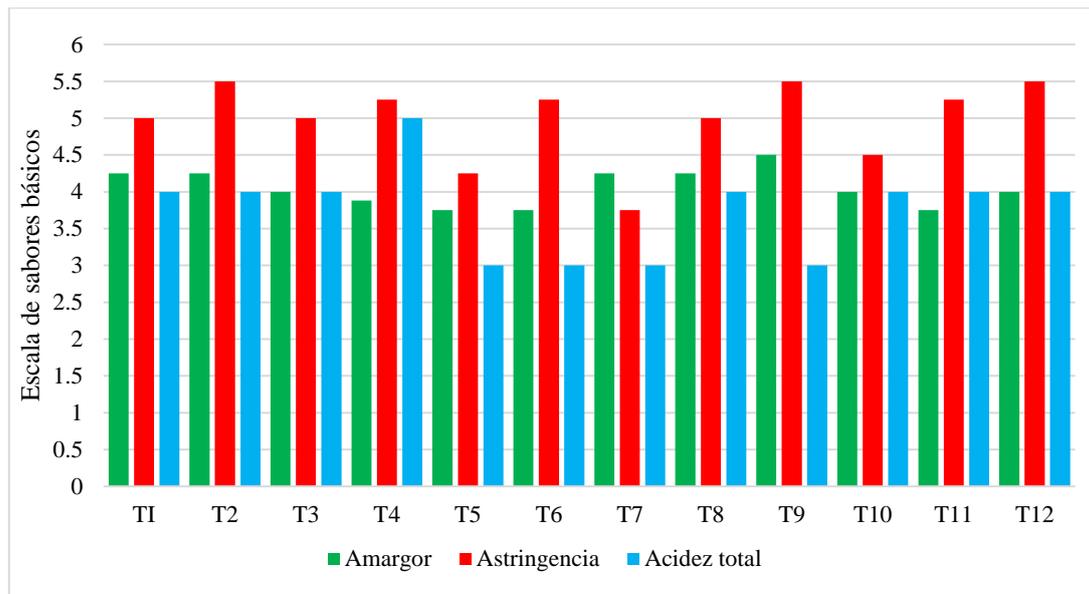


**Figura 7.** Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación en la prueba de corte.

En la **Figura 7** se mencionan diferentes tonalidades para evaluar el corte de la almendra de cacao. Los resultados obtenidos validan las características requeridas, ya que las mazorcas de cacao mantuvieron la tonalidad marrón o café que identifica una buena fermentación. En el análisis de prueba de corte aplicado en el diseño experimental, se observa que el T10 y T12 presenta mayor cantidad y calidad de almendras de cacao con una buena fermentación (90 %), observando menor porcentaje de granos violetas.

## 6.2. Resultados del segundo objetivo

En la Figura 8, se observa el análisis sensorial de los respectivos tratamientos. En los sabores básicos la mayor intensidad de amargura se detectó en las muestras de los tratamientos T1, T2, T7, T8 y T9 con un valor de 4,25 y 4,50 respectivamente. Los valores de astringencia fluctuaron entre 3,75 a 5,50, siendo el valor más alto para el tratamiento T2 y T12, el más bajo para el tratamiento T7. En el tratamiento T4 (5) se detectó mayor acidez, mientras en el T5, T6, T7 y T9 (3) fueron menos ácidas.



**Figura 8.** Sabores básicos en cuanto a las características sensoriales

En los sabores específicos el T1, T4 y T10, se obtuvo la mayor intensidad de sabor a cacao con valores que fluctúan entre 3,75 y 4. En cuanto al sabor floral el T7 mayor intensidad con un valor de 0,7. El T10 obtuvo mayor intensidad en el sabor a fruta fresca con un valor de 5,70. En cuanto al sabor a fruta marrón el T11 obtuvo mayor concentración con un valor de 1,7. Con sabor a vegetal el T1 obtuvo un valor de 2,9 valor mayor a los demás tratamientos. En el sabor a madera el T9 (3,2) obtuvo un valor mayor. En lo que respecta a la especia el T9 (1,8) obtuvo mayor valor. El T10 y T12, se caracterizaron por mayor concentración sabor a nuez, obteniendo valores que fluctúan de 2,10 y 2,40. El único tratamiento con sabor a caramelo fue el T5, obteniendo un valor de 0,5. Como se observa en la Figura 9.

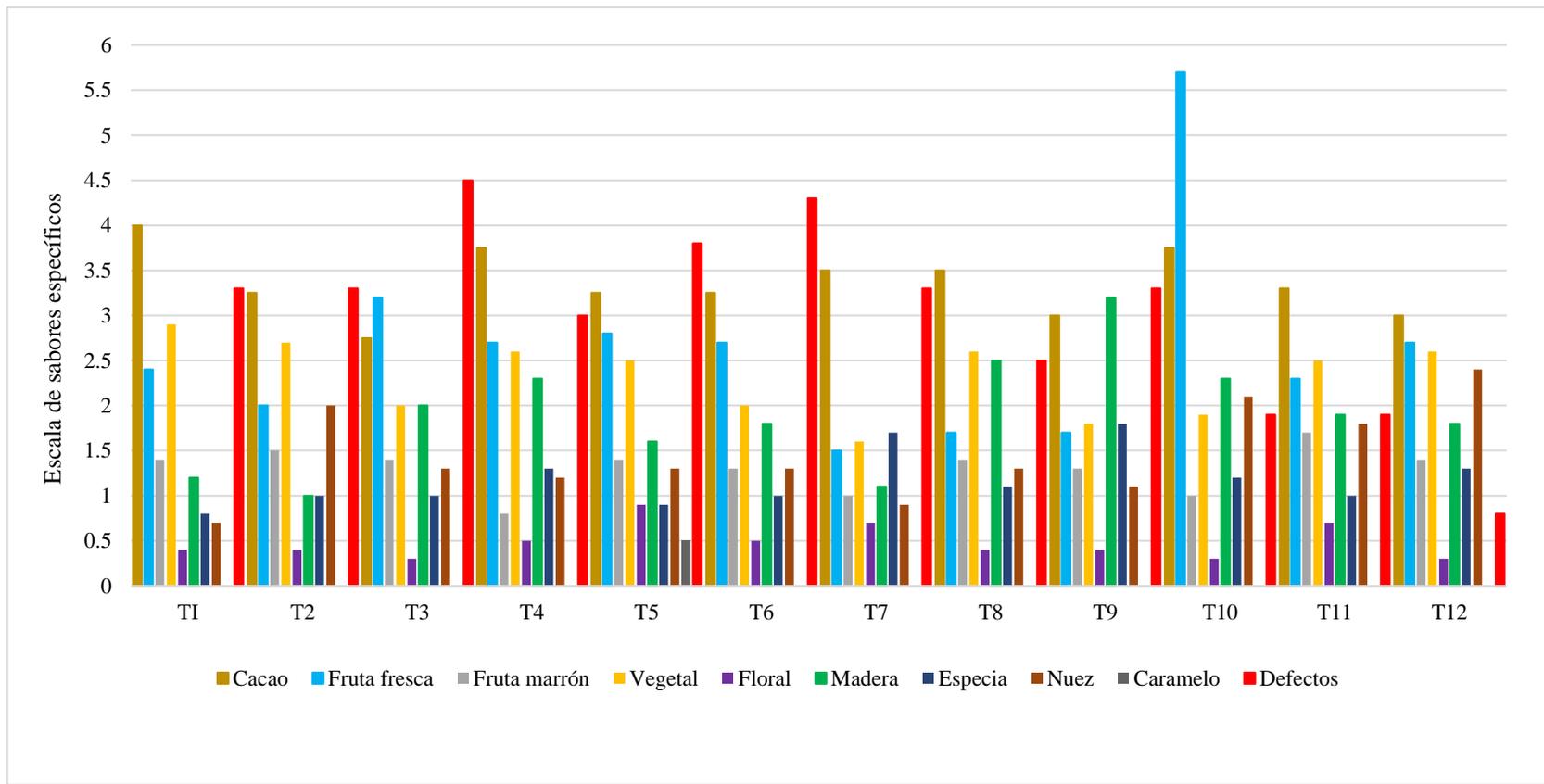


Figura 9. Sabores específicos en cuanto a las características sensoriales.

