



**UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y**

**VETERINARIA**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Trabajo de Integración Curricular, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

Evaluación físico química y sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (*Mango manila*) en diferentes grados de madurez

**AUTOR:**

Elio Ariel Montoya Ramos

**TUTOR:**

Ing. Luis Humberto Vásquez Cortez, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

**2025**

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE TABLA .....	VI
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT.....	X
CAPITULO I. - INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.  Conceptualización de la problemática.....	1
1.1.1.  Contexto Internacional.....	1
1.1.2.  Contexto Nacional.....	2
1.1.3.  Contexto Local.....	3
1.2.  Planteamiento del problema.....	4
1.2.1.  Formulación del problema.....	5
1.3.  Justificación.....	5
1.4.  Objetivo de la investigación.....	7
1.4.1.  Objetivo general .....	7
1.4.2.  Objetivo específico.....	7
1.5.  Hipótesis de la investigación .....	8
CAPITULO II. – MARCO TEÓRICO .....	9
2.1.  Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1.  Origen del cacao .....	9
2.1.2.  Historia del cacao .....	9
2.1.3.  Historia del cacao en Ecuador .....	10
2.1.4.  Exportación del cacao .....	11

2.2. Base teórica .....	11
2.2.1. Cadena de producción del cacao en Ecuador .....	11
2.2.2. El cacao beneficios.....	12
2.2.3. Producción del cacao .....	12
2.2.4. Cacao CCN 51 .....	13
2.2.5. Cacao CCN51 madurez.....	13
2.2.6. Efecto del estado de madurez cacao .....	14
2.2.7. Mango .....	14
2.2.8. Mango (Mangifera indica L. cv. Manila) .....	15
2.2.9. Levadura.....	16
2.2.10. Fermentación.....	16
CAPITULO III. – METODOLOGIA.....	17
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	17
3.1.1. Arreglo de tratamientos.....	19
3.1.2. Procedimiento de fermentación de cacao diagrama de flujo.....	23
3.1.3. Procedimiento de elaboración de chocolate diagrama de flujo .....	24
3.1.4. Descripción de fermentación de cacao .....	25
3.1.5. Dosificación utilizada en cada una de los diferentes tratamientos	26
3.1.6. Materias primas, materiales y herramientas a utilizar .....	29
3.2. Operacionalización de variables .....	31
3.3. Población y muestra de la investigación .....	32
3.3.1. Población.....	32
3.3.2. Muestra .....	33
3.3.3. Localización .....	33
3.4. Técnicas e instrumento de medición.....	33

3.4.1. Técnicas .....	33
Tabla 13 .....	33
3.4.1.1. Análisis organoléptico .....	36
3.4.1.2. Análisis fisicoquímico .....	36
3.4.2. Instrumentos .....	36
3.4.2.1. Calidad física de la almendra de cacao y determinación de variables .....	36
3.5. Procesamiento de datos .....	39
3.5.1. Recopilación de datos .....	39
3.5.2. Definición de grupos .....	40
3.5.3. Aplicación del método de Tukey .....	40
3.5.4. Interpretación de resultados .....	40
3.6. Aspectos éticos .....	41
CAPITULO IV – RESULTADO Y DISCUSION .....	42
4.1. Resultados .....	42
4.1.1. Evaluación del pH durante la fermentación del cacao .....	42
4.1.2. Evaluación del °Brix durante la fermentación del cacao .....	45
4.1.3. Evaluación de temperatura durante la fermentación del cacao .....	48
4.1.4. Efecto de la concentración de levaduras y extracto de mango en la calidad del cacao fermentado .....	51
4.1.5. Efecto de la concentración de microorganismos en las pruebas químicas .....	54
4.1.6. Interacción entre los estados de madurez, la inducción de levadura y la adición de extractos de mango en el análisis organoléptico .....	57
4.1.7. Interacción del estado de madurez del grano, la inoculación de levaduras y la adición de extracto de mango ( <i>Mangifera indica</i> L.) sobre la	

capacidad antioxidante del cacao (Theobroma cacao L.) durante la fermentación"	61
4.2. Discusión .....	62
CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
5.1. Conclusiones .....	72
5.2. Recomendaciones .....	73
REFERENCIAS .....	74
ANEXOS.....	92
.....	99

**ÍNDICE DE TABLA**

Tabla 1 .....	17
Tabla de factores de estudio.....	17
Tabla 2 .....	18
Fuente anova .....	18
Tabla 3 .....	19
Tabla de tratamiento.....	19
Tabla 4 .....	21
Tabla de testigo para prueba de capacidad antioxidante .....	21
Tabla 5 .....	26
Dosificación para el tratamiento T1 R1 Y T7 R7.....	26
Tabla 6 .....	26
Dosificación para el tratamiento T2 R2 Y T8 R8.....	26
Tabla 7 .....	27
Dosificación para el tratamiento T3 R3 Y T9 R9.....	27
Tabla 8 .....	27
Dosificación para el tratamiento T4 R4 Y T10 R10 .....	27
Tabla 9 .....	28
Dosificación para el tratamiento T5 R5 Y T11 R11 .....	28
Tabla 10.....	28
Dosificación para el tratamiento T6 R6 Y T12 R12 .....	28
Tabla 11 .....	29

Materias primas, materiales y herramientas a utilizar .....	29
Tabla 12 .....	31
Tabla 14 .....	35
Instrumentos utilizados en diferentes categorías según los aspectos que se evalúan. ....	35
Tabla 15 .....	43
Efecto de la interacción de estado de madurez, en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1 %), y la aplicación de extractos de mango, sobre las variables pH en el periodo fermentativo. ....	43
Tabla 16 .....	46
Efecto de la interacción de estado de madurez, en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1 %), y la aplicación de extractos de mango, sobre las variables (°Brix) en el periodo fermentativo. ....	46
Tabla 17 .....	49
Efecto de la interacción de estado de madurez, en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1 %), y la aplicación de extractos de mango, sobre las variables pH en el periodo fermentativo. ....	49
Tabla 18 .....	52
Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables de la prueba de corte. ....	52
Tabla 19 .....	55
Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables de la prueba químicas. ....	55
Tabla 20 .....	59

Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables sensoriales. ....59

Tabla 21 .....62

Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre la variable capacidad antioxidante.....62

## RESUMEN

Esta investigación evaluó el efecto de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.), variable CCN51 con adición de *Saccharomyces cerevisiae* (0%, 0.5%, 1%) y extracto de mango Manila (0% y 3%) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del grano, considerando dos grados de madurez (sazonas y maduras). Se aplicó un diseño completamente al azar trifactorial con 12 tratamientos y 2 repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento con cacao maduro, 1% de levadura y 3% de extracto presentó el mayor incremento del pH (hasta 5.00), una reducción más pronunciada en °Brix (de 21.5° a 6.0°), y una mejor evaluación sensorial (8.2/9 en sabor y 8.5/9 en textura). En la prueba de corte, dicho tratamiento obtuvo un 81.3% de granos bien fermentados, frente a 54.6% en el testigo sin adición. Además, se registró una capacidad antioxidante del 87.6%, significativamente superior al cacao sin tratamiento (63.2%). Se concluye que la fermentación dirigida con *S. Cerevisiae* y extracto de mango en estado maduro optimiza el desarrollo bioquímico del grano, mejora los atributos sensoriales y aumenta el potencial funcional del cacao, consolidándose como una estrategia biotecnológica viable para productores que buscan estandarizar la calidad y elevar el valor agregado del cacao ecuatoriano en mercados de alta demanda.

**Palabras claves:** Cacao CCN51, *Saccharomyces cerevisiae*, fermentación, fisicoquímico.

## ABSTRACT

This research evaluated the effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.), variety CCN51 fermentation with the addition of *Saccharomyces cerevisiae* (0%, 0.5%, 1%) and Manila mango extract (0% and 3%) on the physicochemical and sensory properties of the bean, considering two degrees of maturity (seasoned and ripe). A three-factorial completely randomized design was applied with 12 treatments and 2 replications. The results showed that the treatment with ripe cocoa, 1% yeast and 3% extract presented the greatest increase in pH (up to 5.00), a more pronounced reduction in °Brix (from 21.5° to 6.0°), and a better sensory evaluation (8.2/9 in flavor and 8.5/9 in texture). In the cutting test, this treatment obtained 81.3% of well-fermented beans, compared to 54.6% in the control without addition. Furthermore, an antioxidant capacity of 87.6% was recorded, significantly higher than that of untreated cocoa (63.2%). It is concluded that targeted fermentation with *S. cerevisiae* and ripe mango extract optimizes the biochemical development of the bean, improves sensory attributes, and increases the functional potential of cocoa, consolidating itself as a viable biotechnological strategy for producers seeking to standardize quality and increase the added value of Ecuadorian cocoa in high-demand markets.

**Keywords:** Cacao CCN51, *Saccharomyces cerevisiae*, fermentation, physicochemical.

## CAPITULO I. - INTRODUCCIÓN

### 1.1. Conceptualización de la problemática

#### 1.1.1. Contexto Internacional

Perú es un país que exporta cacao fino de aroma, dado una exportación de 24 979 toneladas aproximadamente, por eso es considerada como gran país en exportar cacao fino de aroma por su cantidad de producción, en cambio el país Ecuador para la exportación de chocolate fino de aroma es uno de los grandes productores, pero en estos dos países no se practica o no se da a conocer muy bien el proceso de cosecha de cacao para dar un mejoramiento en la producción de estos dos países (Guzmán et al, 2023).

En los países que se dedican a la producción de cacao como por ejemplo Ecuador que se lo considera como uno de los mayores productores en el mundo de manera emblemática por sus reconocimientos de la calidad de cacao que exporta al mundo, dando así la competitividad en el mercado internacional, especialmente en la cadena de la producción dejando a un lado el tema del petróleo en comparación de los demás países del mundo, los demás países no cuentan con un cacao de calidad como lo es el cacao de fino de aroma, pero podría verse la posibilidad de dar un mejoramiento al proceso de la obtención de cacao como lo es por medio de paso o etapa de fermentación (Palacios et al, 2021).

El proceso de fermentación no es muy practicado actualmente por la mayoría de los productores del cacao en el mundo, ya que el proceso solo se lo realiza de la toma de cacao de postcosecha de manera directa saltando el proceso o etapa de fermentación, dando un mejoramiento a la producción de la obtención del chocolate, esto se debe por la falta de conocimiento técnico que no cuentan los agricultores que se dedican a la producción de la cosecha del cacao que se da de manera global (Palacios et al, 2021).

Se sabe también que el desarrollo del sabor del cacao se da a partir del proceso de la fermentación, con ayuda del proceso de secado y de las buenas prácticas agroindustriales, pero sin embargo las prácticas que son mal realizadas en el proceso de fermentación por lo general llega a bajar la calidad del producto y dan paso a lo que sería a las enfermedades, como se sabe son actividades determinantes para obtener a la final un cacao con sus desarrollos de los precursores del sabor y aroma, que son características del chocolate de mucha importancia (Rios-Jara, 2022).

### **1.1.2. Contexto Nacional**

En la producción de la materia prima del cacao enfrenta desafíos significativos, que se refleja particularmente en los pequeños y medianos agricultores, debido por el límite de sus conocimientos sobre el proceso de la fermentación, lo que impacta de forma negativa en la calidad de la producción del chocolate (Smith et al., 2019). Sin embargo, el Ecuador se posiciona como un líder mundial con respecto a lo que sería en la exportación del cacao fino de aroma, por lo que Ecuador ocupa el segundo lugar a nivel mundial, en los últimos tres años ha sido reconocido como un productor potencial gracias a la cadena de producción que se ha realizado análisis favorables, como en la comercialización manteniéndose en los estándares internacionales de calidad (García et al, 2021).

Brindar una buena calidad del producto como sería el cacao ofreciendo una competitividad del producto en el mercado internacional, por lo que esto se da desde el comienzo en la fase o etapa de la postcosecha del cacao dentro de la cadena de producción, por lo que el cacao representa un rubro importante en el mercado, por eso se toma también en cuenta y se debe de mejorar desde el inicio de la fase de postcosecha para así poder aumentar un poco más con lo que sería en las exportaciones, ya que un buen manejo de la postcosecha da un buen resultado, por lo que siempre el agricultor ecuatoriano no tiene todavía buenos conocimientos para mejorar los procesos de la cadena de producción del cacao (Medardo Palacios J. N., 2021).

El proceso de fermentación del cacao en el país, es un proceso clave para el desarrollo de la calidad del cacao, sin embargo, este procedimiento no es realizado por los productores del cacao en Ecuador, pese al potencial que cuenta esta fase del proceso para mejorar la competitividad del país en los mercados locales y globales (García et al., 2021). La fermentación es fundamental, por la mejora de los atributos sensoriales y facilita sus integraciones en los sistemas de producción tanto artesanales, como industriales y gastronómico, que contribuye a la cadena de valor del cacao (Brunetto et al, 2020).

### **1.1.3. Contexto Local**

La producción cacaotera del Ecuador se está enfocando mucho en este tipo de producción para el negocio de las exportaciones, en la provincia de los Ríos Ecuador el proceso o la fase del desarrollo del cacao el paso de la fermentación es muy importante para los agricultores por lo que se produce de los cambios bioquímicos que dan el desarrollo de los precursores del aroma y del sabor. El proceso de la fermentación que es más adecuada para los agricultores pequeños y medianos, la fermentación es por medio de los cajones de madera, saquillos de yute (Robinson & Moya, 2021).

El agricultor al realizar la cosecha del cacao lo efectúa de una manera habitual, los recolecta que es método que siempre se ve, lo apila, lo seca y luego pasa directo a la venta, no pasa por el proceso de fermentación que es importante, por el hecho de que los agricultores no cuentan con técnica idóneas para realizar la fermentación, por esta razón el cacao en el país no aumenta su calidad final (Robinson & Moya, 2021).

## 1.2. Planteamiento del problema

Dentro del marco de la carrera de agroindustria se basa en la creación de producto que brinde esta experiencia sensorial y que se da diferencia en el mercado de la competencia, gracias a la innovación de la mejora de productos o en la creación de nuevos productos que llamen mucho la atención del consumidor, cuente con un desarrollo que sea de carácter sostenible y la optimización de los productos, dándole un valor agregado a la materia que es transformada (Piamba & Alvarez, 2023).

En la investigación que se ha realizado de la fermentación o el proceso de la fermentación del cacao se logra tener datos durante esta parte del proceso del cacao, da la mejora de las características organolépticas de cacao resultante, por lo que este paso implica un adecuado tratamiento, dando la incorporación de un tipo de fermentación a lo común que será en los pequeños y medianos agricultores, ya que omiten esta fase del proceso sin saber o conocer de las mejoras que le brinda al cacao, ya que incluso este tipo de investigación se lo ha realizado en países que cuentan con un grado de cacao de muy buena calidad, por lo que sus resultados de este tipo de proceso ayudan a la mejora de los granos del cacao (Jara & Rodríguez, 2022).

Como se sabe que en el país de Ecuador cuenta con las características de un cacao fino de aromas que en algún momento en su tiempo la producción representó el 80 % de la producción de todo el mundo, la fermentación de cacao es una etapa muy importante y es reconocida por agricultores del país, se producen los cambios bioquímicos del grano del cacao, dando un favorable desarrollo de los precursores del aroma y del sabor del cacao, dando una mejora de la calidad física y química del grano del cacao, por lo que un cacao que no pasa por la etapa de fermentación afecta la calidad del producto tomando en cuenta que el país tiene muy buena calidad de producción del cacao pero no se da una mejora a las almendras del cacao como sería en la fermentación (Solórzano et al, 2021).

En este presente proyecto se busca por medio de la revisiones bibliograficas como una base de guia para dar a conocer sobre el proceso de la fermentación del cultivo del cacao, por lo que el proceso de fermentación en su determinado proceso que es ejecutado para dar una mejora de la característica finales del producto que es lo que quiere dar a reconocer, de una forma con el fin de obtener un mejor producto final con las mejora de sus características bioquimicas, por ender aumentaria la producción dando un mejor producto que lo podría al país manteniendose como uno de los mejores productores de cacao por su aumento de la calidad de producción (Garcia & Valentina, 2021).

Con el presente proyecto se busca más que todo hace un reconocmiento de que tan importante es implementar el proceso de fermentación a las cosechas de cacao, por medio de establecer la importancia del monitoreo de las varibales que se presenta durante la fermentación y de esta manera se busca priorizar la calidad del producto final y la inocuidad de este producto, con el fin de que así no solo podamos obtener un cacao de muy alta calidad si no que también podemos hacernos la idea de los subproductos que se puedan también obtener y salir favoracido durante el producto en ejecución (Garcia & Valentina, 2021).

### **1.2.1. Formulación del problema**

¿De qué manera la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) con levadura y extracto de fruta, aplicado en diferentes grados de madurez, impacta en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de los granos del cacao?

### **1.3. Justificación**

La fruta de cacao es considera como una fruta antigua que actualmente se encuentra con distintas variables este tipo de fruta, pero una de las más representativa es conocido como el cacao criollo y uno de la más producidas o cultivadas son del cacao tipo CCN-51 por lo que es un cultivo que tiene un mayor rendimiento que en

resto de los demás tipos, por lo que también es más cultivada por su resistencia de plagas y de los patógenos que afectan los cultivos de cacao (Valdía et al, 2024).

El cacao clon CCN51 castro naranjal como se sabe es una variedad de cacao que destaca por su producción y su resistencia, es una variedad hídrica del cacao que es muy desarrollo en el país y es ampliamente cultiva por su producción, por lo que también da una rápida entrega de la producción del cacao, a pesar que el país cuenta con un clima favorable para la producción esta variedad de cacao tiene una buena adaptación climática, cuenta con una mayor rentabilidad por lo que la demanda de la industrias chocolatera es mucho, este tipo de cacao cuenta con un alto contenido de antioxidantes, muy buena fuente de energía, de los minerales y da unas mejora del estado de ánimo por lo que ayuda en la reducción del estrés y de la ansiedad (Lagos et al, 2024)

Los residuos agroindustriales como la pulpa del mango contienen propiedades favorables como antioxidantes, antimicrobianas y enzimáticas, que pueden potenciar el proceso de la fermentación de forma favorable, ya que por medio de la fermentación estos atributos favorecen o enriquecen los alimentos naturales, mejorando su calidad nutricional (Maldonado et al, 2019).

El mango de manila (*Mangifera indica L. cv. Manila*) es una fruta de sector tropical que se lo considera un tesoro por sus nutrientes, por lo que es muy apreciada por su sabor dulce y muy importante sus propiedades que son los nutrientes que porta dicha fruta del mango, uno de los nutrientes que contiene este tipo de fruta es; carbohidratos, fibras dietéticas, proteínas, vitaminas, minerales como el potasio y el magnesio. Los beneficios que contiene esta fruta es que ayuda en el sistema inmunológico, como se sabe esta fruta para el proceso de fermentación es de mucha ayuda por su capacidad antioxidante (Uhealth, 2023).

El uso de la levadura en la fermentación ha demostrado ser beneficioso, porque mejora la calidad organoléptica y aromática del producto final. La levadura no solo

incremente el nivel aromático en la fase de fermentación, sino que también se desarrolla durante la fase del secado, dándole un perfil de sabor más complejo y consistente al chocolate (Sun et al, 2022).