- **Análisis correlacional**

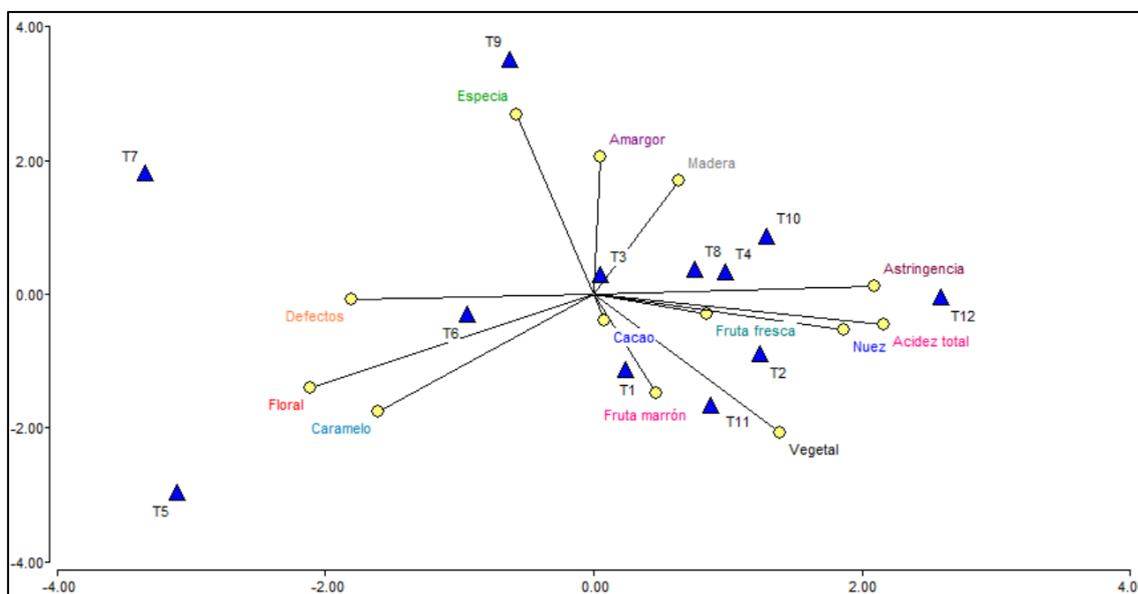
Para el análisis estadístico se realizó una correlación la cual nos permitió describir qué variables sensoriales están asociadas. Se pudo distinguir correlaciones con *P*-valor significativo, encontrando una relación entre las variables; Vegetal-especia, Floral- caramelo y Nuez-defectos. Como se evidencia en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Correlación de variables; Relación de variables con un  $P < 0,05$ .

Variable 1	Variable 2	Pearson	<i>P</i> -valor
Vegetal	Especia	-0,64	0,0239
Floral	Caramelo	0,69	0,0128
Nuez	Defectos	-0,66	0,0184

- **Componentes principales**

Los resultados del análisis de componentes principales sobre las pruebas organolépticas se encuentran en la Figura 10. El T9 tiene más relación con especia y amargor. El T7 se relaciona más con defectos. El T5 tiende a relacionarse con floral y caramelo. El T11 tiene más relación con fruta marrón y vegetal. El T12 tiene más relación con astringencia y acidez. El T10 se relaciona con el sabor a madera.



**Figura 10.** Distribución en el plano definido por los componentes principales de los puntos con la información sensorial de las muestras de los distintos tratamientos.

## **7. Discusiones**

### **7.1. Comportamiento del pH durante el proceso de fermentación**

La evaluación en lo que respecta a la variable pH, mostró valores iniciales (antes del proceso fermentativo) de 4,03 a 4,05, datos superiores a los obtenidos por Rojas et al. (2021) quienes registraron un pH inicial de 3,56 a 3,70. Por otro lado, el pH al final del proceso de fermentación fue de 3,38 a 3,67, resultados similares en el estudio realizado por Camu et al. (2007) quienes en su investigación obtuvieron un pH entre 4,0 a 4,3 después de 120 a 130 horas de fermentación. Loureiro et al. (2017) afirman que el pH entre 5 a 5,4, es óptimo para la obtención de sabores y aromas del cacao.

### **7.2. Comportamiento de los Grados Brix durante el proceso de fermentación**

Los Brix en el proceso de fermentación, ya en dilución, tuvieron valores iniciales de 6,87 a 6,90, al terminar la fermentación se obtuvo una disminución notoria obteniendo el valor más bajo de 2,15, resultados que se muestran similares al estudio realizado por Loureiro et al. (2017) donde obtiene un rango promedio de los granos fermentados de 1,22 °Bx, debido al consumo de los azúcares por los microorganismos, transformándolos en alcoholes y ácidos orgánicos. Los resultados en la presente investigación se pudieron evidenciar que en los tratamientos del cacao fermentado hasta los 5 días ocurrió una disminución más notoria.

### **7.3. Prueba de corte**

En lo que respecta a la prueba de corte se obtuvieron porcentajes > al 80 % de granos fermentados y < al 15 % de granos violetas, estos resultados se encuentran dentro del rango que dispone el INEN para determinar la calidad del cacao, Rivera Fernández et al. (2013) en su investigación donde fermentaron almendras de cacao Nacional durante 5 días, obteniendo el 75 % de granos fermentados. Sin embargo, Vásquez et al. (2020) en un estudio realizado obtuvieron el 74,78 % de granos fermentados donde aplicaron 0,5 g de *Saccharomyces cerevisiae* en granos violetas el 21,78 % con 1 g de levaduras. Andrade et al. (2019) investigaron las propiedades fisicoquímicas del cacao fino de aroma, fermentando en cajas de madera, en sacos de

polipropileno y sacos de yute, durante 96 a 120 horas donde obtuvieron valores de 70 % a 90 % de fermentación.

## **7.4. Análisis Sensoriales**

### **7.4.1. Sabores básicos**

En los sabores básicos se obtuvieron un puntaje máximo de 6, en el rango de la escala de 0 a 10 puntos. En relación a la amargura, los tratamientos T7 (Blanco, lavado y 5 días de fermentación) y T8 (0,4 g, lavado y 5 días de fermentación) obtuvieron puntajes máximos de 4,25, resultado que se muestra similar con Horta et al. (2019) quienes alcanzaron una calificación de 5 en el clon ICS 39. Sin embargo Portillo et al, (2006) obtuvo un puntaje máximo de 2,51.

La astringencia tuvo predominancia en los tratamientos T9 (0,6 g, lavado y 5 días de fermentación) y T12 (0,6 g, sin lavar y 5 días de fermentación) obteniendo una calificación de 5,50. Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Torres et al. (2018) donde analizaron cacaos finos de aromas en 21 fincas, obteniendo una calificación máxima de 3,04 y mencionan que la amargura y astringencia depende de los días de fermentación.

En la acidez total el T4 (0,6 g, sin lavar y 3 días de fermentación) se obtuvo una calificación máxima de 5, puntaje superior al obtenido por Vásquez et al. (2020) donde utilizó en 2 kg de cacao una dosis de 0,5 g de *Saccharomyces cerevisiae* alcanzando un puntaje máximo de 1,40. Torres et al. (2018) obtuvieron una calificación máxima de 3,78, resultados más cercanos a los obtenidos en la presente investigación.

Vásquez et al. (2016) afirman que los alcaloides, específicamente la cafeína, teobromina y la teofilina, son los principales responsables del amargor, astringencia y acidez del grano, jugando un papel importante el manejo postcosecha (secado) en la disminución de su concentración.

### **7.4.2. Sabores específicos**

El sabor a cacao siendo predominante en la presente investigación donde se obtuvieron calificaciones que van de 3 a 4, siendo el T1 (blanco, lavado y 3 días de

fermentación) con mayor puntaje de 4, resultado similar al obtenido por García et al. (2021) donde alcanzaron valores de 4,7 a 4,8. Sin embargo Torres et al. (2018) consiguieron puntajes superiores a 5,87. En cuanto al sabor a nuez el T12 (0,6 g, sin lavar y 5 días de fermentación) predomina con un valor de 2,40, resultado similar al obtenido por Horta et al. (2019) donde alcanzaron un puntaje máximo de 2.25.

En los sabores florales se obtuvieron valores que van de 0,3 a 0,7, siendo en el T7 (blanco, lavado y 5 días de fermentación) y el T11 (0,4 g, sin lavar y 5 días de fermentación) los más influyentes con un puntaje 0,7, resultado similar a los obtenidos por Ordoñez et al. (2020) donde alcanzó un valor máximo de 0,85. Sin embargo Vásquez et al. (2020) obtuvo un puntaje máximo de 4,30. Muñoz et al. (2012) mencionan que durante el tostado se forma un compuesto aromático caracterizándose floral.

El sabor a caramelo en la presente investigación solamente se obtuvo notas en el tratamiento T5 (0,4 g, sin lavar y 3 días de fermentación) con un puntaje de 0,5, resultados inferiores a los obtenidos por Chang et al. (2021) donde obtuvo una puntuación máxima de 8. En lo que respecta a la puntuación frutal Chang et al. (2021) en su investigación obtiene un valor máximo de 10, resultado mayor a lo obtenido en la investigación donde se obtuvo una puntuación máxima de 5,7 en el T10 (blanco, sin lavar y 5 días de fermentación).

En cuanto a sabores defectuosos se obtuvo un valor más significativo en el T3 (0,6 g, lavado y 3 días de fermentación) con un puntaje de 4,5, caracterizándose por el sabor a madera descompuesta, sabor a quemado y presencia de moho. Sierra et al. (2022) afirman que estos defectos se relacionan con el manejo postcosecha (fermentación y tostado). El tostado del cacao es un paso esencial para seguir desarrollando el sabor y el aroma a chocolate, mostrando una relación tiempo / temperatura (Muñoz et al., 2012)

## 8. Conclusiones

- La aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* tiene efectos positivos en la fermentación del cacao, actuando en la adquisición de sabores específicos, actuando en la reducción de pH y azúcar.
- El tiempo de fermentación se reduce con la aplicación de levadura, por lo tanto, permite controlar el pH en función del tiempo, en este proceso el mejor tratamiento fue de 5 días de fermentación, llegando a un 3,38 de pH.
- Los porcentajes de fermentación en la presente investigación fueron muy positivos superando el 75 % de granos fermentados, el mayor nivel de fermentación se alcanzó en el T6 con un 98 % de fermentación, la cual se logró con 3 días y de 0,6 g de levadura.
- Los tratamientos con características sensoriales con sabores específicos fueron: T5 con mayor intensidad en los sabores floral y caramelo; mientras que el T12 presento particularidades en sabor a nuez, además de un sabor a chocolate fino en todos los tratamientos.
- En los análisis organolépticos el manejo postcosecha (fermentación y tostado) del cacao es vital para la obtención de precursores que garanticen el aroma y sabor, lo que se logró evidenciar en esta investigación.

## **9. Recomendaciones**

- Es de gran importancia realizar las prácticas adecuadas en el desarrollo y producción del cacao debido a que influyen en el producto final del cacao.
- Recomendable clasificar las mazorcas con presencia de plagas, enfermedades y sobre madurados, debido a que perjudica la obtención de sabores y aromas deseables para el chocolate.

## 10. Referencias Bibliográficas

Abad, K. L. B., Cevallos, H. V., Montealegre, V. J. G., & Romero, H. C. (2021). Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), Article S1.

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>

Álvarez, C., Pérez, E., & Lares, M. (2002). Morfología de los frutos y características físico-químicas del Mucílago del cacao de tres zonas del Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 52(4), 497-506.

Álvarez, C., Pérez, E., & Lares, M. C. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 57(4), 249-256.

Andrade Almeida, J., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., Ureña Peralta, M. O., Andrade Almeida, J., Rivera García, J., Chire Fajardo, G. C., & Ureña Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma cacao* L. de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12.

Andújar, I., Recio, M. C., & José Luis Ríos, J. L. (2013). Cacao, actualización de sus propiedades beneficiosas para la salud humana. *Rev. fitoter*, 5-21.

Batista, N. N., Ramos, C. L., Dias, D. R., Pinheiro, A. C. M., & Schwan, R. F. (2016). The impact of yeast starter cultures on the microbial communities and volatile compounds in cocoa fermentation and the resulting sensory attributes of chocolate. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 1101-1110. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2132-5>

Cambisaca-Díaz, M., & Macías-Badaraco, K. (2023). Competitividad de las exportaciones de cacao en Ecuador 2015 – 2020. *Revista Económica*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.54753/rve.v11i1.1595>

Camu, N., De Winter, T., Verbrugge, K., Cleenwerck, I., Vandamme, P., Takrama, J. S., Vancanneyt, M., & De Vuyst, L. (2007). Dynamics and Biodiversity of Populations of Lactic

Acid Bacteria and Acetic Acid Bacteria Involved in Spontaneous Heap Fermentation of Cocoa Beans in Ghana. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(6), 1809-1824. <https://doi.org/10.1128/AEM.02189-06>

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), e01157. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01157>

Chagas Junior, G. C. A., Ferreira, N. R., Andrade, E. H. de A., Nascimento, L. D. do, Siqueira, F. C. de, & Lopes, A. S. (2021). Profile of Volatile Compounds of On-Farm Fermented and Dried Cocoa Beans Inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* KY794742 and *Pichia kudriavzevii* KY794725. *Molecules*, 26(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/molecules26020344>

Chang, J. F. V., Torres, C. V., Morán, D. E. P., Véliz, J. M., Remache, R. R., & Rodríguez, W. M. (2014). ATRIBUTOS FÍSICOS-QUÍMICOS Y SENSORIALES DE LAS ALMENDRAS DE QUINCE CLONES DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao* L.) EN EL ECUADOR. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>

Chang, J. V., Escaleras, M. Á., & Astaburuaga, A. I. (2021). Sistema de producción de la almendra y del cacao: Una caracterización necesaria\*. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(Esp.3), 372-390.

Cordova, K., Barrezueta Unda, S., Romero, H., Quezada, J., & Garzon, V. (2021). Economic analysis of the export of cocoa in Ecuador during the period 2014 – 2019. *Polo del Conocimiento*, 6, 2432-2444. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2522>

Cruz, E. D. L., & Pereira, I. (2009). Historias, Saberes y Sabores en torno al cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de Barlovento, Estado Miranda. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 10(2), 97-120.

De Vuyst, L., & Leroy, F. (2020). Functional role of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(4), 432-453. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuaa014>

Díaz, L., Pinoargote, M., & Castillo, P. (2011). *Análisis de las Características Organolépticas del Chocolate a partir de Cacao CCN51 Tratado Enzimáticamente y Tostado a Diferentes Temperaturas.*

Fernández, C. O. Á., Salgado, N. D. L., Silva, E. E. P., Amaíz, M. D. C. L., & González, J. G. P. (2022). Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinar*, 5(1), 12-25.

García, S. V., & Moreta, F. A. (2013). OPTIMIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO (EXUDADO DEL MUCÍLAGO) DE LA ALMENDRA FRESCA DEL CACAO (THEOBROMA CACAO L.) CCN51 EN LA ELABORACIÓN DE VINAGRE. *Tsafiqui - Revista Científica en Ciencias Sociales*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v0i4.256>

García-Rincón, P. A., Núñez-Ramírez, J. M., Bahamón-Monje, A. F., García-Rincón, P. A., Núñez-Ramírez, J. M., & Bahamón-Monje, A. F. (2021). Physicochemical and sensory characteristics of fermented almonds of national cacao (*Theobroma Cacao L.*) with addition of probiotics in the amazonic research center, Cimaz Macagual (Caquetá, Colombia). *Ingeniería y Competitividad*, 23(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v23i2.10885>

Gil, M., Orrego, F., Cadena, E., Alegria, R., & Londono-Londono, J. (2016). Effect of Pectin Lyase Enzyme on Fermentation and Drying of Cocoa (*Theobroma cacao L.*): An Alternative to Improve Raw Material in the Industry of Chocolate. *Food and Nutrition Sciences*, 7(4), Article 4. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.74023>

Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., & Parra, P. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de cumboto, aragua. *Agronomía Tropical*, 53(2), 133-144.