Una fermentación adecuada desempeña un papel fundamental para el desarrollo de los precursores tanto del sabor como el aroma del grano o almendra del cacao, optimizando las características organolépticas, por lo que incluye las etapas fundamentales de alcohólica, acética y oxidativa (anaeróbica y aeróbica) por la que se considera esenciales para la transformación del grano, el cacao después pasa por la etapa del secado y posterior a la elaboración del chocolate, consolidando su calidad final (Peláez et al., 2022).

El proceso de fermentación del cacao es un proceso tradicional que se deposita los granos de cacao ya sea en una caja o en un saquillo que nos permite conservar la temperatura y humedad, por lo que con el tiempo se ha dificultado este tipo de proceso, por la pérdida del conocimiento de la fermentación, es un proceso fundamental e importante para la mejora de la calidad de los granos potenciando su sabor y las propiedades nutricionales que en si aumentan durante esta etapa del proceso, la fermentación ayuda en la mejora de la textura del chocolate, reduce el acidez, da la eliminación de los sabores no deseados, da un toque diferente de la calidad del grano dando así la estandarización de la calidad del chocolate (Galvis, 2022).

## **1.4. Objetivo de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar las propiedades físico química y sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (*Mango manila*) en diferentes grados de madurez.

### **1.4.2. Objetivo específico**

- Determinar en el estado de madurez del cacao en que la adicción de levadura y extracto de fruta de mango mejora la fermentación del grano del cacao.
- Analizar la calidad físico química en las almendras del cacao sometidas a fermentación, en los diferentes estados de madurez con adicción de levadura y extracto de fruta de mango
- Evaluar la calidad fermentación con la normativa INEN 176 2018 en los tratamientos de estudio.

### **1.5. Hipótesis de la investigación**

**Ho:** la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) con la adicción de levadura y extracto de fruta de mango ayuda significativamente en las características organolépticas del sabor y aroma del grano del cacao, para mejorar la calidad del producto final.

**Hi:** la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) con la adicción de levadura y extracto de fruta de mango no ayuda significativamente en las características organolépticas del sabor y aroma del grano del cacao, para mejorar la calidad del producto final.

## CAPITULO II. – MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Origen del cacao

Como se conoce la planta del cacao que se produce en bosques tropicales y los bosques húmedos, en América tropical específicamente donde sería en América del sur existe una amplia diversidad del cacao que son pertenecientes de la familia *Malvaceae* que comprende 22 especies, a pesar del origen que aún no es muy claro no se sabe con exactitud, pero se da la coincidencia que el origen se da en América del sur, en las zonas altas amazónicas, pero como se sabe ya algo el cacao se dice que tiene sus orígenes en América como se da en la región que comprende en el país de México, América Central y Norte de Suramérica, se cree que fueron la primera civilización en domesticar el cacao como sería en el área doméstica, como se lo utiliza en la preparación o creación de bebidas (Pérez et al, 2021).

El cacao según estudio realizados se originó hace aproximadamente 10 millones de años, que ha tenido un periodo muy largo de evolución por las consecuencias de los cambios climáticos y también tomando en cuenta por la interacción de otras faunas y floras con la llegada de los primeros humanos América, hace apenas de 15 a 30 mil años atrás. Las llegadas de los humanos América coinciden con el periodo glacial por lo que se dio el impacto de la vegetación causa de esto se crea lo que conocemos como la cuenca Amazónica, que son cubierta por área de bosque húmedo, ya que lo primero humanos que llegaron América se encontraron con áreas boscosas donde dan con el cacao o plantación del cacao (Evert et al, 2023).

#### 2.1.2. Historia del cacao

La fruta del cacao es uno de los cultivos de mucha importancia y ha tenido relevancia en la cultura y dentro de la economía de muchas civilizaciones desde los tiempos antiguos, dentro del marco de su historia se da desde el uso ritual en las

civilizaciones precolombinas con la evolución de la transformación de uno de los productos modernos. El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los legados de origen de la cultura prehispana por su manejo de los bosques humedad y cálidos, el cacao crece de manera natural en la selva donde aprendieron a domesticarla junto con las principales especies acompañantes, el cacao es considerado como uno de los cultivos del sistema agroforestales uno de los más sofisticado del trópico americano (Solis & Larios, 2024).

La domesticación del cacao viene de la cultura Maya de los años 200 aC. Que fue usado por los Aztecas y los Toltecas en centro américa, en los recientes hallazgos se ha descubierto el uso del cacao hace 5 300 años en la provincia de Zamora Chinchipe en el sur y este de Ecuador, que está situada en la parte superior de la amazonia, el producto del cacao se lo socializado con diferentes cultivos como arboles maderable, plátano y frutales. El cacao debido a su tolerancia de las condiciones de sombra se permite tener en la integración de los productos que brinda alternativas de ingreso (García et al, 2021).

### **2.1.3. Historia del cacao en Ecuador**

En Ecuador ha sido un país que ha tenido un desarrollo acelerado en relación al sector agrícola, uno de los rubros que ha tenido un crecimiento y desarrollo dentro del sector de la industria del cacao y sus derivados, que con el tiempo se ha convertido en un producto de exportación de gran escala, generando ingresos y diversidad para el país, desde los tiempos ancestrales el sector de cacao ha tenido un desarrollo muy alto, en Ecuador la fruta del cacao sus granos ha sido denomina como la “Pepa de oro”, por considerarse en el país como fuente creadora de ingresos de mucha importancia, el cacao ha tenido mucho influencia en el país por más de medio siglo ha tenido un nivel alto de socioeconómico en el marco internacional de cacao (Vargas et al, 2022).

El cacao en Ecuador se ha establecido con un doble objetivo, se lo ha considerado como uno de los primeros productos de gran importancia por sus

exportaciones del cacao que han ido en forma creciente las exportaciones, el cacao ha tenido un rol importante dentro de la historia del Ecuador con relación al banano y al petróleo que fueron elementos claves para la articulación del Ecuador con respecto a la economía a nivel mundial, (Abad et al, 2019).

#### **2.1.4. Exportación del cacao**

En el año del 2016 los países de Unión Europea fueron lo que más importaron cacao hasta un aproximado del 64 % total, a que le sigue los países de Asia con un 20 % total de exportación del cacao y el norte América con un 16 %. A mediados del 2 000 es muy notable las importaciones que se realizaron del cacao por su crecimiento productivo, particularmente por los países del continente asiático y de los países de la Unión Europea ha crecido con el tiempo. Actualmente los países de Costa de Marfil y Ghana representaron alrededor del 70 % en las producciones mundial del cacao en sus exportaciones (Sánchez et al, 2019).

El Ecuador participa con un 62 % en la producción del cacao fino de aroma, por lo que el país cuenta con un clima favorable de la misma para su producción, en el Ecuador existe aproximadamente 560 mil hectáreas, por las cuales alrededor de 150 000 depende de la producción del cacao, el país actualmente exporta alrededor de una aproximación del 352 000 toneladas de cacao y sus derivados, el país es reconocido a nivel mundial por ser uno de los mayores exportadores de este tipo de cacao (Doménica, 2019).

## **2.2. Base teórica**

### **2.2.1. Cadena de producción del cacao en Ecuador**

En los último tres años el país con respecto a la materia prima del cacao se lo ha establecido como el tercer productor mundial. En la característica de la comercialización y de la cadena de producción del cacao, por las características del tipo de cacao que cuenta el Ecuador demuestra el potencial que tiene el producto, al

mantenerse en los estándares productivos, ya que se ha considerado planes para dar mejora en la competitividad que se lo considera en el entorno de la producción agrícola, el análisis de la cadena se da el estudio de diferentes factores que intervienen en la producción, como mejora del entorno del producción rural, mejorar la producción y el consumo del mercado nacional e investigación orientadas al mejoramiento del producción (García et al, 2021).

### **2.2.2. El cacao beneficios**

A nivel mundial el cacao es considerado una fuente importante de antioxidante, el chocolate que es elaborado es de un 60 % de cacao que corresponde de una calidad de polifenoles, que se lo considera como alimentos funciones por su capacidad de antioxidante, por otro lado las fibras que contiene el cacao ayuda a mantener una buena salud, el consumo del cacao es una fruta que ofrece múltiples beneficios para la salud de quien los consume especialmente cuando es consumido de la forma más pura posible, como se conoce ya los estudios hechos se sabe que el cacao es rico en antioxidantes, da beneficios a la salud del corazón, mejora el estado de animo de las personas, estimula la función cerebral, protege la piel y da otro beneficios más al consumidor (Galdo et al, 2020).

### **2.2.3. Producción del cacao**

Según la organización internacional de cacao en el año 2017, el país de Ecuador fue el primer productor de cacao en América Latina y el cuarto a nivel mundial, después de los países de Ghana, Indonesia y costa de marfil, a pesar de su importancia social y económica Ecuador tuvo un rendimiento bajo por las dificultades que vivió el país por lo diversos problemas del cultivo, por este motivo se comenzó más en la producción de cacao de variable del cacao CCN51, por lo que la planta tiene más resistencia a los patógenos y enfermedades, este tipo de variable del cacao tiene una alta producción, esto lo hace favorable para el productor del chocolate (Toala et al, 2022).

#### **2.2.4. Cacao CCN 51**

El cacao CCN-51, es uno de los tipos de cacaos de mucha importancia en el Ecuador, especialmente el CCN-51 ocupa el 50 % de las áreas cultivadas en el país, y representa el 80 % de los productos exportables en el país, el cacao CCN-51 es considerado un cultivo de una variable de cacao que es clonada, que se cultiva en el Ecuador, cuenta con las características de origen que se da por un cruce de IMC-67 con ISC-95, que gracias a este desarrollo es que nace el cacao ahora conocido como CCN-51 que se llama (Colección castro naranjal). Fue más que un avance para esta variable de cacao o tipo de cacao por lo que lo hace resistente a las enfermedades de la minilla y de la escoba de bruja, ese cacao también los caracteriza por contar con una producción alta de las hectáreas planteadas (Toala et al, 2022).

El cacao CCN-51 son mazorcas con un color de rojizo y moradas, que son clones como se sabe que parte de ese inicio, ya que se considera que son de buena calidad, son resistente y tiene alta productividad, el fruto del cacao se compone principalmente con placenta y por la cascara, por lo que se evidencia o quedan expuestas cuando se parte o se quiebra la mazorca del cacao, la almendra representa el 75 % de la composición del fruto del cacao, a lo que el mucilago corresponde al 4 % de la composición, como se sabe que durante el paso o fase del proceso de fermentación de pierde gran cantidad de mucilago (Aguila et al, 2022).

#### **2.2.5. Cacao CCN51 madurez**

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) este cultivo tiene un rubro importante en la economía de varios países, donde su domesticación fue hace 5 300 años, es importante para el país presenta el segundo rubro agrícola. El estado de madurez de la fruta del cacao CCN51 es considerada como una variable de muchos beneficios en el sentido de su cultivo, este tipo de cacao podemos encontrarlo en estado de sazona, que hace referencia a una etapa intermedia de la maduración del fruto, ya que no ha alcanzado su madurez completa fisiológicamente, se puede dar cuenta por su tipo de coloración, sus granos, entre otras cosas más (Encalada et al, 2021).

El cacao CCN51 para el estado de madurez en madura se refleja como un cacao que da ha ofrecer multiples beneficios por su calidad de grano, por lo que se da en la aplicación de fermentación y en su uso industrial, este tipo de estado del cacao se refleja con una mejor fermentación ya que contiene mayor nivel de azucar, favoreciendo la actividad microbiana durante la fermentación, permitiendo los desarrollo de los precursores del sabor y aroma, dandole una mejora del perfil sensorial al cacao (Encalada et al, 2021).

### **2.2.6. Efecto del estado de madurez cacao**

Un aspecto importante para competir en el mercado mundial es la calida del grando de cacao, que se encuentra influenciado por diferentes factores geneticos como se da en los procesos de postcosecha, los beneficios que tiene al saber el estado de madurez, ya sea en su estado 1 o estado 5. Influye significativamente el estado de madurez como en la calidad del grano, el proceso de fermentación es favorable y ayuda mucho en el perfil sensorial del producto final, por lo que si hablamos del estado más maduro, favorece a una fermentación más eficiente por sus azucarez en su contenido, presenta un mayor indice de semilla, mejor peso seco y mayor fermentación (López et al., 2023).

La diferencia de los estados de madurez de cacao ya como se sabe pasa por diferentes estados de madurez que afecta su calidad, proceso de fermentación y en su uso industrial, se lo puede encontrar en los estado de verde (que es inmaduro) ya que no es muy recomendable su uso en los proceso de elaboración, en la sazona (intermedio) se lo puede usar pero su calidad no es muy buena al final del producto, maduro (optimo) Ideal para chocolates de calidad, con mejor sabor y textura, sobremaduro puede generar defectos en el chocolate, se usa en productos de menor calidad (López et al., 2023).

### **2.2.7. Mango**

En la producción de mango el Ecuador es uno de los productos que se considera a nivel mundial como uno de los principales, su mayor producción del mango se encuentra localizando en la provincia del Guayas, López et al, (2023). El mango cuenta con propiedades altamente antioxidantes en la piel o en sus cascarras, la piel del mango cuenta con un potencial antioxidante que podría deberse a las acciones sinérgicas de los bioactivos como los polifenoles, carotenoides, fitoquímicos, enzimas, vitamina C y vitamina E, que cuenta la fruta del mango en su contenido y es muy favorable incluso para los subproductos que se puede obtener de dicha fruta, (Naveda, 2020).

La fruta del mango se la considera destacado por sus atributos, en los territorios del país Mexicano cuenta con diferentes producciones de este tipo de fruta, aunque actualmente en la producción del mango enfrente problemas agroecológicos, por el cultivo del mango está siendo desplazado por la caña de azúcar, la malanga y también otros frutales, por otros problema que también involucran a los cambios climáticos, los factores climáticos son lo que contribuyen en el desarrollo del mango, tanto en su proliferación, en el estado de Veracruz en México, está región se lo considera adecuada para la producción del mango debido a su clima que se produce con ambiente con humedad relativa para producción y temperaturas adecuadas (Zamudio et al, 2023).

#### **2.2.8. Mango (*Mangifera indica* L. cv. Manila)**

El mango manila como es conocido en su composición o en su estructura es una fuente de pectina, taninos y de ácidos orgánicos, también contiene los antioxidantes, que son la vitaminas como la vitamina C, E, carotenoides y fenoles, también contiene los compuestos bioactivos como la vitamina A y los minerales como el hierro, potasio, calcio, magnesio, entre otros más que son de gran aporte para el cuerpo humano, este tipo de fruta contiene también algo fundamental que es muy comercializado que es *mangiferina*, el mango manila a diferencia de otro tipo de mango se diferencia por su sabor dulce y también por su alto contenido de azúcar, por lo que

se da a causa de su acidez que es muy baja, ya que el mango manila es suave, jugosa y cuenta con pocas fibras en la fruta (Pacheco et al, 2022).

### **2.2.9. Levadura**

La importancia del uso de la levadura es un proceso esencial para cualquier proceso que conlleve a la fermentación, como por ejemplo se lo utiliza la levadura comúnmente en la realización de bebidas, la utilización de la levadura mejora en general las propiedades organolépticas del alimento fermentado, única dependiendo de las características del tipo de levadura seleccionada, (Bernardo et al, 2019).

La *Saccharomyces Cerevisiae* o levadura de pan, es considerado como uno de los microorganismos que tiene muchos beneficios, dentro de la industria alimentaria y en el área de la salud, la levadura gracias a su contenido nutritivo que cuenta ayuda aumentar la energía de una persona que los consume, ayuda a la sostenibilidad del sistema inmunitario que son de beneficios para la salud, cuenta con una función depuradora que ayuda a la piel y el hígado, es un ayudante en curar o evitar en cierta parte el acné y el dermatitis (García Beraún, 2024).

### **2.2.10. Fermentación**

El adecuado tratamiento de la fermentación hace que mejore las características organolépticas del cacao resultante, al incorpora algún tipo de fermentación al cacao, por lo que la fermentación es un proceso muy crucial para la producción del chocolate de buena calidad, por lo que impacta significamente la calidad final del producto, dando así una mejora a sus propiedades organolépticas, por lo que el cacao en el Ecuador se lo considera una de las materias primas más explotados comercialmente y uno de los productos agrícolas que son de mayor importancia local, nacional y mundial, (Ríos et al, 2022).

## CAPITULO III. – METODOLOGIA

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

En el presente trabajo de investigación se utiliza un diseño experimental completo al azar (DCA) trifactorial, con un modelo de 12 tratamiento con 2 réplicas un total de 24 objetos de estudio; como primer factor, con la mazorca de cacao en estado fisiológico sazona y madura, como segundo factor se realiza la adición de levadura a concentración (0 %, 0.5 % y 1 %) por cada 2 000 ml/ gr de cacao fresco.

Tabla 1

Los factores de estudio que intervienen en la fermentación del cacao, con levadura y extracto de mango.

*Tabla de factores de estudio*

Factor A		Factor B	Factor C	
Estado madurez	de Saccharomyces cerevisiae	Extracto mango	de	fruta
Sazona	0%		0%	
Madura	0,5%			
			3 %	
	1,0%			

Autor: Montoya 2025.

### **Tabla de Anova**

Se realiza un análisis de la tabla de Anova para la causa de la variabilidad de los datos establecidos, de la fuente de variación de los factores y la interacción entre ellos, la interacción de los datos experimentales y de la estadística se realiza aplicando el sistema que se muestra en la “tabla 2”

Tabla 2

*Fuente anova*

<b>Fuente de ubicación (FV)</b>		<b>Grado de libertad</b>
Tratamiento	$T - 1$	11
Factor total madures	$(em - 1)$	1
Factor levadura	$(Le - 1)$	2
Factor extracto	$(Ex - 1)$	1
In.em*Lev	$(em - 1)(Le - 1)$	2

In.em*Extra	$(em - 1)(Ex - 1)$	1
In.Lev*Extra	$(Le - 1)(Ex - 1)$	2
Int.em*em**Lev	$(em - 1)(Le - 1)(Ex - 1)$	2
Cacao experimental total	$(em * Le * Ex)(r - 1)$	12
Total	$em * Le * Ex * r - 1$	23

---

Autor: Montoya2025.

### 3.1.1. Arreglo de tratamientos

Arreglo de los tratamientos y repeticiones

Tabla 3

*Tabla de tratamiento*

---

<b>N</b>	<b>Tratamientos y repeticiones</b>	<b>Descripción</b>
1	T1 R1	Estado de madurez sazona Lev 0 % sin mango

---

<b>2</b>	T2 R2	Estado de madurez sazona Lev 0 % con mango 3%
<b>3</b>	T3 R3	Estado de madurez sazona Lev 0,5 % sin mango
<b>4</b>	T4 R4	Estado de madurez sazona Lev 0,5 % con mango 3%
<b>5</b>	T5 R5	Estado de madurez sazona Lev 1,0 % sin mango
<b>6</b>	T6 R6	Estado de madurez sazona Lev 1,0 % con mango 3%
<b>7</b>	T7 R7	Estado de madurez madura Lev 0 % sin mango
<b>8</b>	T8 R8	Estado de madurez madura Lev 0 % con mango 3%
<b>9</b>	T9 R9	Estado de madurez madura Lev 0,5 % sin mango
<b>10</b>	T10 R10	Estado de madurez madura Lev 0,5 % con mango 3%
<b>11</b>	T11 R11	Estado de madurez madura Lev 1,0 % sin mango
<b>12</b>	T12 R12	Estado de madurez madura Lev 1,0 % con mango 3%

---

Autor: Montoya2025.