Gutierrez, M. (2021). Final Marcelo El valor del pH como indicador de la calidad del cacao. *El valor del pH como indicador de la calidad del cacao.* [https://www.academia.edu/53329937/Final\\_Marcelo\\_El\\_valor\\_del\\_pH\\_como\\_indicador\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_cacao](https://www.academia.edu/53329937/Final_Marcelo_El_valor_del_pH_como_indicador_de_la_calidad_del_cacao)

Horta-Téllez, H. B., Sandoval-Aldana, A. P., Garcia-Muñoz, M. C., Cerón-Salazar, I. X., Horta-Téllez, H. B., Sandoval-Aldana, A. P., Garcia-Muñoz, M. C., & Cerón-Salazar, I. X.

(2019). Evaluation of the fermentation process and final quality of five cacao clones from the department of Huila, Colombia. *DYNA*, 86(210), 233-239. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.75814>

INEN. (2021). *NTE INEN 176 Sexta revisión—PDF Free Download*. <https://docplayer.es/213990900-Nte-inen-176-sexta-revision.html>

Llerena, W. F. T., Guevara, M. D. G., & Mora, S. M. O. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: Caso Tungurahua-Ecuador \*. *Cuadernos de Contabilidad*, 20(50), 23-34.

Loureiro, G. A. H. A., Araujo, Q. R., Sodré, G. A., Valle, R. R., Souza, J. O., Ramos, E. M. L. S., Comerford, N. B., & Grierson, P. F. (2017). Cacao quality: Highlighting selected attributes. *Food Reviews International*, 33(4), 382-405. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1175011>

Loureiro, G. A. H. de A., Araujo, Q. R. de, Valle, R. R., Sodré, G. A., Souza, S. M. M. de, Loureiro, G. A. H. de A., Araujo, Q. R. de, Valle, R. R., Sodré, G. A., & Souza, S. M. M. de. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(12), 579-587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>

Mach n, C., Antonio, N., Carralero, G., Amarilys, C., & Rodríguez, G. (2016). LEVADURA SACCHAROMYCES CEREVISIAE Y LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL. Revisión bibliográfica. YEAST SACCHAROMYCES CEREVISIAE AND THE PRODUCTION OF ALCOHOL. A Review. *Revista ICIDCA*, 50, 20-29.

MAG. (2023). *Comercio exterior—Productos agropecuarios*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/comext-productos>

Morales, J. de J., J, A. G., & B, E. M. (2012).  Qu  sabe usted acerca de...Cacao? *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 43(4), 79-81.

Moreno-Martínez, E., Gavanzo-Cárdenas,  . M., & Rangel-Silva, F. A. (2019). Evaluación de las características físicas y sensoriales de licor de cacao asociadas a modelos de siembra. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 75-90.

Muñoz, Y., Pérez Sira, E., & Palomino, C. (2012). Factores que inciden en la calidad sensorial del chocolate. *ACTUALIZACIÓN EN NUTRICIÓN*, 13, 314-331.

Ordoñez, E. S., Quispe C, Y., García C, L. F., Ordoñez, E. S., Quispe C, Y., & García C, L. F. (2020). Cuantificación de fenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cinco variedades de cacao, en dos sistemas de fermentación. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 473-481. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.02>

Orozco-Aguilar, L. (2015). *Cuanto produce una planta de cacao durante su vida?* <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2033.8407>

Ortiz de Bertorelli, L., Rovedas L, G., & Graziani de Fariñas, L. (2009). Influencia de varios factores sobre índices físicos del grano de cacao en fermentación. *Agronomía Tropical*, 59(1), 81-88.

Pesantez Cedeño, Z. F., & Cabrera Avila, E. (2021). Análisis del plan estratégico del cacao fino y de aroma ecuatoriano, periodo 2013-2017. *ECA Sinergia*, 12(3), 135. [https://doi.org/10.33936/eca\\_sinergia.v12i3.3207](https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v12i3.3207)

Portillo<sup>1</sup>, E., Graziani de Fariñas<sup>2</sup>, L., & Cros<sup>3</sup>, E. (2006). Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(1), 51-59.

Quintana Fuentes, L., Gómez-Castelblanco, S., García Jerez, A., & Martínez, N. (2015). *Perfil sensorial del Clon de cacao (Theobroma cacao L.) CCN51 (primera. 13.* <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2015.1866>

Rivera Fernández, R., Gallo, F., Guzmán Cedeño, A., Galeas, M., Quinteros, H., Ferrín, L., Barrera-Álvarez, A., & Nivelá, P. (2013). EFECTO DEL TIPO Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*) TIPO NACIONAL. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 5, 7-12. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.165>

Rocio Natividad MorejónLucio. (2022). *Uso de enzimas y levaduras como estrategia para disminuir la presencia de cadmio en el proceso de fermentación de almendras de Theobroma cacao L.* <https://core.ac.uk/reader/539282473>

Rodríguez, W. M., Torres, C. V., Bósquez, P. D. S., Navarrete, Y. T., Chang, J. V., & Cedeño, E. D. A. (2016). Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN51 a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 5(2), 169-181.

Rodríguez-Velázquez, N. D., Chávez-Ramírez, B., Gómez de la Cruz, I., Vásquez-Murrieta, M.-S., & Estrada de los Santos, P. (2022). *El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación*. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/15599>

Rojas-Rojas, K., Hernández-Aguirre, C., & Mencía-Guevara, A. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 53-65.

Salous, A. E., Angulo-González, A., & Flores, L. S. (2019). Acceleration of cocoa fermentation through the action of bacteria (*Acetobacter aceti*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Espirales revista multidisciplinaria de investigación científica*, 3(28). <https://www.redalyc.org/journal/5732/573263327001/movil/>

Sierra, E. R., Cabrera, M. C. J., & Álvarez, I. R. (2022). Influencia de la granulometría en el perfil de sabor del licor de cacao cubano refinado con molino de piedras. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), Article 3.

Teneda-Llerena, W. (2016). *Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao. (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51*. <https://doi.org/10.56451/10334/3743>

Tigrero-Vaca, J., Maridueña-Zavala, M. G., Liao, H.-L., Prado-Lince, M., Zambrano-Vera, C. S., Monserrate-Maggi, B., & Cevallos-Cevallos, J. M. (2022). Microbial Diversity and Contribution to the Formation of Volatile Compounds during Fine-Flavor Cacao Bean Fermentation. *Foods*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/foods11070915>

Torres, C. A. V., Flores, G. L. L., Rodríguez, W. M., & Chang, J. V. (2018). Perfil sensorial de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Valle Hermoso-Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 9(2), Article 2.

Valdez, F. (2019). *Evidencias arqueológicas del uso social del cacao en la Alta Amazonía*.

[https://www.academia.edu/84035674/Evidencias\\_arqueol%C3%B3gicas\\_del\\_uso\\_social\\_del\\_cacao\\_en\\_la\\_Alta\\_Amazon%C3%ADa](https://www.academia.edu/84035674/Evidencias_arqueol%C3%B3gicas_del_uso_social_del_cacao_en_la_Alta_Amazon%C3%ADa)

Vásquez, K. A., Chang, J. V., García, D. T., & Flor, F. I. (2020). Fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. *Centrosur Agraria*.  
<https://www.centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191>

Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., & Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(3), 239-254.

Velásquez, D. E. M., Berrezueta, M. M. Z., Muñoz, S. A. S., Arévalo, M. L. C., & Uribe, L. S. R. (2020). Modificación bioquímica de las almendras de cacao en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*saccharomyces cerevisiae*) y melaza, para mejorar su calidad. *Ingeniería e Innovación*, 8(1), Article 1.  
<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2313>

Zhofre Aguirre & Celso Yaguna. (2014). *Parque Universitario Francisco Vivar C Unl*. calameo.com. <https://www.calameo.com/read/005884215d4d320f04be2>

## 11. Anexos

*Anexo 1. a) Despulpado de las mazorcas del cacao. b) Pesado de las almendras para cada unidad experimental.*



*Anexo 2. a) Aplicación de levaduras. b) Fermentación de tratamientos*



*Anexo 3. a) Secado natural. b) Deshidratador. c) Almendras secas en deshidratador.*



*Anexo 4. Almacenamiento para tueste.*



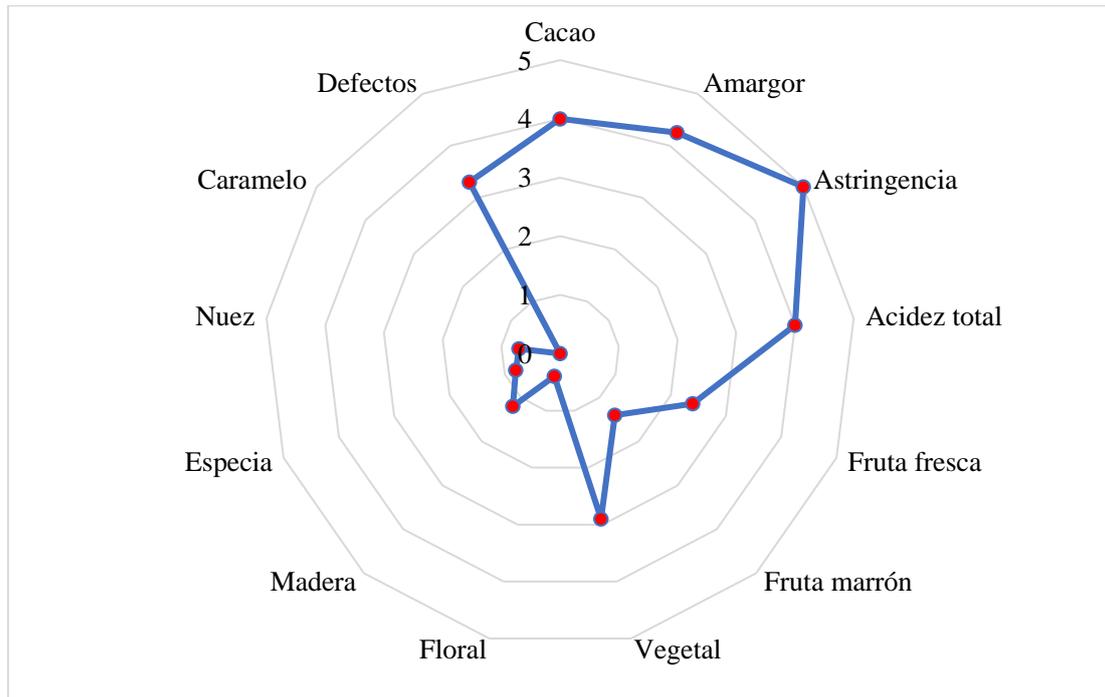
*Anexo 5. Prueba de corte, almendras bien fermentadas y violetas*



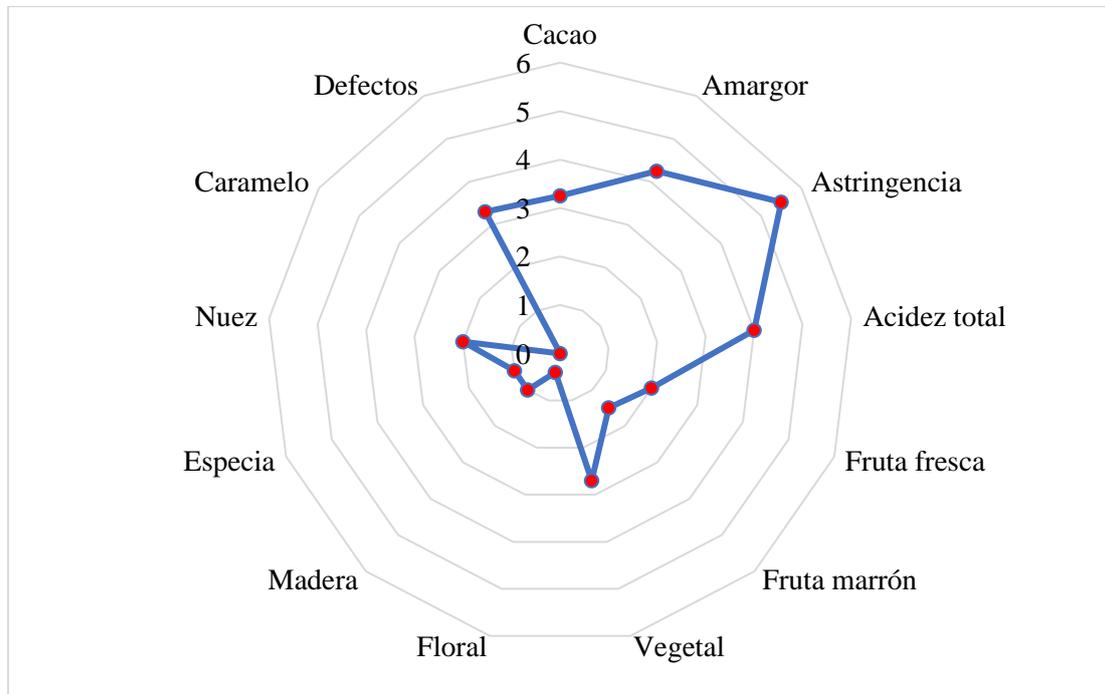
*Anexo 6. Elaboración de pasta de cacao*



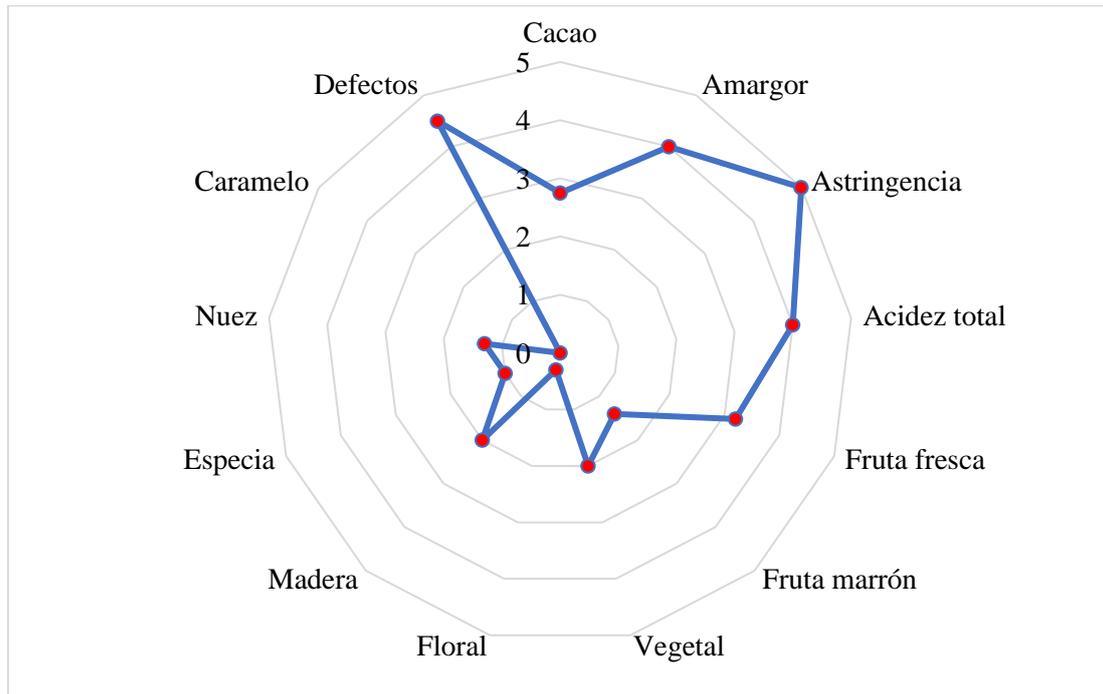
**Anexo 7.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T1 (Blanco, lavado, 3 días).