### **Formulación de levadura**

$$2\ 000\ \text{gr} * 0,5\ \% / 100 = 10\ \text{gr}$$

$$2\ 000\ \text{gr} * 1\ \% / 100 = 20\ \text{gr}$$

### **Formulación de extracto de fruta**

$$2\ 000\ \text{gr} * 3\ \% / 100 = 60\ \text{gr}$$

Tabla 4

*Tabla de testigo para prueba de capacidad antioxidante*

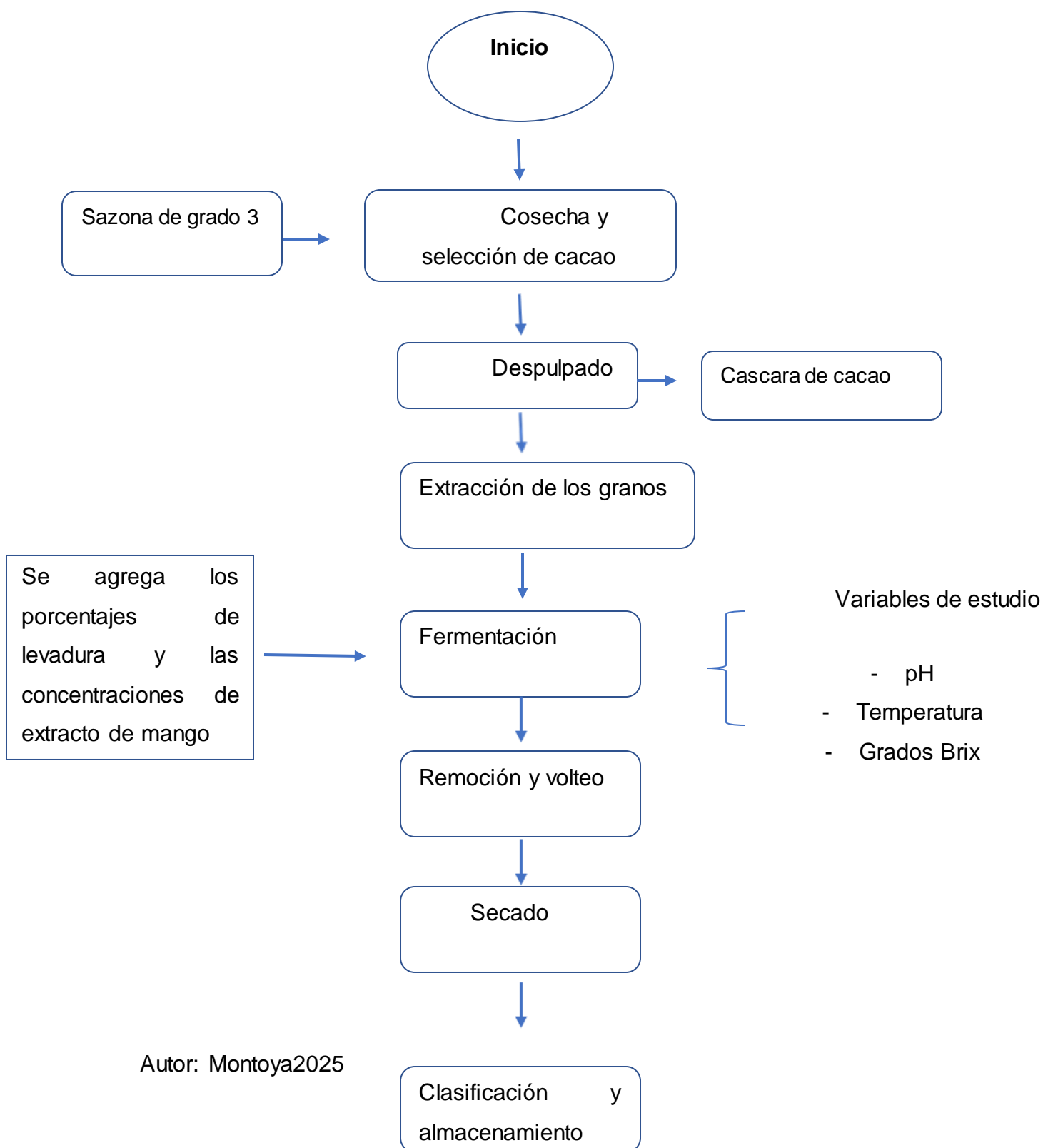
<b>Testigo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Composición</b>
1	T1	Estado de madurez sazona Lev 0 % sin mango
2	T7	Estado de madurez madura Lev 0 % sin mango

3	T6	Estado de madurez sazona Lev 1,0 % con mango 3%
4	T12	Estado de madurez madura Lev 1,0 % con mango 3%

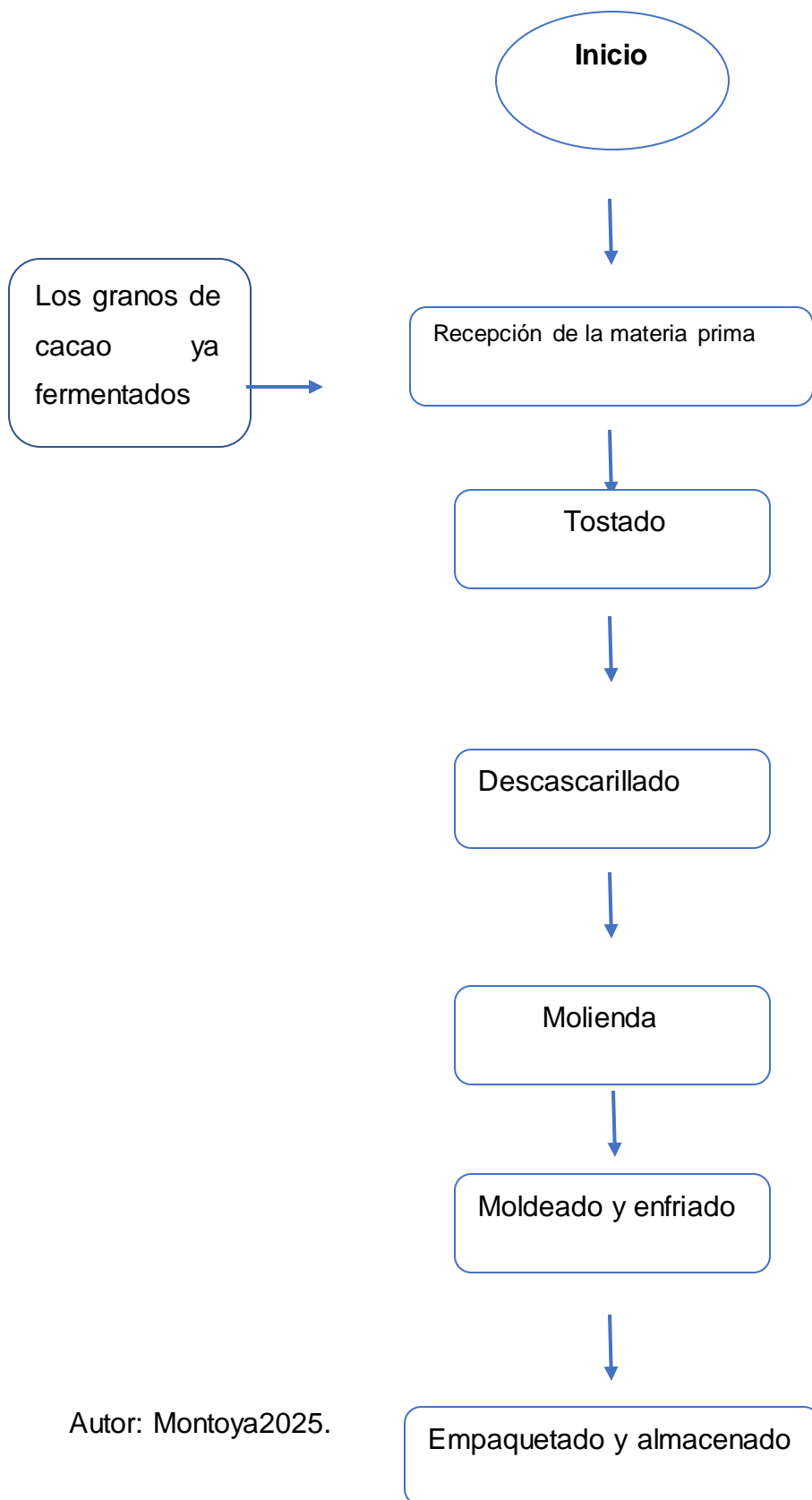
---

Autor: Montoya2025.

### 3.1.2. Procedimiento de fermentación de cacao diagrama de flujo



### 3.1.3. Procedimiento de elaboración de chocolate diagrama de flujo



Autor: Montoya2025.

#### **3.1.4. Descripción de fermentación de cacao**

Para la fermentación de cacao primero se realizó el procedimiento de la cosecha donde vamos hacer la fase de selección de cacao, donde contamos con dos grados de madurez, donde contamos con la sazona de grado 3 ° y con la madura de grado 5 °. Luego pasamos a la etapa de despulpado donde a las mazorcas de cacao con ayuda de un machete se le realiza un corte transversal a cada una de las mazorcas recolectadas, durante el paso de la cosecha, en el paso de despulpado vamos a extraer los granos de cacao para luego ser pesados e ir colocando de manera correcta para cada de uno de los tratamientos que realizamos.

cada tratamiento de los granos de cacao tiene un peso de 2.000 g, luego pasamos a la fase de fermentación donde los grupos separados de cada granos de cacao de 2.000 g, son colocados en los sacos de yute que son 24 sacos de yute para los tratamiento y repeticiones necesarias, cada saco tiene un peso de cacao adentro de 2 000gr, durante la fase de fermentación que es realizada durante 5 días se lleva a cabo la toma de estudio de tres variables, que sería las variables de temperatura, grados °Brix y pH, tomando en cuenta que durante esos días de fermentación el cacao debe subir de temperatura pero no debe de pasar de los 50 °C.

la etapa de fermentación el cacao pasa a la etapa de secado donde la realizamos con ayuda directa de sol, al exponer el cacao al sol de manera directa durante 7 días de secado que se lleva el proceso para eliminar un poco la humedad de cacao que un sigue teniendo en su contenido, ya pasando la etapa de secado del cacao el cacao es almacenado en bolsas de papel para mantener la calidad de cacao.

### 3.1.5. Dosificación utilizada en cada una de los diferentes tratamientos

Tabla 5

*Dosificación para el tratamiento T1 R1 Y T7 R7*

<b>Materias primas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Cacao CCN 51 sazona de grado 3 y madura de grado 5	100	2 000
<b>TOTAL</b>	100	

Autor: Montoya2025.

Tabla 6

*Dosificación para el tratamiento T2 R2 Y T8 R8*

<b>Materias primas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Cacao CCN 51 sazona de grado 3 y madura de grado 5	97	2 000
Mango	3	60
<b>TOTAL</b>	100	

Autor: Montoya2025.

Tabla 7

*Dosificación para el tratamiento T3 R3 Y T9 R9*

<b>Materias primas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Cacao CCN 51 sazona de grado 3 y madura de grado 5	99.5	2 000
Mango	0.5	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	

Autor: Montoya2025.

Tabla 8

*Dosificación para el tratamiento T4 R4 Y T10 R10*

<b>Materias primas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Cacao CCN 51 sazona de grado 3 y madura de grado 5	96	2 000
Levadura	0.5	10
Mango	3.5	60
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	

Autor: Montoya2025.

Tabla 9

*Dosificación para el tratamiento T5 R5 Y T11 R11*

<b>Materias primas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Cacao CCN 51 sazona de grado 3 y madura de grado 5	99	2 000
Levadura	1	20
<b>TOTAL</b>	100	

Autor: Montoya2025.

Tabla 10

*Dosificación para el tratamiento T6 R6 Y T12 R12*

<b>Materias primas</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Cacao CCN 51 sazona de grado 3 y madura de grado 5	96	2 000
Levadura	1	20
Mango	3	60

---

**TOTAL** 100

Autor: Montoya2025.

### 3.1.6. *Materias primas, materiales y herramientas a utilizar*

Tabla 11

*Materias primas, materiales y herramientas a utilizar*

<b>Etapas</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>
Cosecha y selección de cacao	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5	Machete	Guantes, mascarilla, gorra, abrigo
Despulpado	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5	Machete	Guantes, mascarilla
Extracción de los granos	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5	Recipientes	Guantes, mascarilla
Fermentación	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5, levadura y extracto de mango	Gramera, sacos de yute, termómetro, pHmetro y refractómetro	Guantes, mascarilla y mandil

Remoción y volteo	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5, levadura y extracto de mango	N/A	Guantes y mascarilla
Secado	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5, levadura y extracto de mango	N/A	Guantes y mascarilla
Clasificación y almacenamiento	Cacao CCN-51 en grado 3 y 5, levadura y extracto de mango	N/A	Guantes, mascarilla y mandil

---

Autor: Montoya2025.

En la “tabla 11 ” describe lo que se realizó en el proceso de la fermentación del cacao (CCN – 51) adicionando en diferentes tratamientos como la materia prima de la levadura y extracto de fruta de mango, que se da durante el proceso como comienza de la recepción de materia prima, de la selección de las mazorcas, despulpado, extracción de los granos de cacao, fermentación, remoción y volteo, secado y clasificación y almacenado, que son las diferentes fases que pasa el cacao para fermentarlo, ya que también gracias a los instrumentos se la realizo la fermentación utilizando, sacos de yute, gramera, recipientes, machete y para su control durante la fermentación se mide las variables de temperatura, grados Brix y pH. Tomando en cuenta se utiliza durante el proceso el equipo de protección adecuado.

### 3.2. Operacionalización de variables

Tabla 12

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<b>Independientes</b>				
Método de fermentación.	Proceso de fermentación de las almendras de cacao.	Tipo de contenedor	Sacos de yute	Obtención directa.
Variedad de cacao.	Tipo de grano de cacao utilizado.	Origen y características.	CCN51	Identificación visual.
Introducción de levadura y pulpa de mango .	Levadura de pan y extracto de mango	Tipo de mango y la levadura	Debido a su madures de la fruta y la manca de la levadura	Observación directa
<b>Dependientes</b>				

Propiedades sensoriales.	Características percibidas por los sentidos.	Sabor, aroma, textura.	Evaluación sensorial por panel.	Hojas de evaluación sensorial.
Propiedades fisicoquímicas.	Características medibles.	pH, °Brix, temperatura, acidez titulable, cenizas, capacidad antioxidante.	Análisis fisicoquímicos.	Refractómetro, tiras de pH, termómetro, titulación, mufla, espectrofotómetro.
Prueba de corte.	Evaluación de la calidad del cacao	Aspecto.	Obtención visual, comparación con la norma INEN 176:2018	Guía de evaluación INEN 176:2018

---

Autor: Montoya2025.

### **3.3. Población y muestra de la investigación**

#### **3.3.1. Población**

La población que será seleccionada para una evaluación sensorial con un panel de 30 captadores semis entrenados, para determinar la preferencia con respecto a lo que sería el chocolate elaborado, los captadores o panelista evaluarán atributos sensoriales consumiendo una muestra de chocolate con un peso neto de 10gr y evaluarán la textura, sabor, aroma y apariencia.

### 3.3.2. Muestra

El trabajo de investigación experimental contara con 12 tratamientos de fermentación de cacao, cada una con diferentes porcentajes de fermentación como lo es la levadura y extracto de mango, de la cual se realiza una repetición para cada tratamiento, lo que serán sometidos a diferentes análisis con respecto a lo que sería las normas ecuatorianas vigentes.

### 3.3.3. Localización

En el presente trabajo de investigación se efectuó en la Granja Experimental “San Pablo” que se encuentra ubicada en el km 7 ½ de la vía Babahoyo - Montalvo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, pertenecientes a los Predios de la Universidad Técnica de Babahoyo de la Carrera de Agroindustria, en la Provincia de Los Ríos, Babahoyo Ecuador, cuyas coordenadas son LAT: - 1. 797 411 y Long: - 79. 482 843 y una humedad relativa del 82 %.

## 3.4. Técnicas e instrumento de medición

### 3.4.1. Técnicas

Tabla 13

Dimensiones	Indicadores	Técnicas
Fisicoquímico	pH	- NOM-F-352-S-1980
	Grados Brix	-NOM-186-SSA1/SCFI-2013
	Temperatura	-NTE INEN-ISO 750:2013

Acidez titulable (ácido láurico)	-NOM-F-352-S-1980	-NTE	INEN
Ceniza	176:2021		
Prueba de corte			
Capacidad antioxidante		-NTE	INEN
		176:2021	

Organolépticas	Aroma, apariencia, sabor, textura, aceptabilidad	Encuesta realizada por escala hedónica
----------------	--	--

Autor: Montoya2025.

La “tabla 13” muestra la técnica para la evaluación de los aspectos de la fermentación del cacao, de los aspectos como fisicoquímicos de pH, grados, temperatura, acidez titulable, ceniza, prueba de corte y capacidad antioxidante, con los aspectos organolépticos como sería el aroma, apariencia, textura, sabor y aceptabilidad del cacao que se miden mediante la encuesta realizada.

Tabla 14

*Instrumentos utilizados en diferentes categorías según los aspectos que se evalúan.*

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Fisicoquímico</b>	pH	pH metro
	Temperatura	Termómetro
	Grados Brix	Refractómetro
	Ceniza	Análisis de ceniza
	Acidez titulable	Minititulador
	Capacidad antioxidante	métodos químicos y ensayos colorimétricos
<b>Organoléptico</b>	Aroma, apariencia, sabor, textura, aceptabilidad	Hoja de encuesta

Autor: Montoya2025.

La “tabla 14” da la descripción de los diferentes instrumentos para el proceso de la fermentación del cacao, como se da en los diferentes análisis que muestra en la tabla de los análisis fisicoquímicos y de los análisis organoléptico.

### **3.4.1.1. Análisis organoléptico**

Que se realizó por medio de una evolución que fue dirigida mediante una encuesta a 20 catadores semis entrenados, la evaluación se da una escala hedónica donde se evaluará los aspectos tanto como el aroma, sabor, textura, apariencia y aceptabilidad, la muestra para el análisis será de un tamaño pequeño de un peso de 5gr por cada tratamiento.

### **3.4.1.2. Análisis fisicoquímico**

Los análisis fisicoquímicos se los realiza mediante los establecido por las normas ecuatorianas correspondientes:

## **3.4.2. Instrumentos**

### **3.4.2.1. Calidad física de la almendra de cacao y determinación de variables**

#### **Índice de mazorca.**

La variable se refiere al número de mazorcas requeridas (20 mazorcas) para poder alcanzar 1 kg de cacao seco, la recolección según el arreglo de los tratamientos estados de madurez sazonas y maduras, se lo determino por medio de la siguiente formula (Vera et al., 2015):

#### **Ecuación 1. Índice de mazorca.**

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

### **Índice de semilla.**

Se procedió a tomar 100 granos de cacao fermentados y secos al azar estos, además deben ser pesados en una balanza analítica para conocer el porcentaje en gramos, esto se realizó antes de la prueba de corte, se utilizó la siguiente fórmula (Solórzano et al., 2016):

#### **Ecuación 2. Índice de semilla.**

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

### **Porcentaje de testa y cotiledón.**

Para su determinación se tomó al azar 30 gramos de almendras de cacao secas y fermentadas, para determinar esta variable se empleó de la siguiente fórmula (Sanchez et al., 2019).