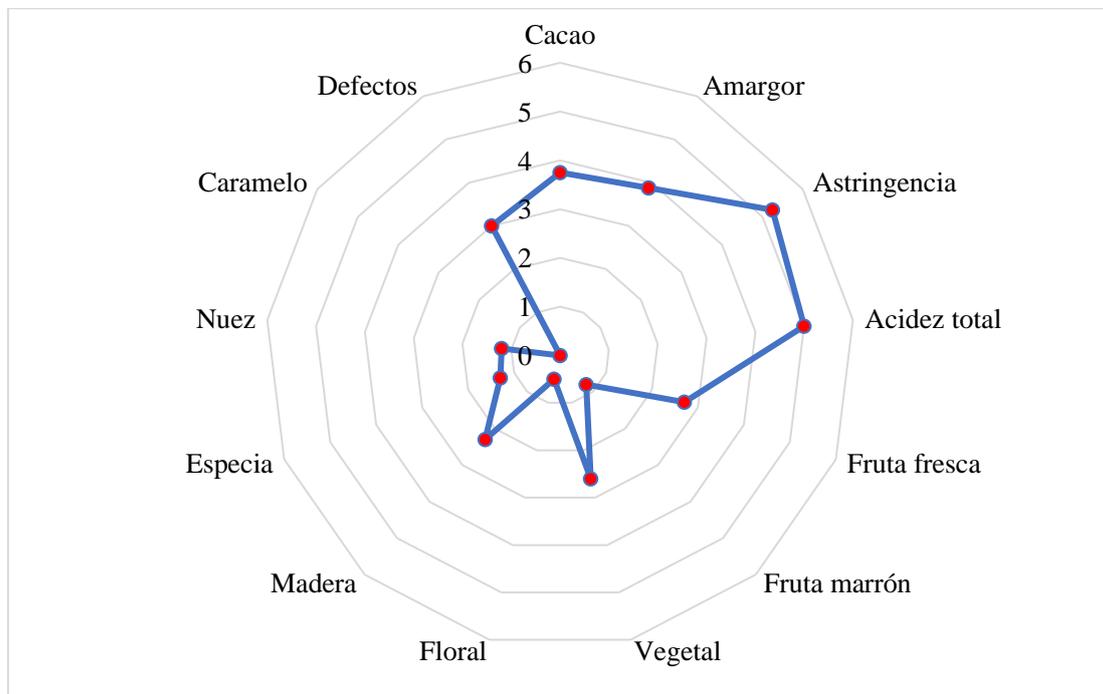
**Anexo 8.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T2 (0,4 g, lavado, 3 días).



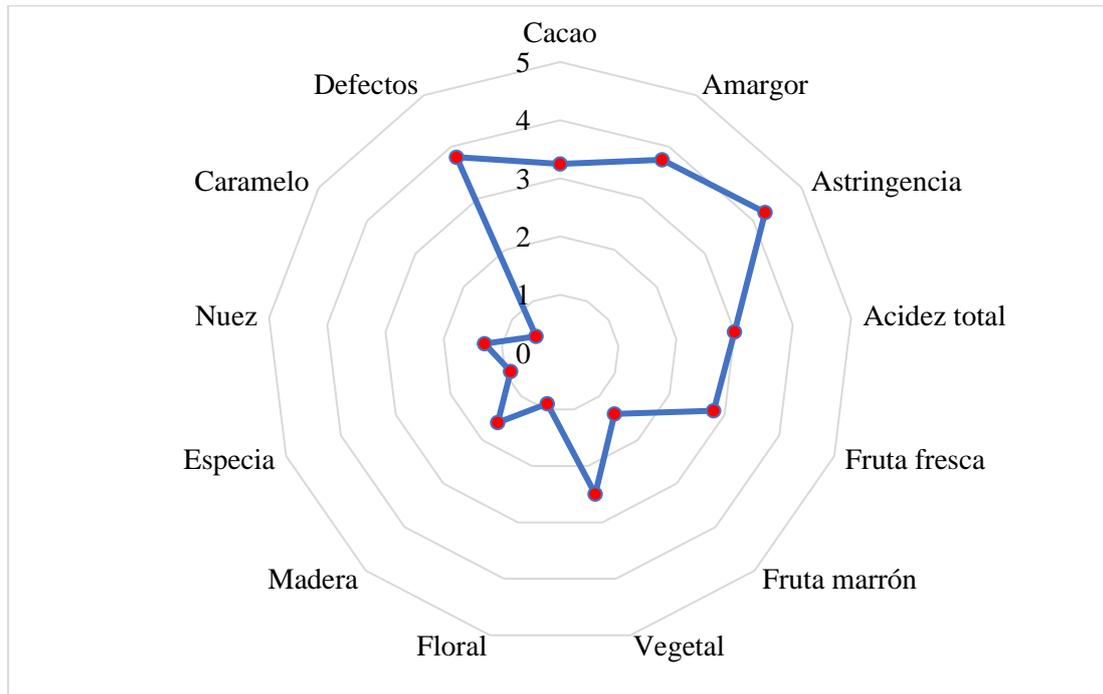
**Anexo 9.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T3 (0,6 g, lavado, 3 días).



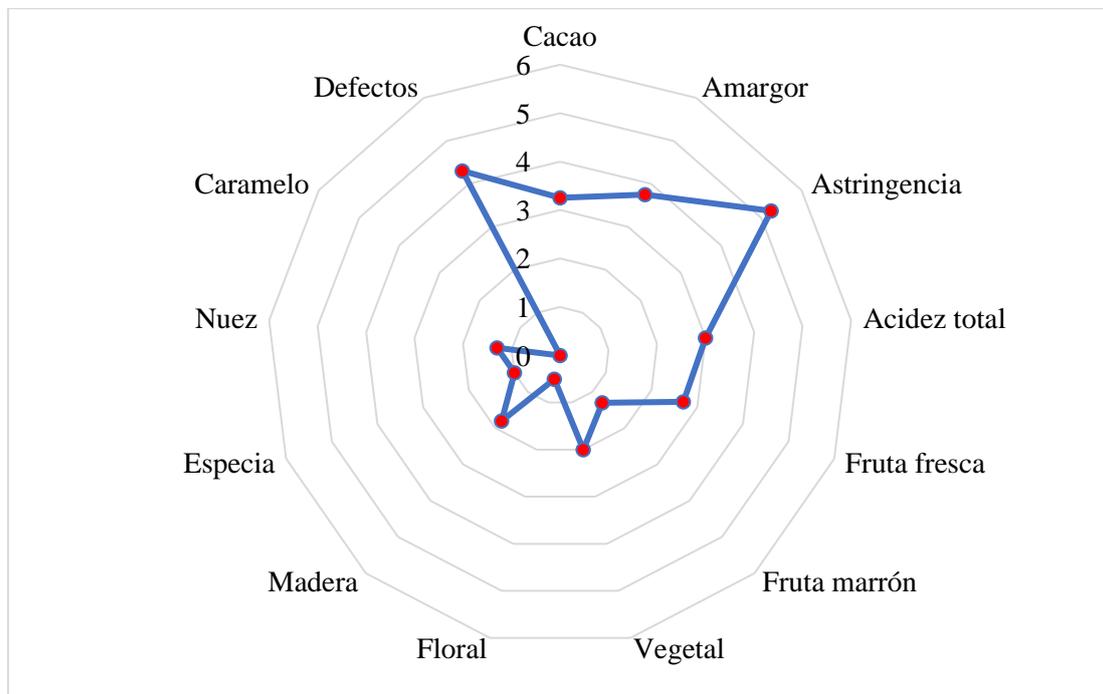
**Anexo 10.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T4 (blanco, sin lavar, 3 días).



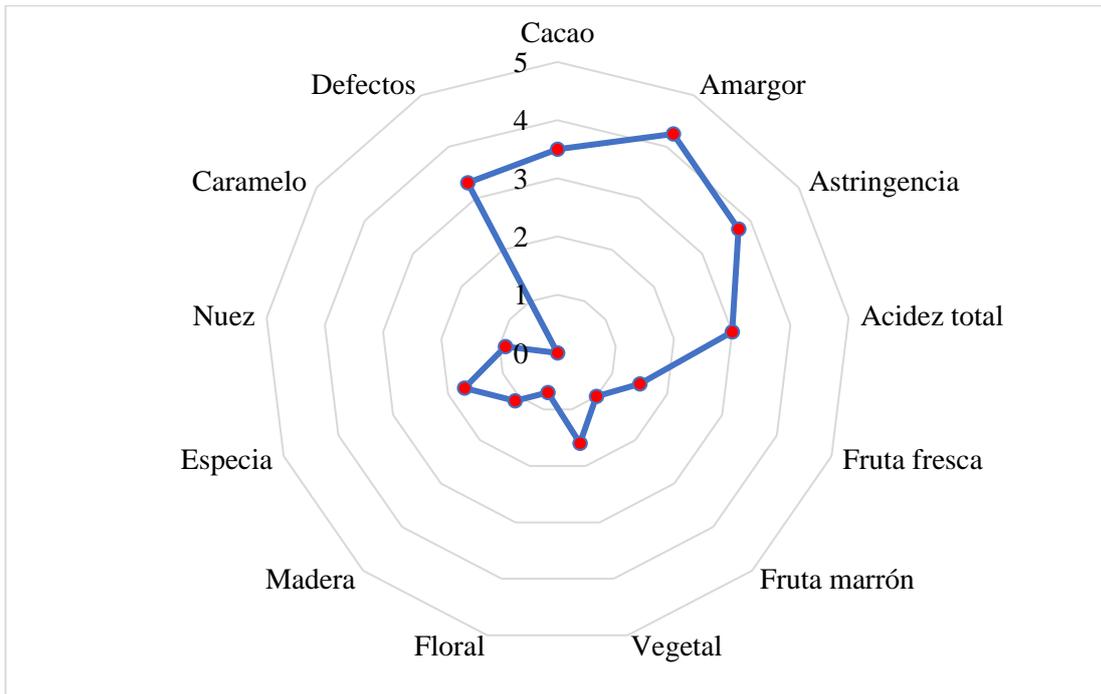
**Anexo 11.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T5 (0,4 g, sin lavar, 3 días).



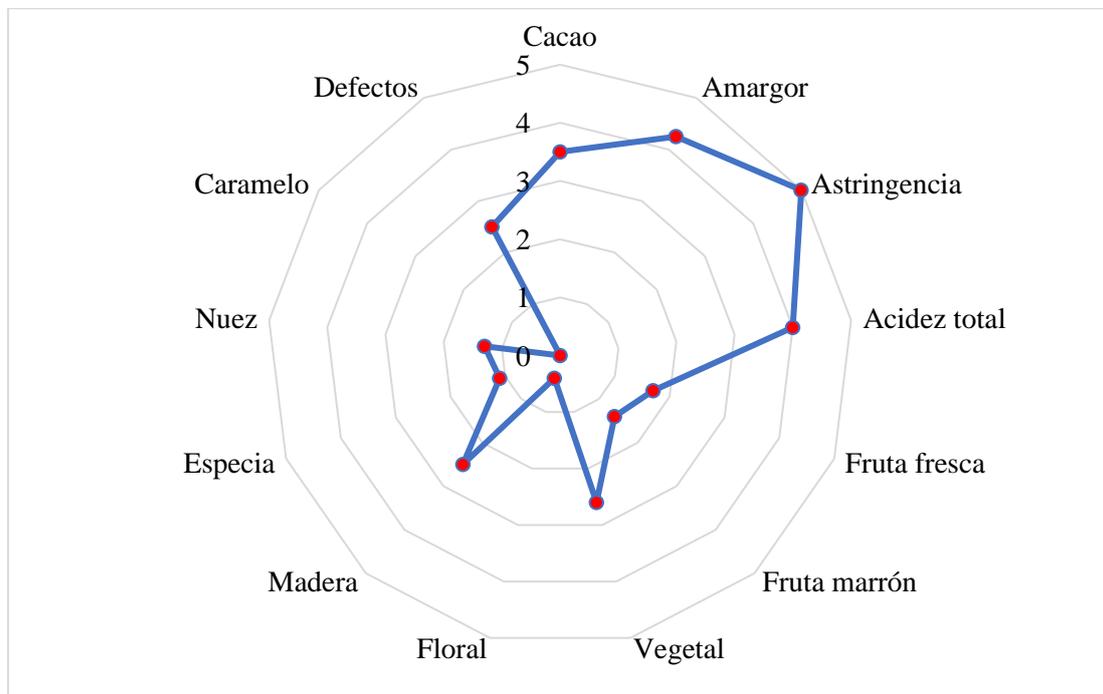
**Anexo 12.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T6 (0,6 g, sin lavar, 3 días).



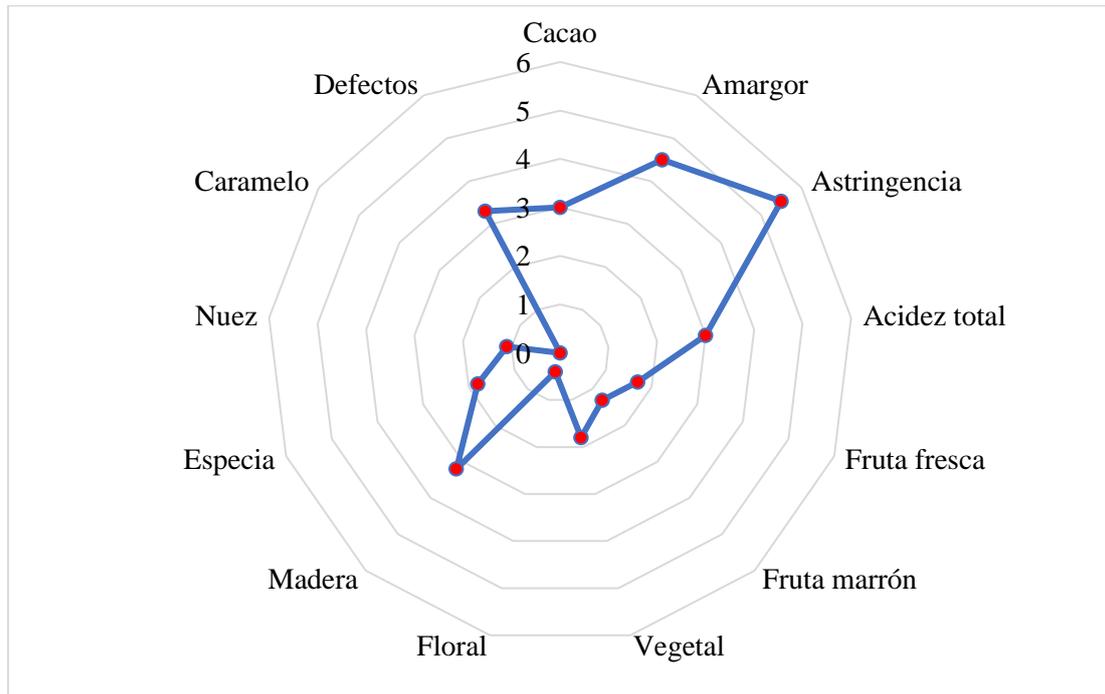
**Anexo 13.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T7 (blanco, lavado, 5 días).