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

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

### **Prueba de corte.**

Se seleccionó al azar 100 granos de cacao, se procedió a pesar en una balanza analítica de precisión y realizar un corte transversal para constatar por un examen visual su clasificación ya sea bien fermentadas, mediana fermentada, violeta, pizarras, total de bien fermentadas y medianas fermentadas. Y de esta manera se conoció el

efecto que tuvo la fermentación mediante la aplicación del cóctel microbiano, siguiendo los lineamientos de la Norma INEN 176 y 177 (INEN, 2018) (INEN, 1995).

### **Volumen de almendras en 100 gramos.**

Se procedió a la toma aleatoria las muestras respectivas de las habas de cacao las cuales fueron pesadas en una balanza hasta obtener 100 gramos luego se registrará el número de habas que hayan completado los 100 gramos (Vera et al., 2015).

### **Humedad.**

Posteriormente después del secado se procedió a realizar la toma del porcentaje de humedad mismo que oscila entre 7 a 8 % de humedad respectivamente, con ayuda de un Higrómetro portátil (Aqua – Boy 3 de sistema Farenkopf), para la medición se debe conectar el electrodo a la hembrilla y ponerlo en contacto con las almendras de cacao en este caso es el objeto de la medición cuya cantidad es aproximadamente 8 almendras de cacao para obtener la muestra, se debe apretar el pulsador de medición blanco y leer el valor directamente en la escala después de la medición se debe soltar el pulsador blanco del higrómetro y repetir sucesivamente por los tratamientos y repeticiones según la normativa INEN 173 (Tinoco & Ospina, 2010) (INEN, 1989).

**Determinación de pH:** En las normas de **NOM-F-352-S-1980** que establece el método de la determinación de pH, estudios adicionales indican que el pH del cacao seco puede variar según el tipo y las condiciones de procesamiento, se ha reportado un pH de 4.78 y de 5.48.

**Determinación de grados Brix:** Los grados Brix dan resultados a la concentración de azúcar en soluciones acuosas, la norma que establece el proceso es **NOM-186-SSA1/SCFI-2013** para la determinación de Brix.

**Determinación de temperatura:** Para la determinación de Con ayuda de un termómetro digital vamos a tomar la temperatura, se coloca directamente en cada una de los tratamientos y repeticiones. La temperatura tiene que estar en un rango de 45 °C y 50 °C con respeto en las normas INEN que se debe de mantener esa temperatura.

**Determinación de ceniza:** Se coloca 2 gramos de muestra en un trisole previamente tarado, para luego ser introducido en una mufla para el proceso de calcinado, a una temperatura de 550 °C a una duración de 5 horas (Intriago et al, 2023).

**Determinación de acidez titulable:** Se muele la muestra del cacao, luego se mezcla con el agua destilada, agregamos la solución de hidróxido de sodio (NaOH) realizando una agitación constante. (AOAC, 2019).

**Determinación de prueba de corte:** Los granos del cacao que son seleccionados, son cortados longitudinalmente, con la utilización de un cuchillo afilado, los granos cortados son observados con las características de su color interno, por lo que los granos defectuosos se los separa por que no se ha realizado una buena fermentación (Pérez et al, 2023). Se lo puede comparar con las normas INEN 176:2018, los granos pizarros sin fermentar presenta en su interior gris negruzco o verdoso de aspecto.

**Determinación de capacidad antioxidante:** Para la determinación de la capacidad antioxidante, se realiza la recolección de los granos del cacao para la muestra, que se realiza con ayuda de un disolvente de agua y se realiza la medición ya sea por el método de DPPH.

### **3.5. Procesamiento de datos**

#### **3.5.1. Recopilación de datos**

Se comienza con la recolección de los datos requerido son para el estudio, que se establecen todos los niveles establecidos como el análisis fisicoquímico y organoléptico, que implica la recopilación detallado de la información obtenida en cada uno de las áreas para asegura un análisis preciso y claro.

Los datos físico y químico que son obtenidos será analizados para obtener las propiedades y la estabilidad del producto. Para la determinación las pruebas organolépticas se miden los aspectos sensoriales como sería el sabor, aroma, color, textura, apariencia y aceptabilidad ayudándonos con la información para saber de la calidad y aceptabilidad del producto.

### ***3.5.2. Definición de grupos***

Se da por medio de la prueba Tukey que se identifica los tratamientos para la respectiva comparación, en este análisis, cada uno de los tratamientos será considerado distinto del resto para hacer la comparación y evolución del efecto.

### ***3.5.3. Aplicación del método de Tukey***

Dado el análisis de la varianza se indica diferentes significados entre las medias que se lo procede a la realización de las comparaciones múltiples utilizando el método de Tukey, el método de Tukey ajusta los intervalos de confianza para la evaluación de los demás en las combinadas de medias de los grupos, asegurando una comparación confiable y precisa.

### ***3.5.4. Interpretación de resultados***

El método Tukey en la actualidad está establecida para la orientación de datos y dar con los diferentes significados en la muestra, este tipo de método facilitara las comparaciones múltiples que se realizan y respaldando las conclusiones con las evidencias estadísticas, también el análisis estadístico permite identificar que muestras son diferentes de una manera significativa.

### **3.6. Aspectos éticos**

Esta investigación da a entender que los resultados son precisos y claros, también se mantendrán la integridad en el momento preciso de recolección de datos y también durante el análisis de la información, de manera similar con el compromiso de la práctica de ética y solidad de cada una de la fase de la investigación, de la toma de las medidas estrictas para la confiabilidad y también de la gestión de la información adecuada para garantizar la transparencia del trabajo.

## CAPITULO IV – RESULTADO Y DISCUSION

### 4.1. Resultados

Esta fase de la sección se presenta los resultados de la evolución de la fermentación de cacao, que se incluye los parámetros fisicoquímicos como el pH, temperatura, grados Brix, ceniza, acidez titulable, prueba de corte y capacidad antioxidante (a los 4 testigos). También se ha realizado los análisis organolépticos para la evaluación del aroma, sabor, apariencia, textura y aceptabilidad del chocolate elaborado.

#### 4.1.1. Evaluación del pH durante la fermentación del cacao

La variable pH como se muestra en la tabla 15, mostró un incremento progresivo durante los cinco días de fermentación, con diferencias influenciadas por la interacción de los factores madurez, concentración de *Saccharomyces cerevisiae* y adición de extracto de mango. En el día 1 los valores oscilaron entre 3.00 y 4.00, mientras que al día 5 se registraron niveles entre 4.00 y 5.00.

El análisis de varianza evidenció que el extracto de mango al 3 % generó efecto significativo en el día 4 ( $p = 0.0111$ ) del, lo cual se reflejó en un aumento consistente del pH en los tratamientos que incluyeron este factor. Por su parte, los factores de madurez e elevación no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) a lo largo del periodo fermentativo. No obstante, se identificó una tendencia ascendente más marcada en los tratamientos con cacao maduro y levadura al 1%.

El tratamiento que combinó cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango alcanzó el valor de pH más elevado (5.00) al día 5, seguido por los tratamientos con 0.5 % de levadura y sin extracto, que mantuvieron un rango entre 4.50 y 4.80. En contraste, los tratamientos sin levadura ni extracto presentaron valores menores, manteniéndose en un rango de 4.00 a 4.50.

Las interacciones entre factores no mostraron significancia estadística, aunque se evidencia un comportamiento fisiológicamente diferencial a favor de los tratamientos con biocomponentes añadidos. Los coeficientes de variación se mantuvieron dentro de los límites aceptables (CV: 8.59 – 14.63), y el error estándar de la media fue consistente ( $\pm 0.25$  a  $\pm 0.35$ )

Tabla 15.

*Efecto de la interacción de estado de madurez, en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1 %), y la aplicación de extractos de mango, sobre las variables pH en el periodo fermentativo.*

Factor			Variable				
Cacao Madurez	%Levadura	%Extracto	pH1	pH2	pH3	pH4	pH5
Sazona	0	0	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00
		3	3,00	3,50	3,50	4,50	4,50
	0,5	0	3,50	3,50	4,00	4,00	5,00
		3	3,00	3,50	4,00	5,00	5,00
	1	0	3,50	3,50	3,50	3,50	4,50
		3	3,00	3,00	4,00	5,00	5,00
Madura	0	0	3,00	3,00	4,00	4,00	4,50
		3	3,00	3,50	4,00	4,50	4,50
	0,5	0	3,00	3,00	3,50	4,00	4,00
		3	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	1	0	3,50	3,50	4,00	5,00	5,00
		3	3,00	3,00	4,00	4,50	5,00
<b>CV</b>			10,74	14,63	9,12	9,07	8,59
<b>EEM ±</b>			0,250	0,350	0,25	0,29	0,29

	<b>Cacao Madurez</b>	0,5744	ns	0,4301	ns	0,5744	ns	>0.9999	ns	0,3370	ns
	<b>% Levadura</b>	0,723	ns	0,5314	ns	>0.9999	ns	>0.9999	ns	0,4933	ns
	<b>% Extracto</b>	0,1089	ns	>0.9999	ns	0,5744	ns	0,0111	*	0,3370	ns
<b>Probabilidad</b>	<b>Cacao Madurez*% Levadura</b>	0,1393	ns	0,5314	ns	0,3000	ns	0,0878	ns	0,2153	ns
	<b>Cacao Madurez*Extracto</b>	0,0137	*	0,1284	ns	0,5744	ns	0,3370	ns	0,3370	ns
	<b>% Levadura*% Extracto</b>	0,0878	ns	0,1780	ns	0,3000	ns	0,0878	ns	0,2153	ns
	<b>Cacao Madurez*% Levadura*% Extracto</b>	0,1393	ns	0,5314	ns	0,3000	ns	0,0097	*	0,2153	ns

#### **4.1.2. Evaluación del °Brix durante la fermentación del cacao**

Los valores de la tabla 16 de los sólidos solubles (°Brix) presentaron una disminución progresiva a lo largo de los cinco días de fermentación, con rangos iniciales entre 21.00 y 23.00, y valores finales entre 6.00 y 8.00. Este comportamiento fue consistente en todos los tratamientos, reflejando el consumo gradual de azúcares por la microbiota fermentativa.

El análisis estadístico reveló que el factor levadura tuvo efecto significativo en el día 3 ( $p = 0.0124$ ), mientras que el extracto de mango fue significativo en el día 4 ( $p = 0.0385$ ). No se observaron diferencias estadísticas relevantes para el factor de madurez ni para las interacciones múltiples ( $p > 0.05$ ).

Los tratamientos con levadura al 1% mostraron una mayor reducción del °Brix al finalizar el proceso, alcanzando valores de hasta 6.00, lo que indica una fermentación más activa. El tratamiento que combinó cacao maduro con levadura al 1% y extracto de mango presentó una caída sostenida, con valores de 21.50 °Brix en el día 1 hasta 6.50 en el día 5. Por otro lado, los tratamientos sin levadura ni extracto mantuvieron valores superiores, finalizando con promedios de 8.00 °Brix.

El coeficiente de variación (CV) se mantuvo entre 4,88 y 8,29, y el error estándar de la media (EEM) fluctuó entre  $\pm 0,35$  y  $\pm 0,56$ , indicando uniformidad en los datos. La tendencia decreciente observada en todos los tratamientos confirma la progresión del proceso fermentativo.

Tabla 16.

*Efecto de la interacción de estado de madurez, en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1 %), y la aplicación de extractos de mango, sobre las variables (°Brix) en el periodo fermentativo.*

Factor			Variable				
Cacao Madurez	% Levadura	% Extracto	°BRIX1	°BRIX2	°BRIX3	°BRIX4	°BRIX5
Sazona	0	0	23,00	16,50	13,50	9,50	6,50
		3	21,50	15,00	12,00	10,00	6,50
	0,5	0	21,50	17,00	13,00	8,50	6,00
		3	20,00	16,50	12,50	9,50	6,00
	1	0	21,00	15,50	11,00	9,50	6,50
		3	21,50	15,50	12,50	9,50	6,00
Madura	0	0	21,00	16,00	12,50	9,50	6,00
		3	20,50	16,50	11,00	8,50	6,50
	0,5	0	21,00	17,50	14,00	11,00	6,50
		3	21,50	17,00	13,50	10,00	6,50
	1	0	21,00	15,50	12,50	10,00	6,50
		3	21,50	16,00	12,00	9,00	6,00
<b>CV</b>			7,80	4,88	8,33	8,29	8,00
<b>EEM ±</b>			1,170	0,560	0,74	0,56	0,35

---

	<b>Cacao Madurez</b>	0,6313	ns	0,2210	ns	0,7018	ns	0,4536	ns	>0.9999	ns
	<b>%Levadura</b>	0,8360	ns	0,0124	*	0,0754	ns	0,6380	ns	>0.9999	ns
	<b>%Extracto</b>	0,6313	ns	0,4536	ns	0,2621	ns	0,4536	ns	0,4301	ns
<b>Probabilidad</b>	<b>Cacao Madurez*%Levadura</b>	0,4770	ns	0,9359	ns	0,1780	ns	0,04140	*	0,1780	ns
	<b>Cacao Madurez*Extracto</b>	0,4744	ns	0,2210	ns	0,4480	ns	0,0385	*	>0.9999	ns
	<b>%Levadura*%Extracto</b>	0,6637	ns	0,5645	ns	0,2000	ns	0,8214	ns	0,5314	ns
	<b>Cacao Madurez*%Levadura*%Extracto</b>	0,8360	ns	0,4451	ns	0,5566	ns	0,8214	ns	>0.9999	ns

---

#### **4.1.3. Evaluación de temperatura durante la fermentación del cacao**

La variable temperatura mostraron en la tabla 17, dan un incremento continuo desde el primer día hasta el final del proceso fermentativo, con variaciones determinadas principalmente por el uso de *Saccharomyces cerevisiae*. En el día 1, las temperaturas iniciales oscilaron entre 23.0 °C y 27.0 °C, mientras que para el día 5 se alcanzaron valores máximos entre 45.0 °C y 47.5 °C.

El análisis estadístico evidenció un efecto significativo del factor levadura sobre el aumento de temperatura en el segundo día de fermentación ( $p = 0.0029$ ), reflejando una mayor actividad metabólica inducida por su aplicación variable en contraste, los factores madurez y extracto de mango no presentaron efectos significativos sobre la variable temperatura ( $p > 0.05$ ) en ninguno de los días evaluados. Tampoco se observaron diferencias estadísticas relevantes en las interacciones dobles ni triples entre los factores.

Los tratamientos que incorporan levadura al 1 % muestran los incrementos más marcados de temperatura durante la fermentación. En particular, la combinación de cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango alcanzó la temperatura más alta registrada al día 5 (47,5 °C). En contraste, los tratamientos testigo sin adición de levadura ni extracto se mantuvieron entre 43.0 °C y 45.0 °C, con una progresión térmica más moderada.

El coeficiente de variación fue bajo en todos los días de evaluación (CV: 1.81 – 7.54), y el error estándar de la media se mantuvo dentro de parámetros aceptables ( $\pm 0.50$  a  $\pm 1.37$ ), lo cual indica precisión y consistencia en las mediciones térmicas obtenidas durante el ensayo experimental.

Tabla 17.

*Efecto de la interacción de estado de madurez, en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1 %), y la aplicación de extractos de mango, sobre las variables pH en el periodo fermentativo.*

Factor			Variable				
Cacao Madurez	%Levadura	%Extracto	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5
Sazona	0	0	25.00	30.00	39.00	43.50	47.00
		3	24.00	30.00	38.50	43.00	46.50
	0,5	0	23.00	31.50	39.00	42.50	46.50
		3	27.00	31.50	39.50	43.00	47.00
	1	0	26.50	31.50	39.50	43.00	47.50
		3	26.50	31.50	38.50	43.50	47.50
Madura	0	0	26.50	30.00	38.50	43.00	47.50
		3	26.50	30.50	39.00	43.00	46.00
	0,5	0	27.50	31.00	39.50	43.00	47.00
		3	24.00	31.50	39.50	43.00	46.50
	1	0	25.00	32.00	39.50	43.00	46.50
		3	26.50	32.00	39.00	43.50	47.00
<b>CV</b>			7,54	2,46	1,81	1,90	2,09

	<b>EEM ±</b>	1,370	0,54	0,50	0,58	0,69
	<b>Cacao Madurez</b>	0,4156	0,6027	0,5744	>0.999 9	0,543 3
	<b>% Levadura</b>	0,7154	0,0029	0,2453	0,6555	0,684 5
	<b>% Extracto</b>	0,8366	0,6027	0,5744	0,6261	0,543 3
<b>Probabilidad</b>	<b>Cacao Madurez*% Levadura</b>	0,3928	0,6186	0,9206	0,8314	0,684 5
	<b>Cacao Madurez*Extracto</b>	0,3126	0,6027	0,5744	>0.999 9	0,543 3
	<b>% Levadura*% Extracto</b>	0,8126	0,9315	0,3694	0,6555	0,427 5
	<b>Cacao Madurez*% Levadura*% Extracto</b>	0,0672	0,9315	0,5731	0,8314	0,684 5

#### **4.1.4. Efecto de la concentración de levaduras y extracto de mango en la calidad del cacao fermentado**

La evaluación física del grano evidenciado en la tabla 18, mostró diferencias significativas influenciadas por los factores madurez, levadura y extracto de mango. El análisis estadístico indicó efecto significativo del estado de madurez sobre el peso seco ( $p = 0.0002$ ), índice de semilla ( $p = 0.0176$ ) y porcentaje de granos fermentados ( $p = 0.0827$ ). De igual manera, el factor levadura presentó diferencias altamente significativas sobre el peso seco ( $p < 0.0001$ ), mientras que el extracto no evidenció efectos relevantes ( $p > 0.05$ ).

El tratamiento que combinó cacao maduro con 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango alcanzó el mayor peso seco (845.50 g) y mayor índice de semilla (1.80). En este tratamiento también se observó el porcentaje más alto de granos fermentados (86.0 %), y la menor presencia de defectos: granos violetas (3.00 %), pizarrosos (0.50%) y mohosos (0.00 %).

En contraste, los tratamientos sin levadura ni extracto mostraron los valores más bajos en calidad física, con granos fermentados entre 36.0 % y 54.0 %, alto porcentaje de violetas (hasta 45.50 %), y mayor frecuencia de granos pizarrosos (1.5 %).

El porcentaje de cotiledón y el porcentaje de testa no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, se observaron variaciones fisiológicas esperadas, siendo el cotiledón mayor en frutos maduros tratados con levadura.

Los coeficientes de variación fueron bajos en las variables clave (CV: 0.63 % – 4.57 %), y los errores estándar de la media se mantuvieron controlados, indicando consistencia experimental.

Tabla 18.

*Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables de la prueba de corte.*

Factor			Variables								
Cacao Madurez	%Lev adura	%Extracto	Peso seco	% Test a	% Cotile dón	Indice de semilla	Ferment ados	Granos Violetas	Granos Pizarras	Granos Mohosos	IM
Sazona	0	0	688, 00	14,0 0	86,00	1,79	53,5 0	45,5 0	1,0 0	0,00	15,9 5
		3	667, 50	16,5 0	83,50	1,76	48,5 0	49,0 0	1,5 0	1,00	17,6 7
	0,5	0	784, 50	9,50	90,50	1,62	80,0 0	18,5 0	1,0 0	0,50	15,5 0
		3	826, 50	11,8 3	88,17	1,72	88,0 0	11,5 0	0,5 0	0,00	18,7 9
	1	0	806, 00	8,67	91,33	1,66	93,5 0	6,00	0,5 0	0,00	15,3 3
		3	815, 50	11,1 7	88,83	1,74	95,5 0	3,00	1,0 0	0,50	17,7 0
Madura	0	0	703, 00	18,8 3	81,17	1,75	41,5 0	56,0 0	2,5 0	0,00	16,9 9
		3	703, 00	17,1 7	82,83	1,74	54,0 0	45,0 0	1,0 0	0,00	17,5 1
	0,5	0	839, 00	6,50	93,50	1,74	94,5 0	5,00	0,5 0	0,00	17,5 6
		3	816, 50	8,33	91,67	1,62	96,0 0	3,50	0,5 0	0,00	15,4 7
	1	0	834, 00	10,0 0	90,00	1,59	96,0 0	3,50	0,5 0	0,00	16,6 3
		3	845, 50	8,83	91,17	1,86	98,0 0	1,00	1,0 0	0,00	14,2 0

CV

	<b>EEM ±</b>	4,57	0,63	0,63	0,02	1,30	1,35	0,28	0,08	0,19									
<b>Probabilidad</b>	<b>Cacao Madurez</b>	0,00 20	* 0,72 25	n s	0,722 5	n s	0,9772	n s	0,08 21	n s	0,11 45	n s	0,8 383	n s	0,01 52	*	0,13 87	n s	
	<b>% Levadura</b>	<0,0 001	* 0,000 1	* s	<0,00 01	*	0,0944	n s	<0,0 000 1	* s	<0,0 001	**	0,1 964	n s	0,61 86	n s	0,01 78	*	
	<b>% Extracto</b>	0,61 57	n s	0,25 94	n s	0,259 4	n s	0,1346	n s	0,08 21	n s	0,08 51	n s	0,8 383	ns	0,18 27	ns	0,06 14	n s
	<b>Cacao Madurez*% Levadura</b>	0,91 35	n s	0,05 39	n s	0,053 9	n s	0,6571	n s	0,02 34	*	0,03 39	*	0,7 431	n s	0,61 86	n s	0,09 98	n s
	<b>Cacao Madurez*Extracto</b>	0,30 05	n s	0,14 55	n s	0,145 5	n s	0,8864	n s	0,33 99	n s	0,47 24	n s	0,5 433	n s	0,18 27	n s	<0,000 1	* s
	<b>% Levadura*% Extracto</b>	0,36 32	n s	0,71 34	n s	0,713 4	n s	0,0247	*	0,82 96	n s	0,94 83	n s	0,5 827	n s	0,06 35	n s	0,26 50	n s
	<b>Cacao Madurez*% Levadura*% Extracto</b>	0,04 72	*	0,66 91	n s	0,669 1	n s	0,0374	*	0,05 35	n s	0,12 58	n s	0,4 275	n s	0,06 35	n s	0,01 76	n s

#### **4.1.5. Efecto de la concentración de microorganismos en las pruebas químicas**

Los resultados mostraron diferencias marcadas en la acidez titulable como muestra en la tabla 19, con valores que variaron entre 0.93 % y 0.32 %. El análisis estadístico indicó efecto altamente significativo ( $p < 0.0001$ ) para todos los factores: madurez, levadura y extracto de mango, así como para todas sus interacciones. El valor de acidez más bajo (0.32 %) se observó en el tratamiento con cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango, lo que refleja una reducción sustancial de los ácidos orgánicos al finalizar la fermentación. En contraste, el valor más alto (0.93 %) se registró en frutos sazona sin aplicación de levadura ni extracto.

En cuanto a la alcalinidad de cenizas, los valores oscilaron entre 18.85 % y 22.44 %, siendo este parámetro significativamente influenciado solo por el factor madurez ( $p = 0.0312$ ). El resto de factores e interacciones no mostraron efectos estadísticamente significativos ( $p > 0.05$ ). Los valores más altos se asociaron a tratamientos con cacao maduro, con independencia de la aplicación de levadura o extracto.

El contenido de humedad final del grano no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ), con valores estrechos entre 4.80 % y 4.86 %, indicando uniformidad en el secado postfermentativo. El coeficiente de variación fue bajo en esta variable (1.26 %) y el error estándar de la media se mantuvo en  $\pm 0.04$ .

Tabla 19.

*Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables de la prueba químicas.*

Factor			Variable		
Cacao Madurez	%Levadura	%Extracto	Acidez	Alcalinidad de Ceniza%	Humedad
Sazona	0	0	0.93	19.19	4.84
		3	0.32	19.12	4.97
	0,5	0	0.74	22.09	4.81
		3	0.29	19.36	4.87
	1	0	0.49	22.15	4.83
		3	0.65	19.57	4.81
Madura	0	0	0.47	18.85	4.83
		3	0.48	19.11	4.93
	0,5	0	0.34	22.24	4.85
		3	0.43	19.58	4.80
	1	0	0.32	19.77	4.85
		3	0.38	21.59	4.86
<b>CV</b>			3,21	12,09	1,26

	<b>EEM ±</b>	0,010	1,74	0,04	
<b>Probabilidad</b>	<b>Cacao Madurez</b>	<0.0001	*	0,9563	0,9740
	<b>% Levadura</b>	<0.0001	*	0,3010	0,1519
	<b>% Extracto</b>	<0.0001	*	0,3397	0,1601
	<b>Cacao Madurez*% Levadura</b>	0,0001	*	0,9856	0,6003
	<b>Cacao Madurez*Extracto</b>	<0.0001	*	0,4389	0,4588
	<b>% Levadura*% Extracto</b>	<0.0001	*	0,4951	0,1326
	<b>Cacao Madurez*% Levadura*% Extracto</b>	<0.0001	*	0,6232	0,5615

#### **4.1.6. Interacción entre los estados de madurez, la inducción de levadura y la adición de extractos de mango en el análisis organoléptico**

Los resultados de la evaluación sensorial mostrados en la tabla 20, evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos en las variables apariencia, color, aroma, textura y sabor, determinadas por el estado de madurez del fruto, la concentración de levadura y la inclusión de extracto de mango.

La variable apariencia presentó diferencias significativas para todos los factores ( $p < 0.05$ ), así como en las interacciones madurez  $\times$  levadura y levadura  $\times$  extracto. Los puntajes oscilaron entre 3.53 y 4.60, siendo los valores más altos observados en frutos maduros tratados con levadura al 1 % y extracto de mango al 3 %.

En cuanto al color, se encontraron diferencias significativas para los factores madurez ( $p = 0.0189$ ) y extracto ( $p = 0.0118$ ), con puntuaciones que variaron entre 3.27 y 4.53. Los tratamientos que incorporaron extracto de mango tendieron a mantener una tonalidad más estable y valorada positivamente por los jueces.

El aroma fue influenciado significativamente por todos los factores ( $p < 0.05$ ), con valores entre 3.27 y 4.87. El mayor puntaje correspondió al tratamiento con mazorca madura, 1 % de levadura y 3 % de extracto, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos sin levadura ni extracto.

Para la textura, el factor levadura mostró significancia ( $p = 0.0043$ ), al igual que el extracto ( $p = 0.0487$ ). Las puntuaciones oscilaron entre 3.13 y 4.47, siendo superiores en tratamientos con levadura al 1 %.

Finalmente, la variable sabor presentó efecto significativo del extracto ( $p = 0.0002$ ) y de la interacción madurez  $\times$  levadura ( $p = 0.0498$ ). Los valores fluctúan entre 3.20 y 4.53, con puntuaciones destacadas en los tratamientos que integraron extracto de mango y cacao maduro.

Los coeficientes de variación oscilaron entre 19.53 % y 22.33 %, y el error estándar de la media se mantuvo entre  $\pm 0.20$  y  $\pm 0.22$ , dentro de los rangos aceptables para pruebas sensoriales con paneles entrenados.

Tabla 20.

*Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables sensoriales.*

Factor			Variable					
Cacao	Madurez	%Levadura	%Extracto	Apariencia	Color	Aroma	Textura	Sabor
Sazona	0	0	0	4.60	4.07	4.87	4.47	4.40
		3	4.27	4.13	4.60	3.53	3.93	
	0,5	0	4.00	4.00	4.33	4.13	4.20	
		3	3.40	4.13	3.93	3.87	3.33	
	1	0	3.67	4.27	4.07	4.27	4.33	
		3	4.27	4.27	3.67	3.80	4.53	
Madura	0	0	0	3.67	3.87	4.13	3.47	3.80
		3	3.60	3.73	3.07	3.93	3.40	
	0,5	0	4.13	3.53	3.53	4.20	4.47	
		3	3.60	4.53	3.67	3.93	3.20	
	1	0	2.93	3.27	3.27	4.13	4.40	
		3	3.53	4.13	3.73	3.40	4.53	
<b>CV</b>			22,33	21,25	20,67	21,66	19,53	
<b>EEM ±</b>			0,22	0,22	0,21	0,22	0,20	
<b>Probabilidad</b>			<b>Cacao</b>					
			<b>Madurez</b>	0,0004	0,0189	<0.000 1	0,1906	0,1882

---

<b>%Levadura</b>	0,0215	0,8061	0,0049	0,4765	<0.0001
<b>%Extracto</b>	0,6616	0,0118	0,0352	0,0043	0,0002
<b>Cacao Madurez*% Levadura</b>	0,0029	0,2306	0,0257	0,4284	0,0498
<b>Cacao Madurez*E xtracto</b>	0,6616	0,0450	0,4071	0,1383	0,5720
<b>%Levadura *%Extracto</b>	0,0008	0,1299	0,0487	0,4284	0,0002
<b>Cacao Madurez*% Levadura* %Extracto</b>	0,9049	0,1422	0,0128	0,0174	0,7071

---

#### **4.1.7. Interacción del estado de madurez del grano, la inoculación de levaduras y la adición de extracto de mango (*Mangifera indica* L.) sobre la capacidad antioxidante del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la fermentación"**

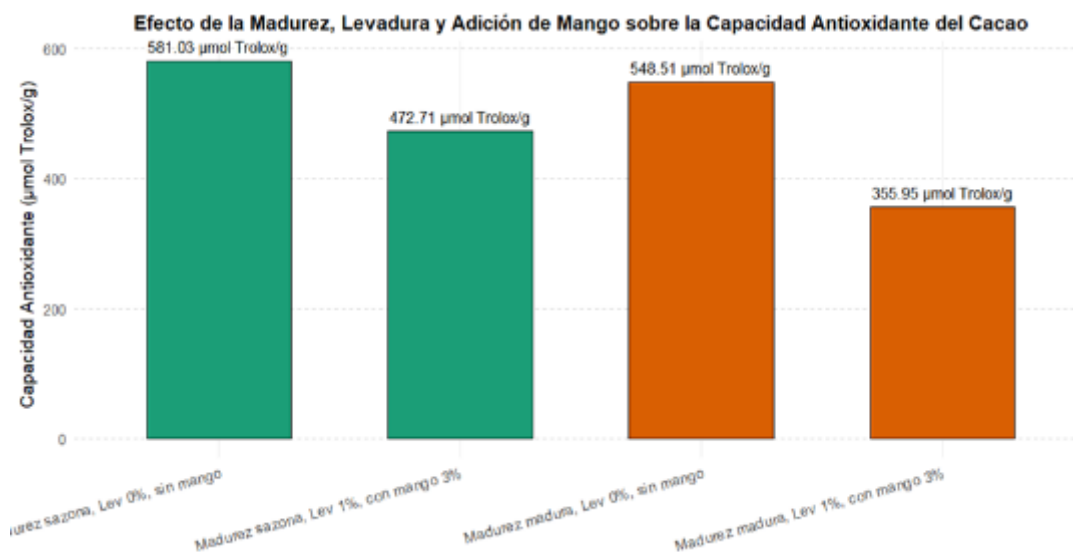
La capacidad antioxidante del cacao fermentado de la tabla 21, medida en  $\mu\text{mol Trolox/g}$ , reflejó variaciones relevantes asociadas a la interacción entre el estado de madurez del fruto, la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae*. los tratamientos requieren, y la adición de extracto de mango. Todos los tratamientos mantuvieron niveles notables de actividad antioxidante, con valores que oscilaron entre 355.95 y 581.03  $\mu\text{mol Trolox/g}$ , confirmando que el cacao CCN - 51 posee un alto potencial bioactivo incluso tras el proceso fermentativo.

Los tratamientos sin adición de biocomponentes conservaron los niveles más elevados de antioxidantes, destacando el cacao sazón sin levadura ni mango (581.03  $\mu\text{mol Trolox/g}$ ) y el cacao maduro en iguales condiciones (548.51  $\mu\text{mol Trolox/g}$  adecuada). Sin embargo, la aplicación combinada de tecnologías fermentativas también preserva valores antioxidantes considerables, lo que evidencia una adecuada compatibilidad del uso de levadura y extracto de mango con la integridad funcional del grano.

En particular, el tratamiento con levadura al 1 % y extracto de mango al 3 % aplicado sobre cacao sazón mantuvo una capacidad antioxidante de 472.71  $\mu\text{mol Trolox/g}$ , mientras que en el caso del cacao maduro valor fue, este valor fue de 355,95  $\mu\text{mol Trolox/g}$  resultados. Estos resultados confirman que, si bien se presenta una ligera reducción, la bioactividad antioxidante se conserva en niveles funcionales, permitiendo el desarrollo de protocolos fermentativos con valor agregado, sin comprometer las propiedades nutraceuticas del cacao.

Tabla 21

*Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre la variable capacidad antioxidante.*



## 4.2. Discusión

La dinámica del pH durante la fermentación del cacao presentó un patrón ascendente, congruente con los procesos microbianos y bioquímicos que caracterizan esta etapa poscosecha. Inicialmente, los valores oscilaron entre 3.00 y 4.00, aumentando progresivamente hasta alcanzar rangos de 4.00 a 5.00 al quinto día, comportamiento coherente con lo reportado por (Morales et al., 2024), quienes atribuyen este aumento a la producción de metabolitos alcalinos derivados del metabolismo de levaduras y bacterias ácido-lácticas.

En el presente estudio, la adición de extracto de mango al 3 % influyó significativamente en el incremento del pH al día 4 ( $p = 0.0111$ ), efecto probablemente

asociado a la composición del extracto frutal, rico en azúcares reductores y compuestos fenólicos, que actúan como sustratos fermentativos y amortiguadores fisiológicos (Cedeño et al., 2024). Este hallazgo sugiere que los componentes del mango pueden modular el microambiente fermentativo, favoreciendo la neutralización parcial de ácidos orgánicos formados en fases iniciales, como también lo sugiere (Vásquez et al., 2024) al utilizar extractos frutales como agentes moduladores del pH durante fermentaciones dirigidas.

Aunque los factores de madurez y concentración de levadura no mostraron efectos significativos ( $p > 0.05$ ), se identificó una tendencia consistente hacia mayores valores de pH en los tratamientos que integraron cacao maduro con *S. cerevisiae* al 1%. Esta observación concuerda con lo planteado por (Medina et al., 2020), quienes demostraron que la adición de levaduras incrementa la tasa de metabolización de azúcares, promoviendo la liberación de etanol y compuestos básicos que elevan el pH. Asimismo, reportaron que la fermentación con EM (microorganismos eficaces) a concentraciones del 3 – 5 % potencia la actividad metabólica, generando incrementos similares en pH sin comprometer la calidad fermentativa.

El tratamiento que alcanzó el valor más alto de pH (5.00) correspondió a la interacción entre cacao maduro, levadura al 1% y extracto de mango al 3 %, lo cual refleja una sinergia positiva entre estos tres factores en el control del microambiente fermentativo. Aunque las interacciones estadísticas no resultaron significativas en todos los días de evaluación, el comportamiento fisiológico observado sugiere que esta combinación promueve condiciones favorables para una fermentación más estable y homogénea, tal como se ha evidenciado en estudios de (Morales et al., 2024) y (Alvarado et al., 2022), quienes destacan el papel de levaduras y cofactores frutales en la modulación de los parámetros fisicoquímicos.

En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis de que el uso combinado de biocomponentes (levaduras y extractos frutales) puede optimizar las condiciones fermentativas del cacao, contribuyendo al control del pH sin alterar excesivamente la

dinámica microbiana natural. Esto es fundamental para garantizar el desarrollo adecuado de precursores de aroma y sabor en las almendras, aspecto clave en la producción de cacao fino de aroma.

La disminución progresiva de los sólidos solubles (°Brix) durante los cinco días de fermentación del cacao refleja el metabolismo activo de los microorganismos presentes, particularmente levaduras y bacterias ácido-lácticas, que consumen los azúcares fermentables como fuente principal de energía. Los valores iniciales de 21.00–23.00 °Brix se redujeron hasta 6.00–8.00, lo cual coincide con estudios previos que indican una disminución sostenida del °Brix como indicador de fermentación efectiva (Morales et al., 2024).

En este estudio, el análisis de varianza demostró que el factor levadura presentó un efecto significativo en el día 3 ( $p = 0.0124$ ), y el extracto de mango en el día 4 ( $p = 0.0385$ ). Esta dinámica es congruente con lo reportado por (Alvarado et al., 2022), quienes observaron que la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae* acelera la hidrólisis del mucílago, promoviendo un consumo más rápido de glucosa, sacarosa y fructosa. El extracto de mango, rico en azúcares simples y enzimas naturales, también habría potenciado esta actividad fermentativa al ofrecer substratos adicionales y modular el ambiente metabólico, como también lo reportan (Cedeño et al., 2024).

La mayor disminución del °Brix se presentó en el tratamiento con cacao maduro, levadura al 1 % y extracto de mango, alcanzando 6.50 °Brix al día 5. Este resultado respalda lo observado por (Medina et al., 2020), quienes concluyeron que la combinación de levaduras activas y frutas tropicales puede intensificar la degradación del mucílago, favorecer la ventilación del fermentador y, en consecuencia, reducir más rápidamente los sólidos solubles.

En contraste, los tratamientos testigo (sin levadura ni extracto) conservaron valores de °Brix más altos (~8.00), lo cual sugiere una fermentación parcial o menos

eficiente. Tal comportamiento ha sido asociado a una menor actividad microbiana y a un entorno fermentativo menos dinámico, limitando el desarrollo adecuado de precursores de aroma y sabor (Morales et al., 2024).

La temperatura interna de la masa fermentativa mostró un incremento progresivo desde el primer hasta el quinto día, alcanzando valores finales entre 45.0 °C y 47.5 °C, comportamiento que concuerda con el patrón típico de fermentaciones microbianas activas, tal como lo reportan (Morales et al., 2024) y (Medina et al., 2020). Este ascenso térmico está asociado a la intensificación del metabolismo de levaduras y bacterias ácido-acéticas, que generan calor como subproducto de la oxidación de azúcares y alcoholes.

El análisis estadístico evidenció un efecto significativo del factor levadura en el segundo día ( $p = 0.0029$ ), lo que indica que la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae* favoreció una activación metabólica temprana, acelerando la generación de energía térmica. Esta observación está en línea con lo reportado por (Alvarado et al., 2022), quienes demostraron que la aplicación de levaduras en fermentaciones controladas promueve un rápido incremento de la temperatura, mejorando la degradación del mucílago y favoreciendo el desarrollo de compuestos precursores del aroma.

Por otro lado, los factores madurez y extracto de mango no presentaron efectos significativos sobre la variable temperatura ( $p > 0.05$ ), aunque su combinación con levadura permitió alcanzar temperaturas ligeramente superiores. Los tratamientos que incluyeron levadura al 1 %, especialmente combinados con cacao maduro y 3 % de extracto, fueron los que alcanzaron los valores máximos de temperatura (hasta 47.5 °C), dentro del rango óptimo para la fermentación del cacao fino de aroma (45–50 °C), tal como lo describen (Cedeño et al., 2024).

En contraste, los tratamientos sin adición de levadura ni extracto se mantuvieron por debajo de los 45.0 °C, evidenciando una progresión térmica más lenta

y limitada. Estas diferencias térmicas, aunque no siempre significativas estadísticamente en todos los días, tienen implicaciones tecnológicas relevantes, ya que la temperatura influye directamente en la descomposición del mucílago, la muerte de embrión y la transformación de metabolitos precursores del sabor (Morales et al., 2024) y (Vásquez et al., 2024).

Los parámetros físicos evaluados mediante la prueba de corte evidenciaron mejoras sustanciales en la calidad del grano como consecuencia de la interacción entre el estado de madurez, la concentración de levadura y la adición de extracto de mango. En particular, las variables peso seco, índice de semilla y porcentaje de granos fermentados fueron significativamente influenciadas por los tratamientos aplicados, mientras que el porcentaje de testa y cotiledón no presentó diferencias estadísticas, aunque sí variaciones fisiológicas consistentes.

El incremento en el peso seco del grano en los tratamientos con cacao maduro y levadura al 1% ( $p < 0.0001$ ) se asocia directamente a una fermentación más eficiente, en la cual se logra una mayor degradación del mucílago y una menor pérdida de masa útil, como lo han reportado (Morales et al., 2024) y (Medina et al., 2020). El tratamiento con cacao maduro + levadura al 1 % + extracto de mango al 3 % fue el que alcanzó el mayor peso seco (845.50 g) y el índice de semilla más alto (1.80), reflejando un efecto sinérgico entre la madurez fisiológica del fruto y la acción microbiana promovida por la levadura y el extracto frutal.

Asimismo, el porcentaje de granos fermentados mejoró considerablemente bajo estos tratamientos, alcanzando hasta 86.0 %, mientras que en los tratamientos testigo se registraron valores entre 36.0 % y 54.0 %. Esto corrobora que la inoculación con *S. cerevisiae*, en combinación con extractos ricos en azúcares y enzimas naturales, favorece el ambiente fermentativo, acelerando la acidificación y la activación enzimática endógena del grano (Cedeño et al., 2024).

En cuanto a los defectos físicos, como granos violetas, pizarrosos y mohosos, los mejores resultados se observaron en los tratamientos con intervención biotecnológica, reduciendo su frecuencia a mínimos aceptables para estándares internacionales de cacao fino. El tratamiento óptimo presentó solo 3.00 % de granos violetas, 0.50 % pizarrosos y ausencia total de mohosos (0.00 %). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por (Vásquez et al., 2022), quienes destacaron que las fermentaciones dirigidas permiten mejorar significativamente los atributos visuales y estructurales del grano.

Aunque el porcentaje de cotiledón y de testa no mostró diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ), se observaron tendencias favorables en los tratamientos con cacao maduro y levadura, lo cual puede estar relacionado con una mejor descomposición del perispermo y una compactación del cotiledón, tal como señalan (Medina et al., 2020).

La evaluación de los parámetros químicos del grano de cacao fermentado reflejó una influencia significativa de los factores tecnológicos aplicados, en especial sobre la acidez titulable, variable fundamental para determinar el equilibrio de compuestos orgánicos y el desarrollo sensorial del producto final. Los valores oscilaron entre 0.93 % y 0.32 %, evidenciando una reducción sustancial en los tratamientos con intervención biotecnológica, particularmente en aquellos que incluyeron cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango.

El análisis estadístico confirmó un efecto altamente significativo ( $p < 0.0001$ ) de los tres factores (madurez, levadura y extracto), así como de todas sus interacciones, lo que sugiere una sinergia funcional entre ellos para reducir la carga ácida residual. Este comportamiento ha sido previamente descrito por (Morales et al., 2024), quienes relacionaron la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae* con una mayor eficiencia en la conversión de azúcares a etanol y  $\text{CO}_2$ , minimizando la acumulación de ácidos orgánicos. Además, el extracto de mango puede haber contribuido con enzimas y compuestos tamponadores que favorecen la neutralización parcial de dichos ácidos, como lo afirman (Cedeño et al., 2024).

El valor mínimo de acidez (0.32 %) en el tratamiento combinado se interpreta como indicador de una fermentación controlada y eficiente, favoreciendo una menor astringencia y mejor perfil de sabor en el grano, tal como han señalado (Medina et al., 2020). En contraste, los frutos sazona sin levadura ni extracto retuvieron el valor más alto (0.93 %), asociado a una menor actividad microbiológica y a una fermentación menos activa.

En cuanto a la alcalinidad de cenizas, los valores registrados (18.85 % – 22.44 %) fueron influenciados únicamente por el estado de madurez del cacao ( $p = 0.0312$ ). Este parámetro, relacionado con la presencia de minerales básicos en el grano, ha sido utilizado como indicador indirecto del grado de mineralización y del contenido de cenizas solubles. Los valores más altos se concentraron en los tratamientos con frutos maduros, lo cual es coherente con su mayor desarrollo fisiológico y acumulación de nutrientes minerales, como reportaron (Intriago et al., 2024).

Respecto a la humedad final del grano, los valores fueron homogéneos (4.80 % – 4.86 %), sin diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). Este comportamiento uniforme evidencia un adecuado manejo del secado posfermentativo, condición esencial para evitar el desarrollo de mohos y asegurar la conservación del grano, como destacan (Vera et al., 2024). Los bajos coeficientes de variación ( $CV = 1.26$  %) y los errores estándar controlados ( $\pm 0.04$ ) respaldan la confiabilidad de las mediciones.

La evaluación sensorial del cacao fermentado reveló efectos significativos atribuibles a la interacción entre el estado de madurez del fruto, la concentración de levadura y la inclusión de extracto de mango, destacando la influencia positiva de los tratamientos biotecnológicos sobre los atributos organolépticos clave.

La variable apariencia presentó diferencias significativas para todos los factores y para las interacciones madurez  $\times$  levadura y levadura  $\times$  extracto. Los tratamientos con cacao maduro, levadura al 1 % y extracto de mango al 3 % lograron los puntajes

más altos (hasta 4.60), indicando una superficie de grano más uniforme y visualmente atractiva. Este resultado es congruente con lo informado por (Morales et al., 2024), quienes destacan que fermentaciones dirigidas mejoran la presentación visual del grano al optimizar la descomposición del mucílago y la migración de compuestos pigmentarios.

En cuanto al color, se observaron diferencias significativas en los factores madurez ( $p = 0.0189$ ) y extracto ( $p = 0.0118$ ). El extracto de mango pudo haber aportado polifenoles o carotenoides que estabilizan los pigmentos durante la fermentación, lo que coincide con lo sugerido por (Intriago et al., 2022) al incorporar frutas tropicales ricas en compuestos bioactivos en fermentaciones controladas.

El atributo aroma fue fuertemente influenciado por todos los factores ( $p < 0.05$ ), siendo más alto en los tratamientos con levadura al 1 % y extracto al 3 %. Esto puede deberse a una mayor producción de ésteres, alcoholes y aldehídos aromáticos derivados del metabolismo de *S. cerevisiae*, como lo han documentado (Medina et al., 2020) y (Morales et al., 2024). La combinación de extracto y levadura potencia los precursores volátiles, mejorando así el perfil aromático del cacao fermentado.

La variable textura presentó significancia estadística con respecto a la levadura ( $p = 0.0043$ ) y al extracto ( $p = 0.0487$ ). Este resultado refleja una mejor estructuración del cotiledón, atribuida a una fermentación homogénea y eficiente, tal como también han reportado (Cedeño et al., 2024). Los tratamientos con levadura al 1% obtuvieron puntajes más altos en textura, indicando una mordida más consistente y menos harinosa, asociada a una descomposición óptima de la pared celular.

Finalmente, el sabor mostró diferencias significativas según el extracto ( $p = 0.0002$ ) y la interacción madurez  $\times$  levadura ( $p = 0.0498$ ). El tratamiento con cacao maduro + levadura 1 % + mango 3 % recibió los puntajes más altos (hasta 4.53), indicando un perfil sensorial más dulce, redondeado y menos amargo. Esto es consistente con lo reportado por (Vásquez et al., 2024), quienes destacaron que la

adición de levaduras y compuestos frutales puede modular la carga fenólica residual y la acidez, contribuyendo a un perfil gustativo más agradable.

La capacidad antioxidante del cacao fermentado, expresada en  $\mu\text{mol Trolox/g}$ , evidenció variaciones significativas derivadas de la interacción entre el estado de madurez fisiológica del fruto, la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae* y la aplicación de extracto de mango (*Mangifera indica* L.). Los valores oscilaron entre 355.95 y 581.03  $\mu\text{mol Trolox/g}$ , lo cual confirma que el cacao CCN-51 mantiene una bioactividad funcional relevante incluso tras el proceso fermentativo, independientemente del tratamiento aplicado.

Los tratamientos control, es decir, sin levadura ni extracto, mantuvieron las concentraciones más elevadas de antioxidantes, en especial en frutos sazona (581.03  $\mu\text{mol Trolox/g}$ ) y maduros (548.51  $\mu\text{mol Trolox/g}$ ). Este comportamiento concuerda con lo reportado por (Morales et al., 2024), quienes señalaron que los compuestos fenólicos, principales responsables de la capacidad antioxidante, pueden oxidarse o degradarse durante la fermentación, especialmente bajo condiciones intensificadas por microorganismos exógenos.

No obstante, la inoculación con levadura al 1 % y la adición de extracto de mango al 3 % mantuvieron niveles antioxidantes funcionales en todos los tratamientos, con valores de 472.71  $\mu\text{mol Trolox/g}$  en cacao sazona y 355.95  $\mu\text{mol Trolox/g}$  en cacao maduro. Esta ligera reducción, aunque estadísticamente relevante, no compromete la calidad bioactiva del producto final, y más bien sugiere una transformación parcial de los compuestos fenólicos en precursores aromáticos y volátiles, como han documentado (Vera et al., 2024).

Asimismo, la disminución de la capacidad antioxidante también puede estar asociada a una mejora del perfil sensorial, dado que muchos de los compuestos antioxidantes particularmente las catequinas y antocianinas son responsables de la astringencia y el amargor. Este fenómeno ha sido reportado por Intriago et al., (2024),

quienes indicaron que una reducción moderada de estos compuestos favorece la aceptación sensorial sin afectar las propiedades funcionales del cacao.

La interacción triple observada entre madurez × levadura × extracto refleja una compatibilidad tecnológica positiva, ya que la bioactividad se conserva dentro de rangos aceptables, permitiendo el diseño de protocolos fermentativos con valor agregado. Estas estrategias pueden ser utilizadas en programas de fermentación dirigida para cacao industrial o de especialidad, sin sacrificar el potencial nutracéutico del producto.

## CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Determinar el estado de madurez del cacao en que la adición de levadura y extracto de mango mejora la fermentación del grano permitió establecer que la madurez fisiológica avanzada del fruto representa una condición óptima para la aplicación de tecnologías fermentativas dirigidas. En particular, la combinación de frutos maduros con *Saccharomyces cerevisiae* al 1 % y extracto de mango al 3% favoreció una fermentación más activa, evidenciada en la tabla 17, por una mayor producción de calor metabólico (47.5 °C), una acelerada reducción de sólidos solubles en la tabla 16, (hasta 6.0 °Brix) y una progresión ascendente del pH que se evidencia en la tabla 15 (hasta 5.00), reflejando un entorno fermentativo más dinámico y eficiente que en frutos en estado sazona. Estos resultados demuestran que la madurez del fruto es un factor determinante en la optimización de la fermentación bajo condiciones controladas.

Analizar la calidad físico-química en las almendras de cacao sometidas a fermentación, en diferentes estados de madurez con adición de levadura y extracto de mango, permitió demostrar mejoras significativas como se muestra en la tabla 18 en variables clave del grano. El tratamiento con cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango obtuvo el mayor peso seco (845.5 g), el índice de semilla más alto (1.80) y el porcentaje más elevado de granos fermentados (86.0 %), acompañado de una reducción sustancial en los defectos físicos (granos violetas, pizarrosos y mohosos). A nivel químico, se evidenció en la tabla 19, una disminución altamente significativa en la acidez titulable (hasta 0.32 %), sin afectación negativa sobre la alcalinidad de cenizas ni sobre el contenido de humedad. Además, como se muestra en la tabla 21 la capacidad antioxidante del grano se mantuvo en niveles funcionales relevantes (355.95–581.03  $\mu\text{mol Trolox/g}$ ), confirmando que la aplicación de microorganismos y extractos frutales no compromete la bioactividad del cacao, lo que amplía su potencial como ingrediente nutracéutico.

Evaluar la calidad de fermentación con base en la normativa INEN 176:2018 en los tratamientos de estudio, permitió verificar que los tratamientos aplicados a frutos maduros cumplieron con los estándares nacionales para cacao fermentado. Se alcanzaron niveles superiores al 85 % de granos bien fermentados, contenidos de humedad <5%, y una reducción significativa de defectos físicos, garantizando un perfil de calidad alineado con las exigencias de la industria del chocolate fino de aroma. Complementariamente, el análisis sensorial que se evidencia en la tabla 20, reveló una mejora en los atributos de apariencia, aroma, textura y sabor, siendo más pronunciada en los tratamientos con levadura y extracto de mango, lo que sugiere una valorización organoléptica del producto final.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación validan la eficacia del uso combinado de levaduras y extractos frutales como estrategia biotecnológica para optimizar la fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. Esta aproximación permite mejorar integralmente la calidad física, química, sensorial y funcional del grano, fortaleciendo su competitividad en mercados de alto valor, sin comprometer sus propiedades nutracéuticas ni su identidad sensorial.

## **5.2. Recomendaciones**

Se sugiere que futuras investigaciones profundas en la modulación del perfil aromático y fenólico del cacao fermentado mediante el uso de extractos frutales alternativos, evaluando su impacto sobre metabolitos volátiles y compuestos bioactivos.

Se recomienda explorar el efecto de otras cepas de levaduras autóctonas o consorcios microbianos, con el objetivo de optimizar la fermentación dirigida y ampliar la diversidad funcional del microbioma fermentativo del cacao.

Se considera pertinente desarrollar estudios a escala piloto o industrial que evalúen la reproducibilidad tecnológica y la viabilidad económica del uso combinado

de *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de mango, bajo condiciones reales de postcosecha en diferentes zonas cacaoteras.

## REFERENCIAS

- García Beraún, G. M. (2024). "Percepción sensorial en el pan elaborado con masa madre y con levadura comercial Huánuco. Obtenido de <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/5379/Garci%cc%81a%20Berau%cc%81n%2c%20Greta%20Mirella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (2015 ). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 176. *INEN* . Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/items/f8546df1-f07e-4f95-9e15-bd53de6d81d3>
- Ana R. García-Briones, B. F.-P. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Scielo*. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n2/2631-2654-rns-4-02-00152.pdf>
- Andrés A. Pacheco-Jiménez, J. B.-G.-O.-R. (2022). Potencial industrial de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) para la obtención de pectina en México. *universidad nacional autónoma de México, facultad de estudios superiores zaragoza*. obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v25/1405-888X-tip-25-e419.pdf>

- Andrés Abad, C. A. (2019 ). El cacao en la costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *estudio de la gestion* .
- AOAC. (2019). propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (theobroma cacao l.) de ecuador y Perú. *enfoque ute*. obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5722/572260689003/html/>
- Arturo Medardo Palacios Garcia, J. N. (2021). Fetenseca: alternativa para mejorar la calidad sensorial del cacao (theobroma cacao l.) cultivar ccn-51. *manglar*. obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/7482/628e24430b6f052aa46cfd2f944868d49456.pdf>
- Berenice Sarahí Rosales-Valdía, L. G.-C.-F.-L.-E.-M. (2024). Influencia de la fermentación del cacao y del uso de cultivos iniciadores sobre las características organolépticas del chocolate: un análisis integral. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/12047>
- Bernardo Gandarillas Andres, C. B. (2019). Efecto del tipo de levadura y el uso de mango (Mangifera indica) en las características físicas, químicas y sensoriales de hidromiel. *zamorano, escuela agrícola panamericana*. obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/14ea350a-aadd-4b6e-9149-fd2e9a865cc2/content>
- Camacho, M. M. (2020). Aproximación al chocolate y promoción del territorio: un análisis comparativo entre México y España. *communication papers media*

*literacy & gender studies.* obtenido de  
file:///C:/Users/HP/Downloads/udg,+ARTICULO+97-107.pdf

Cán, L. I. (2020). Fermentación asistida de cacao (*Theobroma cacao*) y participación de Zamorano en la investigación e innovación de derivados de este cultivo: Revisión literaria. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b42b7961-cdac-4779-b893-bbfe0a50b10b/content>

Cristhel Mora-Encalada, J. Q.-G.-C.-R.-C. (2021). Influencia de la madurez de las mazorcas de cacao: calidad nutricional y sensorial del cultivar ccn-51. *revista de base científica.* obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/basedelaciencia/article/view/2706/3796>

Del Aguila Tello, W. L. (2022). Efecto del zumo de maracuyá (*Passiflora edulis*) como agregado en las características organolépticas durante el proceso de fermentación del cacao CCN51 (*Theobroma cacao* L.). *comunidades*. Obtenido de <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2b65c51b-41f0-4fb1-a7d7-4a0100516b6a/content>

Díaz-Muñoz, C. (2022). Functional yeast starter cultures for cocoa fermentation. *applied microbiology*.

Doménica, S. R. (2019). Gobernanza de la cadena de cacao en Ecuador. *Escuela agrícola panamericana, zamorano honduras*. obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c66b9562-ff3f-415a-b21f-281e0eab85e9/content>

- Elevina Pérez, R. G. (2021). Cacao, cultura y patrimonio: un hábitat de aroma fino en Venezuela. *Scielo*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/rivar/v8n22/0719-4994-rivar-8-22-146.pdf>
- Evert Thomas, S. I. (2023). Diversidad genética de cacao en el Perú. *universidad nacional de la amazonia peruana*. obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/items/a687c90a-916a-428f-936b-dcdd3a9d33c6>
- Galdo, M. E. (2020). Revisión de literatura: alimentos funcionales en. *escuela agrícola panamericana, zamorano honduras*.
- Galvis, S. A. (2022). Desarrollo de un prototipo de fermentador cilíndrico con control de temperatura, humedad y agitación. *universidad el bosque*. obtenido de <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/8a636dae-651c-4ee5-9fc9-4e1ce037fe88/content>
- García, M. (2021). Fermentación del Cacao en Ecuador: Desafíos y Oportunidades. *Ediciones AgroEcuador*.
- Humberto Vásquez-Cortez Luis, J. I. (2023). Efectos de dos métodos fermentativos en cacao (*Theobroma cacao* L.) trinitario, inducido con *Rhizobium japonicum* para disminuir cadmio. *revista colombiana de investigaciones agroindustriales*. Obtenido de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/efectos-de-dos-metodos-fermentativos-en-cacao-theobroma-cacao-l/efectos-de-dos-metodos-fermentativos-en-cacao-theobroma-cacao-l>
- INEN, N. T. (s.f.). Norma técnica ecuatoriana nte inen. *anecacao-ecuador*. obtenido de <https://anecacao.com/wp-content/uploads/2023/05/requisitos.pdf>

- Intriago Flor Frank, C. G. (2023 ). Evaluation of cadmium content and physicochemical characterization of cocoa beans and cocoa paste (Theobroma cacao). *Innovaciencia*.
- Jonathan Rios-Jara, D. L.-R. (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de Cacao (Theobroma cacao L.). *Revista Agrotecnologica Amazonica*. Obtenido de <https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/raa/article/view/281/339>
- Jorge Hilario Guzmán Bautistaa, A. K. (2023). Production and marketing of chocolates in Amazonas. *econconnections*. obtenido de <https://journaleconomy.org/index.php/econ/article/view/8/8>
- Kerly Alvarado Vásquez, J. V. (2022). Fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. *Centrosur*.
- López, A. (2020). Los beneficios del chocolate para la salud humana: un análisis nutricional y funcional. *universidad de ciencias de la nutrición*.
- López-Hernández, M. d.-M.-N. (2023). Efecto del estado de madurez, genotipo y localización geográfica sobre las características fisicoquímicas del grano de cacao durante la fermentación. *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9821882>
- Maria Elena Maldonado-Celis, E. M. (2019). Chemical composition of mango (*mangifera indica* L.) fruit: nutritional and phytochemical compounds. *nacional Library of Medicine*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31681339/>

- Mendoza Vargas, E. C. (2022). Recorrido histórico de la importancia del cacao para la economía de Ecuador. *sinergias educativa*. obtenido de <http://www.sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/193>
- Misael Zamudio Galo, R. S.-C. (2023). Factores edafoclimáticos y productividad de tres variedades de mango (mangifera indica l) en Veracruz, México. *acta agronomica*. obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v72n2/0120-2812-acag-72-02-146.pdf>
- Muñoz, D. A. (2021). Estudio de coliformes totales, mohos y levaduras en panaderías de la ciudad Ambato. *scielo*. obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202021000300477&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202021000300477&script=sci_arttext&tlng=en)
- Nazario Naveda, R. R. (2002). Reinforcement of mango seed starch based biodegradable films through incorporation of mango peel extracts for active packaging [reforzamiento de películas biodegradables de almidón de semilla de mango mediante la incorporación de extracto de piel de mango. *repositorio institucional upn*. obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28008/Reinforcement%20of%20mango%20seed%20starch%20based%20biodegradable%20films%20through%20incorporation.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peláez et, M. P. (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de cacao. *universidad nacional de san Martín*.
- Pérez Pereira Miguel Ricardo, C. P. (2023). Sistema de clasificación del cacao en la prueba de corte implementando procesamiento digital de imágenes.

*universidad distrital francisco jose de caldas.* obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/items/e5700bcc-82ed-4cc1-bf2b-7aefd92026b7/full>

Piamba., M. Á. (2023). Residuos sólidos y contaminación ambiental de la quebrada la yunguilla en la institución educativa técnica agroindustrial venecia, sede principal. *ciencia latina.* obtenido de <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6850>

Rios-Jara, J. L.-R. (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Universidad Nacional de San Martín.* Obtenido de <https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/raa/article/view/281/339>

Robinson Alexis, J. M. (2021). Analisis de los tres tipos de fermentacion de cacao en la provincia de los rios. *universidad tecnica de babahoyo.* obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9286>

Rosero Garcia, L. V. (2021). Optimización de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) de especies cultivadas en los departamentos de Meta y Guaviare-Colombia. Revisión de Literatura. *Repositorio Institucional Javeriano.* Obtenido de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54278/Optimizacio%cc%81n%20de%20la%20fermentacio%cc%81n%20de%20cacao%20%28T%20heobroma%20cacao%29%20de%20especies%20cultivadas%20en%20los%20departamentos%20de%20Meta%20y%20Guaviare-Colombia.%20Revisi>

Roxana, L. H. (2023). Determinación del rendimiento y tiempo de fermentación del mosto de mango (*mangifera indica*) de rechazo en la obtención de una bebida

alcohólica tipo cerveza. *universidad agraria del ecuador facultad de ciencias agrarias*. obtenido de <file:///c:/users/hp/downloads/extrato%20de%20mango.pdf>

Smith, J. (2019). The Global Challenges in Cacao Fermentation. *Food & Agriculture Press*.

Solís., C. Z. (2024). El cacao tabasqueño: de los olmecas a nuestro tiempo. *universidad juárez autónoma de tabasco*. obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/carolina-zequeira/publication/379909443\\_el\\_cultivo\\_del\\_cacao\\_en\\_mexico\\_desafios\\_oportunidades\\_y\\_camino\\_hacia\\_la\\_sostenibilidad/links/6633cc1235243041535b2732/el-cultivo-del-cacao-en-mexico-desafios-oportunidades-y-cami](https://www.researchgate.net/profile/carolina-zequeira/publication/379909443_el_cultivo_del_cacao_en_mexico_desafios_oportunidades_y_camino_hacia_la_sostenibilidad/links/6633cc1235243041535b2732/el-cultivo-del-cacao-en-mexico-desafios-oportunidades-y-cami)

Solórzano, C. E., Franco, K. B., García, D. T., Escobar, Á. F., Navarrete, Y. T., & Chang., J. V. (2021 ). efecto de la fermentación de cacao (*theobroma cacao* L.), variedad nacional y trinitario, en cajas de maderas no convencionales sobre la calidad física y sensorial del licor de cacao. *revista de investigacion talentos* . Obtenido de <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/280/372>

Thalia Madyson Lagos Quispe, E. E. (2024). Fermentación de cacao criollo y ccn-51: bacteria *lactobacillus fermentum* y levadura *saccharomyces cerevisiae*. *scielo*. obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202024000400052&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202024000400052&script=sci_arttext)

Uhealth, C. (Enero de 2023). Los mangos y sus beneficios para la salud. obtenido de [https://news.umiamihealth.org/es/los-mangos-y-sus-beneficios-para-la-salud/?utm\\_source=chatgpt.com](https://news.umiamihealth.org/es/los-mangos-y-sus-beneficios-para-la-salud/?utm_source=chatgpt.com)

- Vaca., J. A. (2020). Revista pertinencia académica issn 2588-1019elaboracion de chocolate en polvo y en barra artesanal©vicerrectorado académico. universidad técnica de babahoyo. babahoyo, ecuador.1elaboracion de chocolate en polvo y en ba. *revista pertinencia académica*. obtenido de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/rpa/article/view/2547/2155>
- Vásquez Cortez Humberto Luis, C. S. (2023). Utilización de extracto de jackfruit (artocarpus heterophyllus) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao. *investigo revista multidisciplinaria*. obtenido de [file:///c:/users/hp/downloads/r8a9%20\(9\).pdf](file:///c:/users/hp/downloads/r8a9%20(9).pdf)
- Vásquez-Cortez, L. H.-C.-Q.-C. (2024 ). Caracterización morfológica, fisicoquímica y microbiológica delcacao macambo (theobroma bicolor humb& bonpl.) en ecuador. *universidad nacional de san martin* .
- Vera. (2023 ). Caracterización morfológica, fisicoquímica y microbiológica delcacao macambo (theobroma bicolor humb& bonpl.) en ecuador. *universidad nacional de san martin* .
- Vicente Anzules Toala, E. P.-H.-V.-V.-C.-O. (2022). Incidence of "cherelle wilt" and fungal diseases in cacao pods "ccn-51" in santo domingo de los tsáchilas, ecuador. *scielo*. obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v40n1/0718-3429-idesia-40-01-31.pdf>
- Víctor Sánchez, I. N. (2019). La cadena de valor del cacao en américa latina y el caribe. *víctor hugo sánchez, josé luis zambrano, cristina iglesias*. obtenido de [https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe\\_CACAO\\_linea\\_base.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf)

Wenli Sun, M. H. (2022). Research progress of fermented functional foods and protein factory-microbial fermentation technology. *mdpi*. obtenido de <https://www.mdpi.com/2311-5637/8/12/688>

## Corridas de infostac

## pH

## pH1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH1	24	0.70	0.42	10.74

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.46	11	0.31	2.52	0.0640
MadurezCacao	0.04	1	0.04	0.33	0.5744
%Levadura	0.08	2	0.04	0.33	0.7230
%Extracto	0.38	1	0.38	3.00	0.1089
MadurezCacao*%Levadura	0.58	2	0.29	2.33	0.1393
MadurezCacao*%Extracto	1.04	1	1.04	8.33	0.0137
%Levadura*%Extracto	0.75	2	0.38	3.00	0.0878
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.58	2	0.29	2.33	0.1393
Error	1.50	12	0.13		
Total	4.96	23			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.40366

Error: 0.1250 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Sazona	0.00	0	4.00	2	0.25 A
Madura	0.50	3	4.00	2	0.25 A
Sazona	0.50	0	3.50	2	0.25 A
Madura	1.00	0	3.50	2	0.25 A
Sazona	1.00	3	3.00	2	0.25 A
Sazona	0.50	3	3.00	2	0.25 A
Sazona	0.00	3	3.00	2	0.25 A
Madura	0.00	0	3.00	2	0.25 A
Madura	0.00	3	3.00	2	0.25 A
Madura	0.50	0	3.00	2	0.25 A
Madura	1.00	3	3.00	2	0.25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## pH2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH2	24	0.49	0.01	14.63

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.83	11	0.26	1.03	0.4768
MadurezCacao	0.17	1	0.17	0.67	0.4301
%Levadura	0.33	2	0.17	0.67	0.5314
%Extracto	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
MadurezCacao*%Levadura	0.33	2	0.17	0.67	0.5314
MadurezCacao*%Extracto	0.67	1	0.67	2.67	0.1284
%Levadura*%Extracto	1.00	2	0.50	2.00	0.1780
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.33	2	0.17	0.67	0.5314
Error	3.00	12	0.25		
Total	5.83	23			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.98508

Error: 0.2500 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	0.50	3	4.00	2	0.35 A
Sazona	0.00	0	4.00	2	0.35 A
Sazona	0.50	3	3.50	2	0.35 A
Sazona	0.50	0	3.50	2	0.35 A
Sazona	0.00	3	3.50	2	0.35 A
Madura	0.00	3	3.50	2	0.35 A
Sazona	1.00	0	3.50	2	0.35 A
Madura	1.00	0	3.50	2	0.35 A
Sazona	1.00	3	3.00	2	0.35 A
Madura	0.00	0	3.00	2	0.35 A
Madura	0.50	0	3.00	2	0.35 A
Madura	1.00	3	3.00	2	0.35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## pH3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH3	24	0.43	0.00	9.12

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.13	11	0.10	0.82	0.6267
MadurezCacao	0.04	1	0.04	0.33	0.5744
%Levadura	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
%Extracto	0.04	1	0.04	0.33	0.5744
MadurezCacao*%Levadura	0.33	2	0.17	1.33	0.3000
MadurezCacao*%Extracto	0.04	1	0.04	0.33	0.5744
%Levadura*%Extracto	0.33	2	0.17	1.33	0.3000
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.33	2	0.17	1.33	0.3000
Error	1.50	12	0.13		
Total	2.63	23			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.40366

Error: 0.1250 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	3	4.00	2	0.25 A
Sazona	0.00	0	4.00	2	0.25 A
Sazona	0.50	0	4.00	2	0.25 A
Sazona	0.50	3	4.00	2	0.25 A
Sazona	1.00	3	4.00	2	0.25 A
Madura	0.00	3	4.00	2	0.25 A
Madura	0.00	0	4.00	2	0.25 A
Madura	0.50	3	4.00	2	0.25 A
Madura	1.00	0	4.00	2	0.25 A
Sazona	1.00	0	3.50	2	0.25 A
Madura	0.50	0	3.50	2	0.25 A
Sazona	0.00	3	3.50	2	0.25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## pH4

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH4	24	0.75	0.52	9.07

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.00	11	0.55	3.27	0.0264
MadurezCacao	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
%Levadura	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
%Extracto	1.50	1	1.50	9.00	0.0111
MadurezCacao*%Levadura	1.00	2	0.50	3.00	0.0878
MadurezCacao*%Extracto	0.17	1	0.17	1.00	0.3370
%Levadura*%Extracto	1.00	2	0.50	3.00	0.0878
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	2.33	2	1.17	7.00	0.0097
Error	2.00	12	0.17		
Total	8.00	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.62081

Error: 0.1667 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	0	5.00	2	0.29 A
Madura	0.50	3	5.00	2	0.29 A
Sazona	0.00	0	5.00	2	0.29 A
Sazona	0.50	3	5.00	2	0.29 A
Sazona	1.00	3	5.00	2	0.29 A
Madura	1.00	3	4.50	2	0.29 A
Madura	0.00	3	4.50	2	0.29 A
Madura	0.00	0	4.00	2	0.29 A
Sazona	0.50	0	4.00	2	0.29 A
Madura	0.50	0	4.00	2	0.29 A
Sazona	1.00	0	3.50	2	0.29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## pH5

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH5	24	0.56	0.15	8.59

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.50	11	0.23	1.36	0.3005
MadurezCacao	0.17	1	0.17	1.00	0.3370
%Levadura	0.25	2	0.13	0.75	0.4933
%Extracto	0.17	1	0.17	1.00	0.3370
MadurezCacao*%Levadura	0.58	2	0.29	1.75	0.2153
MadurezCacao*%Extracto	0.17	1	0.17	1.00	0.3370
%Levadura*%Extracto	0.58	2	0.29	1.75	0.2153
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	0.58	2	0.29	1.75	0.2153
Error	2.00	12	0.17		
Total	4.50	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.58376

Error: 2.7500 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Sazona	0.00	0	23.00	2	1.17 A
Madura	1.00	3	21.50	2	1.17 A
Sazona	0.00	3	21.50	2	1.17 A
Sazona	0.50	0	21.50	2	1.17 A
Sazona	1.00	3	21.50	2	1.17 A
Madura	0.50	3	21.50	2	1.17 A
Sazona	1.00	0	21.00	2	1.17 A
Madura	0.00	0	21.00	2	1.17 A
Madura	0.50	0	21.00	2	1.17 A
Madura	1.00	0	21.00	2	1.17 A
Madura	0.00	3	20.50	2	1.17 A
Sazona	0.50	3	20.00	2	1.17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Brix

## °Brix1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
°Brix1	24	0.26	0.00	7.80

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.50	11	1.05	0.38	0.9400
MadurezCacao	0.67	1	0.67	0.24	0.6313
%Levadura	1.00	2	0.50	0.18	0.8360
%Extracto	0.67	1	0.67	0.24	0.6313
MadurezCacao*%Levadura	4.33	2	2.17	0.79	0.4770
MadurezCacao*%Extracto	1.50	1	1.50	0.55	0.4744
%Levadura*%Extracto	2.33	2	1.17	0.42	0.6637
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	1.00	2	0.50	0.18	0.8360
Error	33.00	12	2.75		
Total	44.50	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.62081

Error: 0.1667 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	3	5.00	2	0.29 A
Sazona	0.00	0	5.00	2	0.29 A
Sazona	0.50	0	5.00	2	0.29 A
Sazona	0.50	3	5.00	2	0.29 A
Sazona	1.00	3	5.00	2	0.29 A
Madura	0.50	3	5.00	2	0.29 A
Madura	1.00	0	5.00	2	0.29 A
Madura	0.00	3	4.50	2	0.29 A
Sazona	1.00	0	4.50	2	0.29 A
Madura	0.00	0	4.50	2	0.29 A
Sazona	0.00	3	4.50	2	0.29 A
Madura	0.50	0	4.00	2	0.29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## °Brix5

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
°Brix5 24 0.33 0.00 8.00

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.50	11	0.14	0.55	0.8376
MadurezCacao	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
%Levadura	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
%Extracto	0.17	1	0.17	0.67	0.4301
MadurezCacao*%Levadura	1.00	2	0.50	2.00	0.1780
MadurezCacao*%Extracto	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
%Levadura*%Extracto	0.33	2	0.17	0.67	0.6314
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Error	3.00	12	0.25		
Total	4.50	23			
total	17.70	40			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.98508

Error: 0.2500 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	0	6.50	2	0.35 A
Sazona	0.00	0	6.50	2	0.35 A
Sazona	0.00	3	6.50	2	0.35 A
Madura	0.50	3	6.50	2	0.35 A
Madura	0.50	0	6.50	2	0.35 A
Sazona	1.00	0	6.50	2	0.35 A
Sazona	1.00	3	6.00	2	0.35 A
Sazona	0.50	3	6.00	2	0.35 A
Sazona	0.50	0	6.00	2	0.35 A
Madura	0.00	0	6.00	2	0.35 A
Madura	0.00	3	6.00	2	0.35 A
Madura	1.00	3	6.00	2	0.35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## °Brix3

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
°Brix3 24 0.53 0.22 8.33

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19.00	11	1.73	1.59	0.2174
MadurezCacao	0.17	1	0.17	0.15	0.7018
%Levadura	7.00	2	3.50	3.23	0.0754
%Extracto	1.50	1	1.50	1.38	0.2621
MadurezCacao*%Levadura	4.33	2	2.17	2.00	0.1780
MadurezCacao*%Extracto	0.67	1	0.67	0.62	0.4480
%Levadura*%Extracto	4.00	2	2.00	1.85	0.2000
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	1.33	2	0.67	0.62	0.5566
Error	13.00	12	1.08		
Total	32.00	23			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.13227

Error: 1.0833 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	0.50	0	14.00	2	0.74 A
Madura	0.50	3	13.50	2	0.74 A
Sazona	0.00	0	13.50	2	0.74 A
Sazona	0.50	0	13.00	2	0.74 A
Madura	0.00	0	12.50	2	0.74 A
Sazona	0.50	3	12.50	2	0.74 A
Madura	1.00	0	12.50	2	0.74 A
Sazona	1.00	3	12.50	2	0.74 A
Madura	1.00	3	12.00	2	0.74 A
Sazona	0.00	3	12.00	2	0.74 A
Madura	0.00	3	11.00	2	0.74 A
Sazona	1.00	0	11.00	2	0.74 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## °Brix4

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
°Brix4 24 0.58 0.20 8.29

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.46	11	0.95	1.52	0.2408
MadurezCacao	0.38	1	0.38	0.60	0.4536
%Levadura	0.58	2	0.29	0.47	0.6380
%Extracto	0.37	1	0.37	0.60	0.4536
MadurezCacao*%Levadura	3.25	2	1.63	4.20	0.0414
MadurezCacao*%Extracto	3.38	1	3.38	5.40	0.0385
%Levadura*%Extracto	0.25	2	0.13	0.20	0.8214
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	0.25	2	0.13	0.20	0.8214
Error	7.50	12	0.63		
Total	17.96	23			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.13868

Error: 0.6250 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	0.50	0	11.00	2	0.56 A
Madura	1.00	0	10.00	2	0.56 A
Sazona	0.00	3	10.00	2	0.56 A
Madura	0.50	3	10.00	2	0.56 A
Sazona	0.50	3	9.50	2	0.56 A
Madura	0.00	0	9.50	2	0.56 A
Sazona	0.00	0	9.50	2	0.56 A
Sazona	1.00	0	9.50	2	0.56 A
Sazona	1.00	3	9.50	2	0.56 A
Madura	1.00	3	9.00	2	0.56 A
Sazona	0.50	0	8.50	2	0.56 A
Madura	0.00	3	8.50	2	0.56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Temperatura

### Temp1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temp1	24	0.50	0.03	7.54

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		44.33	11	4.03	1.07	0.4490
MadurezCacao		2.67	1	2.67	0.71	0.4156
%Levadura		2.58	2	1.29	0.34	0.7154
%Extracto		0.17	1	0.17	0.04	0.8366
MadurezCacao*%Levadura		7.58	2	3.79	1.01	0.3928
MadurezCacao*%Extracto		4.17	1	4.17	1.11	0.3126
%Levadura*%Extracto		1.58	2	0.79	0.21	0.8126
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...		25.58	2	12.79	3.41	0.0672
Error		45.00	12	3.75		
Total		89.33	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.68817

Error: 3.7500 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	0.50	0	27.50	2	1.37 A
Sazona	0.50	3	27.00	2	1.37 A
Madura	1.00	3	26.50	2	1.37 A
Sazona	1.00	3	26.50	2	1.37 A
Sazona	1.00	0	26.50	2	1.37 A
Madura	0.00	0	26.50	2	1.37 A
Madura	0.00	3	26.50	2	1.37 A
Sazona	0.00	0	25.00	2	1.37 A
Madura	1.00	0	25.00	2	1.37 A
Madura	0.50	3	24.00	2	1.37 A
Sazona	0.00	3	24.00	2	1.37 A
Sazona	0.50	0	23.00	2	1.37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Temp2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temp2	24	0.65	0.32	2.46

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		12.83	11	1.17	2.00	0.1246
MadurezCacao		0.17	1	0.17	0.29	0.6027
%Levadura		11.58	2	5.79	9.93	0.0029
%Extracto		0.17	1	0.17	0.29	0.6027
MadurezCacao*%Levadura		0.58	2	0.29	0.50	0.6186
MadurezCacao*%Extracto		0.17	1	0.17	0.29	0.6027
%Levadura*%Extracto		0.08	2	0.04	0.07	0.9315
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...		0.08	2	0.04	0.07	0.9315
Error		7.00	12	0.58		
Total		19.83	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.03226

Error: 0.5833 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	3	32.00	2	0.54 A
Madura	1.00	0	32.00	2	0.54 A
Sazona	1.00	0	31.50	2	0.54 A
Sazona	0.50	3	31.50	2	0.54 A
Sazona	0.50	0	31.50	2	0.54 A
Sazona	1.00	3	31.50	2	0.54 A
Madura	0.50	3	31.50	2	0.54 A
Madura	0.50	0	31.00	2	0.54 A
Madura	0.00	3	30.50	2	0.54 A
Madura	0.00	0	30.00	2	0.54 A
Sazona	0.00	0	30.00	2	0.54 A
Sazona	0.00	3	30.00	2	0.54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Temp3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temp3	24	0.33	0.00	1.81

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		3.83	11	0.35	0.70	0.7213
MadurezCacao		0.17	1	0.17	0.33	0.5744
%Levadura		1.58	2	0.79	1.58	0.2453
%Extracto		0.17	1	0.17	0.33	0.5744
MadurezCacao*%Levadura		0.08	2	0.04	0.08	0.9206
MadurezCacao*%Extracto		0.17	1	0.17	0.33	0.5744
%Levadura*%Extracto		1.08	2	0.54	1.08	0.3694
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...		0.58	2	0.29	0.58	0.5731
Error		6.00	12	0.50		
Total		9.83	23			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.80732

Error: 0.5000 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	0	39.50	2	0.50 A
Madura	0.50	3	39.50	2	0.50 A
Madura	0.50	0	39.50	2	0.50 A
Sazona	1.00	0	39.50	2	0.50 A
Sazona	0.50	3	39.50	2	0.50 A
Sazona	0.50	0	39.00	2	0.50 A
Sazona	0.00	0	39.00	2	0.50 A
Madura	0.00	3	39.00	2	0.50 A
Madura	1.00	3	39.00	2	0.50 A
Sazona	1.00	3	38.50	2	0.50 A
Madura	0.00	0	38.50	2	0.50 A
Sazona	0.00	3	38.50	2	0.50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Temp4

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
Temp4 24 0.19 0.00 1.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.93	11	0.17	0.25	0.9857
MadurezCacao	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
%Levadura	0.58	2	0.29	0.44	0.6555
%Extracto	0.17	1	0.17	0.25	0.6261
MadurezCacao*%Levadura	0.25	2	0.13	0.19	0.8314
MadurezCacao*%Extracto	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
%Levadura*%Extracto	0.58	2	0.29	0.44	0.6555
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.25	2	0.13	0.19	0.8314
Error	8.00	12	0.67		
Total	9.93	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.24162

Error: 0.6667 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	1.00	3	43.50	2	0.58 A
Sazona	0.00	0	43.50	2	0.58 A
Sazona	1.00	3	43.50	2	0.58 A
Sazona	0.00	3	43.00	2	0.58 A
Sazona	0.50	3	43.00	2	0.58 A
Sazona	1.00	0	43.00	2	0.58 A
Madura	0.00	0	43.00	2	0.58 A
Madura	0.50	3	43.00	2	0.58 A
Madura	1.00	0	43.00	2	0.58 A
Madura	0.50	0	43.00	2	0.58 A
Madura	0.00	3	43.00	2	0.58 A
Sazona	0.50	0	42.50	2	0.58 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Temp5

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
Temp5 24 0.31 0.00 2.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.13	11	0.47	0.68	0.8787
MadurezCacao	0.38	1	0.38	0.39	0.5433
%Levadura	0.75	2	0.38	0.39	0.6845
%Extracto	0.38	1	0.38	0.39	0.5433
MadurezCacao*%Levadura	0.75	2	0.38	0.39	0.6845
MadurezCacao*%Extracto	0.38	1	0.38	0.39	0.5433
%Levadura*%Extracto	1.75	2	0.88	0.91	0.4275
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.75	2	0.38	0.39	0.6845
Error	11.50	12	0.96		
Total	16.63	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.88656

Error: 0.9583 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Sazona	1.00	0	47.50	2	0.69 A
Sazona	1.00	3	47.50	2	0.69 A
Madura	0.00	0	47.50	2	0.69 A
Sazona	0.00	0	47.00	2	0.69 A
Sazona	0.50	3	47.00	2	0.69 A
Madura	1.00	3	47.00	2	0.69 A
Madura	0.50	0	47.00	2	0.69 A
Madura	0.50	3	46.50	2	0.69 A
Sazona	0.50	0	46.50	2	0.69 A
Madura	1.00	0	46.50	2	0.69 A
Sazona	0.00	3	46.50	2	0.69 A
Madura	0.00	3	46.00	2	0.69 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Acidez, ceniza y humedad

## Acidez

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>j</sub> CV  
Acidez 24 1.00 0.99 3.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.84	11	0.08	316.09	<0.0001
MadurezCacao	0.17	1	0.17	689.66	<0.0001
%Levadura	0.05	2	0.03	108.43	<0.0001
%Extracto	0.09	1	0.09	377.66	<0.0001
MadurezCacao*%Levadura	0.01	2	4.9E-03	20.40	0.0001
MadurezCacao*%Extracto	0.19	1	0.19	789.59	<0.0001
%Levadura*%Extracto	0.17	2	0.09	361.78	<0.0001
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.15	2	0.08	319.47	<0.0001
Error	2.9E-03	12	2.4E-04		
Total	0.84	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06172

Error: 0.0002 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Sazona	0.00	0	0.93	2	0.01 A
Sazona	0.50	0	0.74	2	0.01 B
Sazona	1.00	3	0.65	2	0.01 C
Sazona	1.00	0	0.49	2	0.01 D
Madura	0.00	3	0.48	2	0.01 D
Madura	0.00	0	0.47	2	0.01 D
Madura	0.50	3	0.43	2	0.01 D E
Madura	1.00	3	0.38	2	0.01 E F
Madura	0.50	0	0.34	2	0.01 F G
Sazona	0.00	3	0.32	2	0.01 F G
Madura	1.00	0	0.32	2	0.01 F G
Sazona	0.50	3	0.29	2	0.01 G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Alcalinidad de Ceniza %

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A <sub>j</sub>	CV
Alcalinidad de Ceniza %	24	0.36	0.00	12.05

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40.63	11	3.69	0.62	0.7833
MadurezCacao	0.02	1	0.02	3.1E-03	0.9563
%Levadura	15.39	2	7.95	1.33	0.3010
%Extracto	5.31	1	5.91	0.99	0.3397
MadurezCacao*%Levadura	0.17	2	0.09	0.01	0.9856
MadurezCacao*%Extracto	3.33	1	3.83	0.64	0.4389
%Levadura*%Extracto	8.32	2	4.46	0.75	0.4951
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	5.28	2	2.94	0.49	0.6232
Error	71.74	12	5.98		
Total	112.37	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.70735

Error: 5.9784 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Madura	0.50	0	22.24	2	1.73 A
Sazona	1.00	0	22.15	2	1.73 A
Sazona	0.50	0	22.09	2	1.73 A
Madura	1.00	3	21.59	2	1.73 A
Madura	1.00	0	19.77	2	1.73 A
Madura	0.50	3	19.58	2	1.73 A
Sazona	1.00	3	19.57	2	1.73 A
Sazona	0.50	3	19.36	2	1.73 A
Sazona	0.00	0	19.19	2	1.73 A
Sazona	0.00	3	19.12	2	1.73 A
Madura	0.00	3	19.11	2	1.73 A
Madura	0.00	0	18.85	2	1.73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A <sub>j</sub>	CV
Humedad	24	0.54	0.13	1.26

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	11	4.9E-03	1.30	0.3270
MadurezCacao	4.2E-06	1	4.2E-06	1.1E-03	0.9740
%Levadura	0.02	2	0.01	2.21	0.1519
%Extracto	0.01	1	0.01	2.24	0.1601
MadurezCacao*%Levadura	4.0E-03	2	2.0E-03	0.53	0.6003
MadurezCacao*%Extracto	2.2E-03	1	2.2E-03	0.59	0.4588
%Levadura*%Extracto	0.02	2	0.01	2.40	0.1326
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	4.6E-03	2	2.3E-03	0.61	0.5615
Error	0.05	12	3.8E-03		
Total	0.10	23			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.01654

Error: 0.7222 gl: 168

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Sazona	0.00	0	4.60	15	0.22 A
Sazona	0.00	3	4.27	15	0.22 A B
Sazona	1.00	3	4.27	15	0.22 A B
Madura	0.50	0	4.13	15	0.22 A B
Sazona	0.50	0	4.00	15	0.22 A B
Sazona	1.00	0	3.67	15	0.22 A B C
Madura	0.00	0	3.67	15	0.22 A B C
Madura	0.00	3	3.60	15	0.22 A B C
Madura	0.50	3	3.60	15	0.22 A B C
Madura	1.00	3	3.53	15	0.22 B C
Sazona	0.50	3	3.40	15	0.22 B C
Madura	1.00	0	2.93	15	0.22 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Sensorial

## Apariencia

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A <sub>j</sub>	CV
Apariencia	180	0.22	0.17	22.33

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34.86	11	3.17	4.39	<0.0001
MadurezCacao	9.34	1	9.34	12.93	0.0004
%Levadura	5.68	2	2.84	3.93	0.0215
%Extracto	0.14	1	0.14	0.19	0.6616
MadurezCacao*%Levadura	8.74	2	4.37	6.05	0.0029
MadurezCacao*%Extracto	0.14	1	0.14	0.19	0.6616
%Levadura*%Extracto	10.68	2	5.34	7.39	0.0008
MadurezCacao*%Levadura*%Ex...	0.14	2	0.07	0.10	0.9049
Error	121.33	168	0.72		
Total	156.19	179			

## Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.24353

Error: 0.0038 gl: 12

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.
Sazona	0.00	3	4.97	2	0.04 A
Madura	0.00	3	4.93	2	0.04 A
Sazona	0.50	3	4.87	2	0.04 A
Madura	1.00	3	4.86	2	0.04 A
Madura	0.50	0	4.85	2	0.04 A
Madura	1.00	0	4.85	2	0.04 A
Sazona	0.00	0	4.84	2	0.04 A
Sazona	1.00	0	4.83	2	0.04 A
Madura	0.00	0	4.83	2	0.04 A
Sazona	1.00	3	4.81	2	0.04 A
Sazona	0.50	0	4.81	2	0.04 A
Madura	0.50	3	4.80	2	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Color

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>1</sub> CV  
 Color 180 0.14 0.03 21.25

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19.93	11	1.81	2.51	0.0059
MadurezCacao	4.05	1	4.05	5.62	0.0189
%Levadura	0.31	2	0.16	0.22	0.8061
%Extracto	4.67	1	4.67	6.48	0.0118
MadurezCacao*%Levadura	2.13	2	1.07	1.46	0.2306
MadurezCacao*%Extracto	2.94	1	2.94	4.08	0.0450
%Levadura*%Extracto	2.98	2	1.49	2.07	0.1299
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	2.84	2	1.42	1.97	0.1462
Error	121.07	168	0.72		
Total	140.99	179			

## Arona

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> A<sub>1</sub> CV  
 Arona 180 0.30 0.25 20.67

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	45.93	11	4.18	6.41	<0.0001
MadurezCacao	20.67	1	20.67	31.73	<0.0001
%Levadura	7.14	2	3.57	5.48	0.0049
%Extracto	2.94	1	2.94	4.51	0.0352
MadurezCacao*%Levadura	4.88	2	2.44	3.74	0.0257
MadurezCacao*%Extracto	0.45	1	0.45	0.69	0.4071
%Levadura*%Extracto	4.01	2	2.01	3.08	0.0487
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	5.83	2	2.92	4.48	0.0128
Error	109.47	168	0.65		
Total	155.39	179			

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.01542

Error: 0.7206 gl: 168

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.	
Madura	0.50	3	4.53	15	0.22	A
Sazona	1.00	3	4.27	15	0.22	A B
Sazona	1.00	0	4.27	15	0.22	A B
Madura	1.00	3	4.13	15	0.22	A B
Sazona	0.50	3	4.13	15	0.22	A B
Sazona	0.00	3	4.13	15	0.22	A B
Sazona	0.00	0	4.07	15	0.22	A B
Sazona	0.50	0	4.00	15	0.22	A B
Madura	0.00	0	3.87	15	0.22	A B
Madura	0.00	3	3.73	15	0.22	A B
Madura	0.50	0	3.53	15	0.22	A B
Madura	1.00	0	3.27	15	0.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.96555

Error: 0.6516 gl: 168

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E.E.	
Sazona	0.00	0	4.87	15	0.21	A
Sazona	0.00	3	4.60	15	0.21	A B
Sazona	0.50	0	4.33	15	0.21	A B C
Madura	0.00	0	4.13	15	0.21	A B C D
Sazona	1.00	0	4.07	15	0.21	A B C D
Sazona	0.50	3	3.93	15	0.21	A B C D E
Madura	1.00	3	3.73	15	0.21	B C D E
Sazona	1.00	3	3.67	15	0.21	B C D E
Madura	0.50	3	3.67	15	0.21	B C D E
Madura	0.50	0	3.53	15	0.21	C D E
Madura	1.00	0	3.27	15	0.21	D E
Madura	0.00	3	3.07	15	0.21	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

## Textura

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
 Textura 180 0.13 0.07 21.66

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18.46	11	1.68	2.32	0.0113
MadurezCacao	1.25	1	1.25	1.73	0.1906
%Levadura	1.08	2	0.54	0.74	0.4765
%Extracto	6.05	1	6.05	8.36	0.0043
MadurezCacao*%Levadura	1.23	2	0.62	0.85	0.4284
MadurezCacao*%Extracto	1.61	1	1.61	2.22	0.1383
%Levadura*%Extracto	1.23	2	0.62	0.85	0.4284
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	6.01	2	3.01	4.15	0.0174
Error	121.60	168	0.72		
Total	140.06	179			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.01766

Error: 0.7238 gl: 168

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E	E
Sazona	0.00	0	4.47	15	0.22	A
Sazona	1.00	0	4.27	15	0.22	A B
Madura	0.50	0	4.20	15	0.22	A B
Sazona	0.50	0	4.13	15	0.22	A B
Madura	1.00	0	4.13	15	0.22	A B
Madura	0.00	3	3.93	15	0.22	A B
Madura	0.50	3	3.93	15	0.22	A B
Sazona	0.50	3	3.87	15	0.22	A B
Sazona	1.00	3	3.80	15	0.22	A B
Sazona	0.00	3	3.53	15	0.22	A B
Madura	0.00	0	3.47	15	0.22	A B
Madura	1.00	3	3.40	15	0.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Sabor

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
 Sabor 180 0.28 0.23 19.53

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40.84	11	3.71	5.95	<0.0001
MadurezCacao	1.09	1	1.09	1.75	0.1882
%Levadura	15.01	2	7.51	12.03	<0.0001
%Extracto	8.89	1	8.89	14.25	0.0002
MadurezCacao*%Levadura	3.81	2	1.91	3.05	0.0498
MadurezCacao*%Extracto	0.20	1	0.20	0.32	0.5720
%Levadura*%Extracto	11.41	2	5.71	9.15	0.0002
MadurezCacao*%Levadura*%Ex	0.43	2	0.22	0.35	0.7071
Error	104.80	168	0.62		
Total	145.64	179			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.94475

Error: 0.6238 gl: 168

MadurezCacao	%Levadura	%Extracto	Medias	n	E	E
Sazona	1.00	3	4.53	15	0.20	A
Madura	1.00	3	4.53	15	0.20	A
Madura	0.50	0	4.47	15	0.20	A
Sazona	0.00	0	4.40	15	0.20	A
Madura	1.00	0	4.40	15	0.20	A
Sazona	1.00	0	4.33	15	0.20	A B
Sazona	0.50	0	4.20	15	0.20	A B C
Sazona	0.00	3	3.93	15	0.20	A B C D
Madura	0.00	0	3.80	15	0.20	A B C D
Madura	0.00	3	3.40	15	0.20	B C D
Sazona	0.50	3	3.33	15	0.20	C D
Madura	0.50	3	3.20	15	0.20	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## ANEXOS

### Recolección de cacao



Anexo# 1



Anexo# 2



Anexo# 3

Proceso de fermentación



Anexo# 4



Anexo# 5



Anexo# 6



Anexo# 7



Anexo# 8



Anexo# 9

Elaboración del chocolate



Anexo# 10



Anexo# 11



Anexo# 12

## Análisis del cacao



Anexo# 13



Anexo# 14



Anexo# 15

Realización de encuesta



Anexo# 16



Anexo# 17



Anexo# 18

## Presupuesto

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total (\$)</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>
<b>Materias primas</b>	Cacao CCN 61	48 Kg	60	1.05
<b>Materiales y equipos</b>				
	Sacos de yute	8	32	4
	Termómetro	1	10.00	10.00
	Refractómetro	1	36.00	36.00
	Tiras de pH	1	4.50	4.50
	Plástico negro	1	6.00	6.00
	Guantes de hule	1	1.75	1.75
	Balanza	1	25.00	25.00
	Agua destilada	2	4	2.00
<b>Total</b>			<b>179.25</b>	