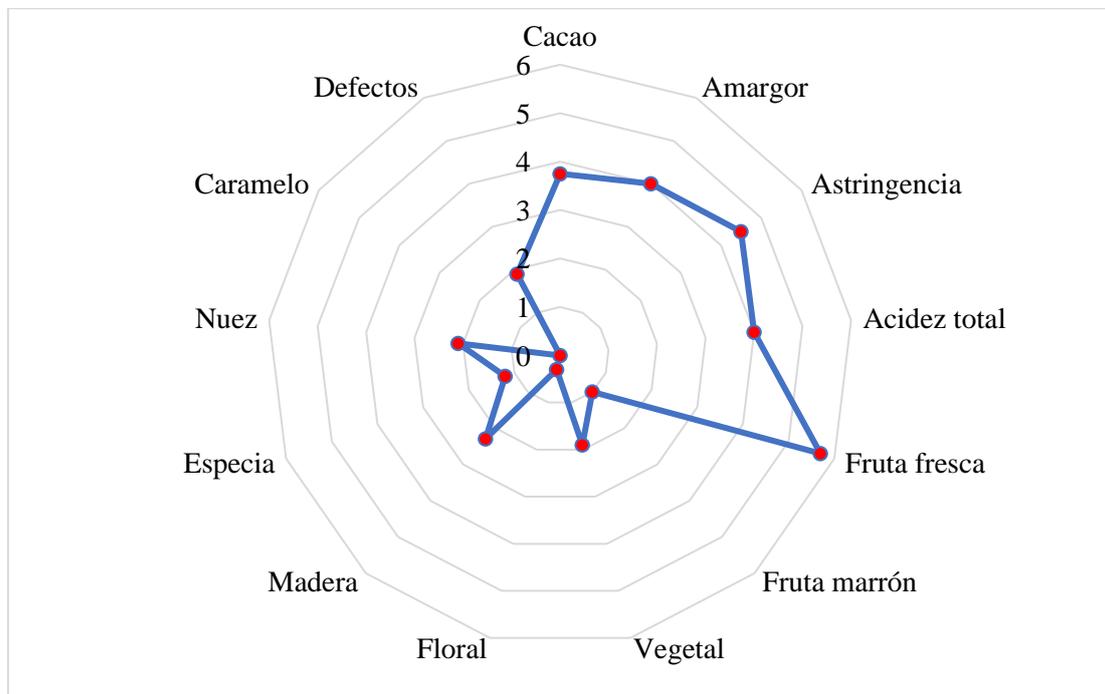
**Anexo 14.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T8 (0,4 g, lavado, 5 días).



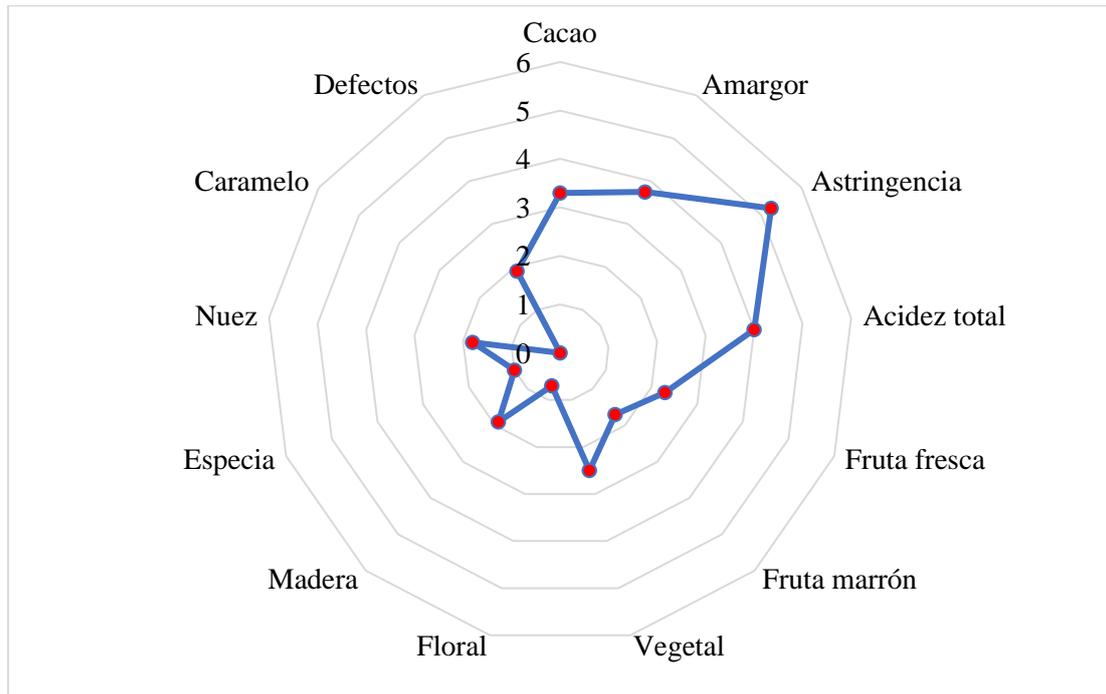
**Anexo 15.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T9 (0,6 g, lavado, 5 días).



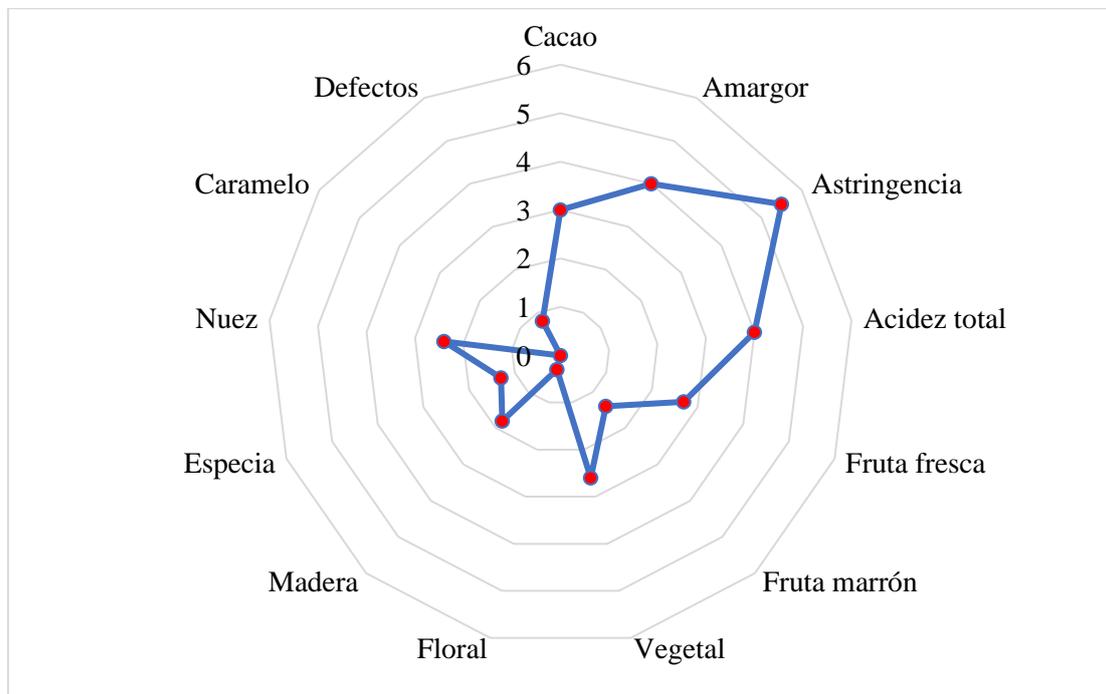
**Anexo 16.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T10 (blanco, sin lavar, 5 días).



**Anexo 17.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T11 (0,4 g, sin lavar, 5 días).



**Anexo 18.** Gráfico radial de las puntuaciones medias obtenidas en el análisis sensorial del cacao del T12 (0,6 g, sin lavar, 5 días).



*Anexo 19. Certificado de traducción del Abstrac*

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

[andrea.s.carrion@unl.edu.ec](mailto:andrea.s.carrion@unl.edu.ec)

Loja-Ecuador

Loja, 5 de agosto del 2024

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR (registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por el señor: Jherman Vinicio Erazo Rocillo con cédula de ciudadanía No. 1900797737, cuyo tema de investigación se titula: "Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* en procesos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), clon CCN51 y su influencia en la calidad." ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. en Pedagogía.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

ANDREA  
STHEFANIA  
CARRION  
FERNANDEZ

Firmado digitalmente  
por ANDREA STHEFANIA  
CARRION FERNANDEZ  
Fecha: 2024.08.05  
09:16:34 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor