

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN DE CACAO
CRIOLLO (*Theobroma cacao* L) BAJO SISTEMAS ECOEFICIENTES”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autor: Bach. Emérita Chaquila Tineo

Asesor: Mg. Polito Michael Huayama Soplá

JAÉN – PERÚ, ENERO, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día martes 20 de enero del año 2020, siendo las 11:30 am, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Frank Fernandez Rosillo

Secretario: M. Sc. Adam Diaz Ruiz

Vocal: Dr. Manuel Felipe Guevara Duarez, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

() Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

Optimización del Proceso de Fermentación de Cacao Criollo
(Theobroma cacao L.) Bajo Sistemas Ecoeficientes

presentado por estudiante/egresado o Bachiller Emorita Chaguila Tineo
de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (<input checked="" type="checkbox"/>) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Presidente

Secretario

Vocal

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.OBJETIVOS	6
III.MATERIALES Y METODOS.....	7
3.1 Materia Prima.....	7
3.2 Materiales y equipos	7
3.3 Metodología	8
3.3.1 Análisis físico-químicos en la fermentación del cacao criollo.....	11
3.3.2 Análisis sensoriales del licor de cacao.....	12
3.3.3 Análisis del crecimiento poblacional de la <i>saccharomyces cerevisiae</i>	12
3.3.4 Diseño estadístico.....	13
3.3.5 Análisis de datos	14
IV.RESULTADOS.....	15
4.1 Parámetros físico-químicos.....	15
4.2 Análisis sensoriales del licor de cacao.....	17
4.3 Resultados del crecimiento poblacional de la <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	18
4.4 Sistemas ecoeficiente más óptimo para obtener una buena fermentación.....	19
V. DISCUSIONES	27
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
AGRADECIMIENTO.....	33
DEDICATORIA.....	34
ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diseño de bloques completamente al azar.</i>	14
Tabla 2 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones.</i>	21
Tabla 3 <i>Prueba Tukey para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones ...</i>	22
Tabla 4 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de la fermentación del cacao en cajones</i>	22
Tabla 5 <i>Prueba Tukey para el pH de la fermentación del cacao en cajones</i>	23
Tabla 6 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez % de la fermentación del cacao en cajones</i>	23
Tabla 7 <i>Prueba Tukey para la acidez de la fermentación del cacao en cajones</i>	24
Tabla 8 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones.</i>	24
Tabla 9 <i>Prueba Tukey los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones</i>	24
Tabla 10 <i>Análisis de varianza (ANOVA) del análisis sensorial del cacao</i>	25
Tabla 11 <i>Prueba Tukey para los cajones del análisis sensorial del cacao</i>	25
Tabla 12 <i>Prueba Tukey para las categorías del análisis sensorial del cacao</i>	26
Tabla 13 <i>Resultados de los análisis físico-químicos en el fermentador cuadrado.</i>	41
Tabla 14 <i>Resultados de los análisis físico-químicos en el fermentador semicilíndrico.</i>	41
Tabla 15 <i>Resultados de los análisis físico-químicos en el fermentador Rectangular.</i>	41
Tabla 16..... <i>Resultados del crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae del día 1.</i>	42
Tabla 17... <i>Resultados el crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae durante la fermentación del día 3.</i>	42
Tabla 18... <i>Resultados el crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae durante la fermentación del día 5.</i>	42

Tabla 19 <i>Resultados el crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae durante la fermentación del día 7.</i>	42
Tabla 20 <i>Análisis de varianza ANOVA para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones</i>	49
Tabla 21 <i>Prueba Tukey para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones</i> .	49
Tabla 22 <i>Comparaciones múltiples para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones</i>	50
Tabla 23 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de la fermentación del cacao en cajones</i>	50
Tabla 24 <i>Prueba Tukey para el pH de la fermentación del cacao en cajones</i>	51
Tabla 25 <i>Comparaciones múltiples para el pH de la fermentación del cacao en cajones</i> .	51
Tabla 26 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez de la fermentación del cacao en cajones</i>	52
Tabla 27 <i>Prueba Tukey para la acidez de la fermentación del cacao en cajones</i>	52
Tabla 28 <i>Comparaciones múltiples para la acidez de la fermentación del cacao en cajones</i>	53
Tabla 29 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones</i>	53
Tabla 30 <i>Prueba Tukey los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones</i>	54
Tabla 31 <i>Comparaciones múltiples para la acidez de la fermentación del cacao en cajones</i>	54

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> cajón de madera cuadrado..	8
<i>Figura 2</i> Cajón de madera semicilíndrico.....	8
<i>Figura 3</i> Cajón de madera rectangular.....	8
<i>Figura 4</i> Flujograma para la obtención de licor de cacao	10
<i>Figura 5</i> Medias marginales de temperatura	15
<i>Figura 6</i> Medias marginales estimadas de la acidez.....	16
<i>Figura 7</i> Medias marginales estimadas del pH.....	16
<i>Figura 8</i> Medias marginales estimadas de los grados Brix.....	17
<i>Figura 9</i> Gráfico radial de las categorías evaluadas por los catadores de la Cooperativa Sol&Café.....	18
<i>Figura 10</i> Crecimiento de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (UFC/g) determinados en los días de fermentación de los granos de cacao contenidos en cajones de madera.....	19
<i>Figura 11</i> Fermentación del cacao en el cajón semicilíndrico.....	20
<i>Figura 12</i> Fermentación del cacao en el cajón cuadrado.....	20
<i>Figura 13</i> Fermentación del cacao en el cajón rectangular.....	21
<i>Figura 14</i> Grafico radial de las categorías evaluadas por el catador para el cajón cuadrado.....	43
<i>Figura 15</i> Gráfico radial de las categorías evaluadas por el catador para el cajón semicilíndrico	43
<i>Figura 16</i> Gráfico radial de las categorías evaluadas por el catador para el cajón rectangular	44

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar cuál de los tres sistemas ecoeficientes es el más óptimo para obtener una buena fermentación de cacao para lo cual se utilizó tres cajones de madera (cuadrado con dimensiones 20x20x10 cm, semicilíndrico 30x20x10 cm y rectángulo 20x10x20 cm) en la cual se depositó 3 kg de cacao en cada cajón y se inició con el fermentado por 7 días, se realizó la remoción a partir del tercer día cada 24 horas hasta concluir; los análisis físico-químicos realizados fueron: Brix, pH, acidez, temperatura y microbiológicos, luego se secó las muestras a temperatura ambiente hasta obtener el 7 % de humedad, después se realizó el tostado, descascarillado, molido y se llevó a la canchadora donde se obtuvo el licor de cacao realizándose los análisis organolépticos, los datos obtenidos fueron procesados según el software Spss, concluyendo que el mejor fermentado de cacao que reúne las condiciones de calidad de exportación fue el cajón de madera semicilíndrico fermentado por 7 días con un Brix 0, pH 4.54, acidez 0.32 y con 99 ufc/g de *saccharomyces cerevisae*.

Palabras clave: Fermentación del cacao criollo, sistemas ecoeficientes.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine which three eco-efficient systems are the most optimal to obtain a good cocoa fermentation for what is considered three wooden boxes (square with dimensions 20x20x10 cm, semi-cylindrical 30x20x10 cm and rectangle 20x10x20 cm) in the which 3 kg of cocoa was deposited in each drawer and was carried out with the fermented one for 7 days, the removal was carried out from the third day every 24 hours until concluding; The physical-chemical analyzes were: Brix, pH, acidity, temperature and microbiological, then the samples of room temperature were dried until obtaining 7% humidity, then roasting, husking, grinding was carried out and taken to the court where The cocoa liquor was obtained by performing the organoleptic analyzes, the data obtained were processed according to the Spss software, concluding that the best fermented cocoa that meets the conditions of export quality of fuel the drawer of semi-cylindrical wood fermented for 7 days with Brix 0, pH 4.54, acidity 0.32 and with 99 cfu / g saccharomyces cerevisae.

Keywords: Fermentation of Creole cocoa, eco-efficient systems.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao es un alimento que posee atributos sensoriales y organolépticos que dependen de procesos de poscosecha. Este proceso puede afectar el perfil sensorial, sobre las reacciones fisicoquímicas, en la calidad del producto final (Gómez, 2018). A nivel mundial el Perú posee el 60% de todas las variedades originarias, su producción anual es de un 93% según (Mendoza, 2019). Nuestro cacao (*Theobroma Cacao L*) se ha convertido en uno de los productos peruanos de mayor calidad mundial al igual que el café. El cacao peruano ha recibido premios internacionales en los últimos años, ha sido catalogado como uno de los mejores del mundo. (PROMPERÚ, 2019).

El grano de cacao es un ingrediente esencial en la preparación de varios alimentos, es considerado como uno de los sabores y aromas de mayor preferencia por la humanidad. Sus cotiledones contienen minerales como: Fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, hierro, cobre, zinc, entre otros. Es una fuente importante de proteína del 11 al 16%, presenta metilxantinas compuestos que le confieren un pequeño poder estimulante y ricas en flavonoides (Gutiérrez, Leiva, & Ramirez, 2019). En el año 2010 “La Asociación de Productores de Playa Grande” Jaén, región Cajamarca, fue reconocida por su excelente producción de cacao de alta calidad y fino aroma, que ha logrado ser considerado como el mejor de nuestro País (INFOREGION, 2010).

La fermentación es una fase indispensable en el beneficio del cacao en donde se desarrolla el aroma y sabor a chocolate. Esta etapa puede ser afectada por el tiempo de almacenamiento, el desgrane, método de fermentación, tipo de fermentador, frecuencia de remoción (Loayza, 2014).

El tiempo de fermentación está relacionado con el tipo de cacao. El cacao criollo fermenta de 2 a 3 días el forastero y trinitario de 5 a 7 días. En la fermentación participan microorganismos, actúan primeramente las levaduras, posteriormente las bacterias lácticas y finalmente las bacterias acéticas (Wachert, 2011).

Morales *et al* (2016), investigó el mejoramiento de características físico-químicas y sensorial en cacao con adición de enzimas PPO (polifenol oxidasa) y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Las variables estudiadas fueron prueba de corte aroma, sabor, porcentaje de fermentación, porcentaje de acidez, humedad y pH. La fermentación se realizó en 5 y 7 días en cajas de madera a temperaturas de 31°C a 46 °C. Los resultados indicaron que la adición de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y el PPO mejoran las características físicas-químicas y sensoriales .

De Fariñas (2013), evaluó cacao fermentado en cajones cuadrados y rectangulares el cajón cuadrado presentó menor acidez que el cajón rectangular. Los resultados fueron de intensidad aromática, con una menor acidez. La frecuencia de remoción cada 24 horas reflejo menor amargor, el tiempo de fermentación óptimo fue de 48 y 72 horas. Estos resultados permiten recomendar que el cacao, se debe fermentar en cajones cuadrados, con una remoción cada 24 horas, y un tiempo de fermentación de 72 horas.

Gaibor (2010), determinó el efecto de dos diseños de cajas construidos con tres tipos de madera en los cambios físicos, químicos y organolépticos en el proceso fermentativo de los granos de cacao, utilizó madera como: Laurel, Caña Guadua y Guayacán. Los resultados donde se tuvo una buena fermentación fueron en la caja cuadrada de laurel y en caja rectangular de caña.

Loayza (2014), evaluó la influencia del tipo de cacao, fermentación, frecuencia de remoción, las variedades criollos y forasteros fueron fermentados con remoción de 24 y 48 horas. El secado se hizo en 4 días. Los resultados revelaron que el cacao criollo presentó alta humedad de 5,02 %, acidez 0,73 grasa 54,4% y proteína 16,2%.

Arteaga (2016), definió los estándares de post cosecha para el cacao criollo en la Cooperativa CEPROAA, con un estudio de microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación y su relación con el grano fermentado. Los resultados que obtuvo fueron que las levaduras tienen su máxima participación hasta el tercer día y luego disminuye la flora de hongos filamentosos y levaduras desarrolladas durante la fermentación de cacao (clones criollo y forastero), identificaron un total de 38 cepas de levaduras; esta fase se desarrolló durante los dos primeros días de fermentación aislándose las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, *S. chevalieri* y *S. microellipsoideus*, los hongos filamentosos iniciaron su desarrollo al final de la fase alcohólica.

Camacho (2014), estudió la influencia del porcentaje del clon CCN51 en las características físico-químicas y organolépticas donde tuvo como resultado que el fermentado del cacao debe tener la temperatura mínima de 47 un máximo de 50,47, pH de 4,79 a 4.08 y una acidez titulable del cotiledón de 0,18 a 0,21 g ácido acético.

Nogales (2007), estudió la fermentación del cacao con un fermentador con dimensiones la altura de 90 cm y el ancho 1,20 cm dimensiones recomendadas para que se pueda manejar la masa de cacao fácilmente. En el fondo las cajas debe haber agujeros o tablillas con una separación de 0,5 cm que permitir el escurrimiento del mucílago y la aireación. El sistema de cajas debe estar separado del piso aproximadamente entre 15 y 20 cm.

Fernández *et al* (2012), evaluaron cuatro tipos de fermentadores: Saco de yute, montón, caja de madera y tina plástica, con una capacidad de 60 kg y un tiempo de fermentación de 2 a 5 días. El diseño fue de bloques completos al azar en arreglo factorial. Los resultados mostraron que el tiempo de fermentación a diferencia del tipo de fermentador, tuvo influencia sobre las variables físico- químicas.

Espinoza (2011), realizó la fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo criollo en diferentes tipos de fermentadores en sector la unión río negro. Determinó que el cajón de madera resultó como el tipo de fermentador más adecuado, sin embargo, por las características químicas obtenidas en el cacao y por razones de uso práctico, los tres tipos de fermentadores resultaron eficientes en el proceso fermentativo, ya que se alcanzaron temperaturas e índices de fermentación apropiada.

Gutiérrez (2012), evaluó factores en la fermentación: Frecuencia de remoción (FR), tiempo de fermentación (TF). La metodología consistió en un diseño estadístico de parcelas, se estudiaron FR, TF en cuatro repeticiones, evaluándose parámetros físicos químicos. Para la fermentación se emplearon cajones cuadrados y rectangulares. La FR de 24 y 120 horas. El TF de 72 y 96 horas y las temperaturas de 46,19 y 46, 34°C. Los resultados permitieron recomendar que se debe fermentar en cajones cuadrados, con una remoción de 24 y 48 horas y un TF de 72 horas.

Vargas *et al* (2013), evaluó dos tipos de fermentadores cajones de madera y cestas plásticas en tres frecuencias de remoción: FR1: 24, 48, 72 y 96 horas; FR2: 24 y 48 horas y FR3: 48 y 96 horas, se utilizó cacao Trinitario fermentados en 5 días y secadas en 5 días. Se estudió el contenido de humedad, cenizas, pH, acidez titulable, y la prueba de corte se realizaron en

el grano fermentado. Los resultados revelaron que las características físicas no variaron en los factores estudiados. El mayor grado de fermentación se obtuvo en una remoción de 24 horas con un 86% de granos fermentados. Los cajones de madera y las cestas plásticas mostraron el 84% y 83%, observándose diferencias en la acidez. Se concluye que el uso de las cestas plásticas, por su bajo costo, durabilidad, operatividad y el adecuado manejo pudiese ser considerado como una recomendación para lograr un buen fermentado.

Graziani de Fariñas *et al* (2009), evaluaron los frutos de 5 días de la recolección sin remover la masa fermentante (semilla y pulpa) removiéndola cada 24 y 48 horas para determinar cómo afecta el almacenamiento del fruto previo a la fermentación y la frecuencia de remoción de la masa a las características químicas del grano. En conclusión, el almacenamiento del fruto antes del desgrane y la frecuencia de remoción de la masa fermentante afectaron las características químicas del grano en fermentación.

Nogales (2006), evaluó la fermentación realizada por 5 días en cajones cuadrados, rectangulares de madera y el secado por 5 días con 6 horas diarias de exposición al sol en un patio de cemento. Los resultados revelaron un incremento de la temperatura los parámetros del color aumentaron le corresponde al cacao fermentado en el cajón cuadrado. En conclusión, las características químicas variaron en función del tiempo de secado y del diseño del fermentador.

Meza (2016), evaluó fermentadores cajones cuadrados y trapezoidales; realizaron un análisis fisicoquímico de los granos. Él estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del diseño de la caja de madera cuadrado y trapezoidal en la fermentación de cacao. Los resultados revelaron que el diseño del cajón influye en la temperatura en el proceso de fermentación el cajón cuadrado la temperatura máxima es de 44°C a 96 horas de fermentación. La temperatura no alcanzó los 50°C para una buena fermentación, debido que la masa usada aproximadamente 5 Kg y la altura 20 cm son muy pequeños haciendo que la temperatura no se incremente durante los primeros días, ocasionando una fermentación butírica, que fue percibido por el olor desagradable en los granos.

El contenido de azúcar es fundamental para que los microorganismos especializados realicen la fermentación alcohólica, que es el primer paso durante el beneficio del cacao. El contenido para que ocurra una correcta fermentación es de 16 a 20°Brix en los cacaos criollos y trinitarios (Coexca , 2011).

Los productores del Distrito de Bellavista-Jaén tienen un bajo interés en la mejora de los parámetros en la fermentación del cacao (*Teobroma Cacao* L), ellos fermentan su producto basándose en suposiciones artesanales para obtener un fermentado en buenas condiciones. Los mejores parámetros óptimos que deben utilizarse al momento de fermentar se deben adecuar al tipo de fermentador para obtener un producto final de calidad.

En las zonas cacaoteras de la provincia de Jaén, los tipos de fermentadores más utilizados son: Cajones cuadradas de madera y sacos de yute su uso depende del hábito de cada productor en el proceso de fermentación. En el presente trabajo se investigó tres tipos de fermentadores (cajón de madera cuadrado, semicilíndrico y rectangular), con el propósito de escoger el más conveniente para el proceso de fermentación.

II.OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Determinar cuál de los tres sistemas ecoeficientes es el más óptimo para obtener una buena fermentación de cacao Criollo (*Theobroma cacao* L).

2.2. Objetivo Específico

- Realizar análisis físicoquímicos en la fermentación de cacao criollo (*Theobroma Cacao* L).
- Evaluar las características sensoriales en el licor de cacao criollo (*Theobroma Cacao* L) fermentado.
- Determinar el crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del cacao criollo (*Theobroma Cacao* L).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materia Prima

Se utilizó Cacao criollo (*Theobroma Cacao* L) procedente del distrito de Bellavista, provincia de Jaén, Región Cajamarca con una altitud media de 421 m.s.n.m.

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Material de laboreo.

- Bandeja de plástico
- Cajón de madera cuadrado dimensiones 20x20x10 cm
- Cajón de madera rectangular dimensiones 30x20x10 cm
- Cajón semicilíndrico de madera dimensiones 20x10x20 cm

3.2.2 Equipos de laboratorio.

- Autoclave
- Refractómetro
- Estufa

3.2.3 Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitación
- Termómetro
- Soporte universal
- Placas Petri

3.2.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Solución de fenolftaleína 0.1%.

3.3 Metodología

- Se trasladó los frutos de cacao cosechado proveniente del distrito de Bellavista a las instalaciones de la Universidad Nacional de Jaén.
- Se seleccionó a los frutos de acuerdo a su estado de madurez y características físicas en el Laboratorio de Tecnología De Alimentos de la Universidad Nacional de Jaén.
- Se quebró los frutos para retirar las almendras.
- Se pesó en la balanza analítica 3 kg de almendra.
- Luego se depositó en los cajones de madera cuadrado, semicilíndrico y rectangular para dar inicio a la fermentación (Ver figura 1,2 y 3).



Figura 1 cajón de madera cuadrado.



Figura 2. Cajón de madera semicilíndrico.



Figura 3. Cajón de madera rectangular.

- Se controló durante los 7 días de fermentado los parámetros fisicoquímicos: Brix, pH y temperatura, acidez y el análisis microbiológico se realizó durante los días (0, 3, 5 y 7) para ver el crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación.
- Luego se realizó la prueba de corte con un bisturí partiendo las almendras por la mitad para ver el avance del fermentado.
- La remoción se dio cada 24 horas hasta completar los 7 días de fermentación.
- Se realizó el secado artesanal colocando las almendras fermentadas sobre bandejas a temperatura ambiente por 4 días removiendo cada 2 horas.
- Las muestras secas fueron trasladadas a la Cooperativa Sol&Café en la cual se procedió al tostado utilizando la maquina marca (Probat). luego se realizó la molienda utilizando el molino (Bung G3 Hd), posteriormente se lleva a la conchadora obteniendo licor de cacao, el cual fue analizado mediante 3 catadores entrenados certificados para determinar la calidad sensorial mediante el análisis organoléptico.

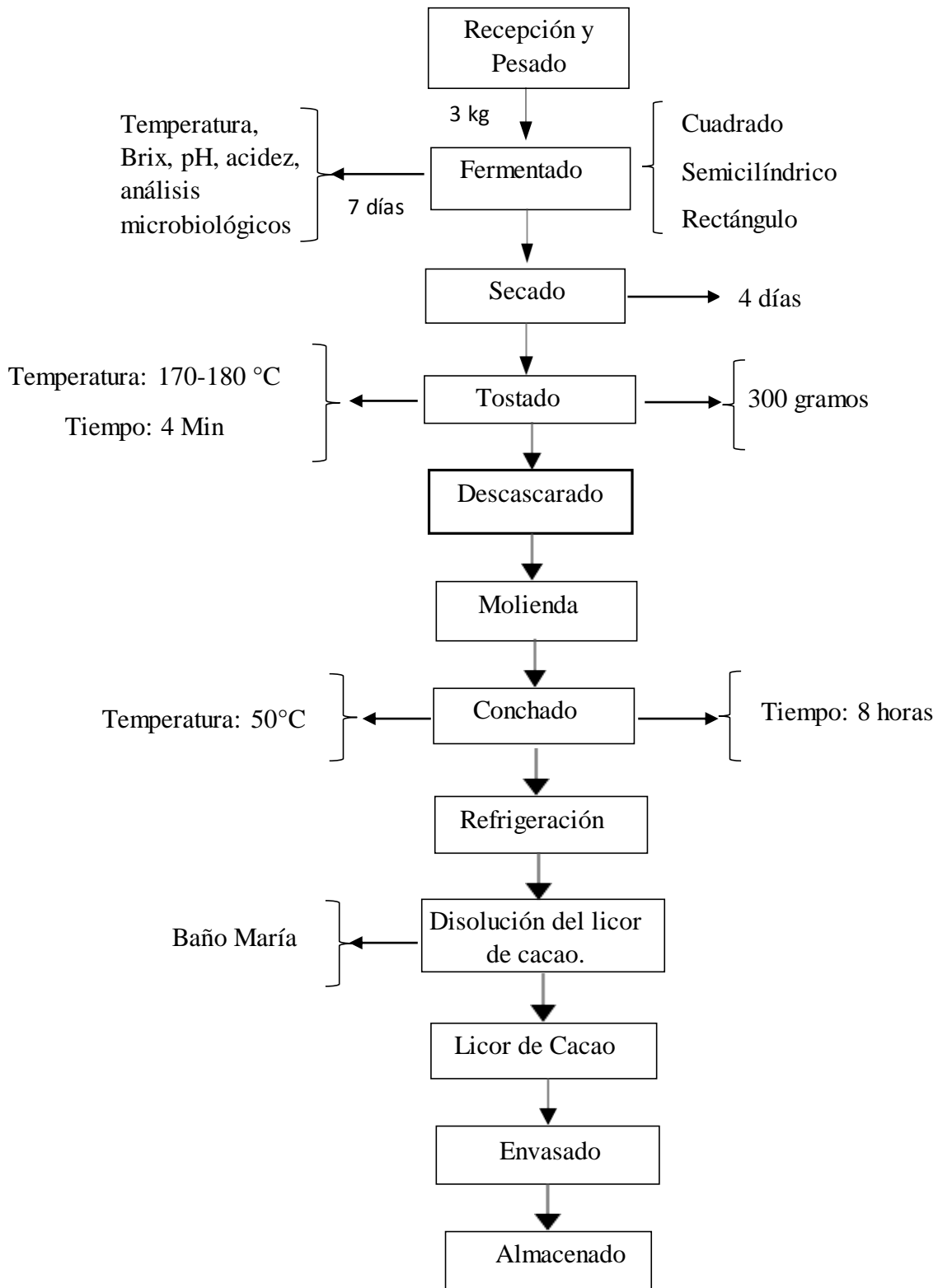


Figura 4. Flujograma para la obtención de licor de cacao

3.3.1. Análisis físico-químicos en la fermentación del cacao criollo

▪ **Determinación de sólidos solubles**

- ❖ Método: Refractómetro AOAC (2007) 968.10.

Se succionó la miel de la almendra, se colocó en el Brixómetro (de 0-30°Brix) para medir la cantidad de azúcar.

▪ **Determinación de pH**

- ❖ Método: Potenciométrico AOAC (2007) 970,21

- ❖ Se pesó 5 g de muestra, se trituró en mortero de porcelana se agregó 20 ml de agua destilada finalmente se llevó al potenciómetro para medir el pH.

▪ **Determinación de acidez total**

- ❖ Método: AOAC (2007) 942,15

- ❖ Se pesó 20 g de muestra, luego se trituró en un mortero de porcelana, se diluyó en un vaso de precipitación de 200 mL y se enrazó con agua destilada, se agitó y se filtró. Posteriormente se succionó 25 mL en 3 matraces erlen meyer, luego se midió 20 mL de agua destilada en una probeta y se añade a tres matraces. Añadimos tres gotas de fenolftaleína y finalmente se titula hasta el color rosa tene

Se calculó el porcentaje de acidez titulable con la siguiente formula:

$$\% \text{Acidez} = V * N * F.D * F.E * M * 100\%$$

Dónde:

$\% \text{Acidez} = \text{Acidez titulable (\% ac. Acético)}$

V = Volumen gasto (ml) de la solución NaOH

N= Normalidad de la solución de NaOH

F.D = Factor de dilución de la muestra.

F.E = Meq- ác. Acético

M = Peso de la muestra

- **Determinación de humedad.**

- ❖ Método: Gravimétrico

Se pesó la placa petri vacía y se anotó el peso, luego se pesó 5 g de muestra y se llevó a la estufa a 63 °C por 8 horas. Después de las ocho horas se retira una placa y se deja un desecador hasta enfriar para registrar su peso y se registra.

Posteriormente se volvió a dejar en la estufa y se controló 30 minutos. Finalmente se registró el último peso (peso constante) y se determinó el porcentaje de humedad.

- **Prueba de corte.**

- ❖ Se realizó para ver un buen fermentado de las almendras (Según tabla propuesta por NTC) mediante un corte convencional, con un bisturí a los granos de cacao y después se colocó en una mesa para comparar.

3.3.2 Análisis sensoriales del licor de cacao

Se evaluó en catación: El aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, y sabor del licor de cacao con 3 catadores expertos de la Cooperativa Sol&Café, según la ficha de catación (ver anexo).

3.3.3 Análisis del crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisae*

- ❖ Método: Norma oficial mexicana (NOM-070-SCFI-1994).

Se pesó 10 gramos de la muestra, luego se colocó en un matraz de 250 ml de capacidad, después se agregó 90 ml de agua peptonada y homogenizo por 30 segundos. Se preparó diluciones 10^{-2} y 10^{-3} con 9 ml de agua peptonada en tubos de ensayo y se agregó 1ml de muestra de la dilución madre. Posteriormente se pipeteo por duplicado en placas Petri, alícuotas de 1ml de las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} . Después se vertió el agar saboraud sobre la muestra a temperatura de 44°C a 46°C, acto seguido se mezcló el inculo con el medio fundido con movimientos de vaivén.

Se dejó solidificar el agar, y se invirtió las placas e incubo a 22-24°C durante 3 a 5 días, pasado ese tiempo con ayuda del contador de colonias, se contó las colonias en aquellas placas que contengan entre 30 a 300. Se calculó el número de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de *Saccharomyces cerevisiae*, multiplicando el número de colonias de las placas por el factor de la dilución.

3.3.4 Diseño estadístico

Se utilizó el diseño estadístico diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Con arreglo factorial de 3Ax3B con 9 tratamientos y 3 repeticiones, las variables estudiadas son las siguientes (ver Tabla 1).

- **Variables Independientes.**

- ❖ Sistemas ecoeficientes (cajón cuadrado, cajón rectangular y cajón semicilíndrico de madera).
- ❖ Tiempo de fermentación (3, 5 y 7 días).
- ❖ Frecuencia de remoción (72, 108 y 144 horas).

- **Variable Dependiente.**

- ❖ Calidad del cacao (*Theobroma cacao L*) fermentado bajo sistemas ecoeficientes.

Tabla 1

Diseño de bloques completamente al azar.

Variables	Días								
	3			5			7		
Horas de remoción	72	72	72	108	108	108	144	144	144
Bloques	F1= Cajón de madera cuadrado. F2= Cajón de madera semicilíndrico F3= Cajón de madera rectangular								
Tiempo a Fermentar	F1= 3, 5 y 7 F2= 3, 5 y 7 F3 = 3, 5 y 7 Días								

3.3.5 Análisis de datos

Se realizó el ANOVA de los datos de la fermentación y la prueba Tukey usando el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

IV.RESULTADOS.

4.1 Parámetros físico-químicos.

▪ Temperatura.

Se observa en la figura 5, que mientras pasan los días la temperatura va aumentando en la fermentación y que está dentro del límite 30-50 °T.

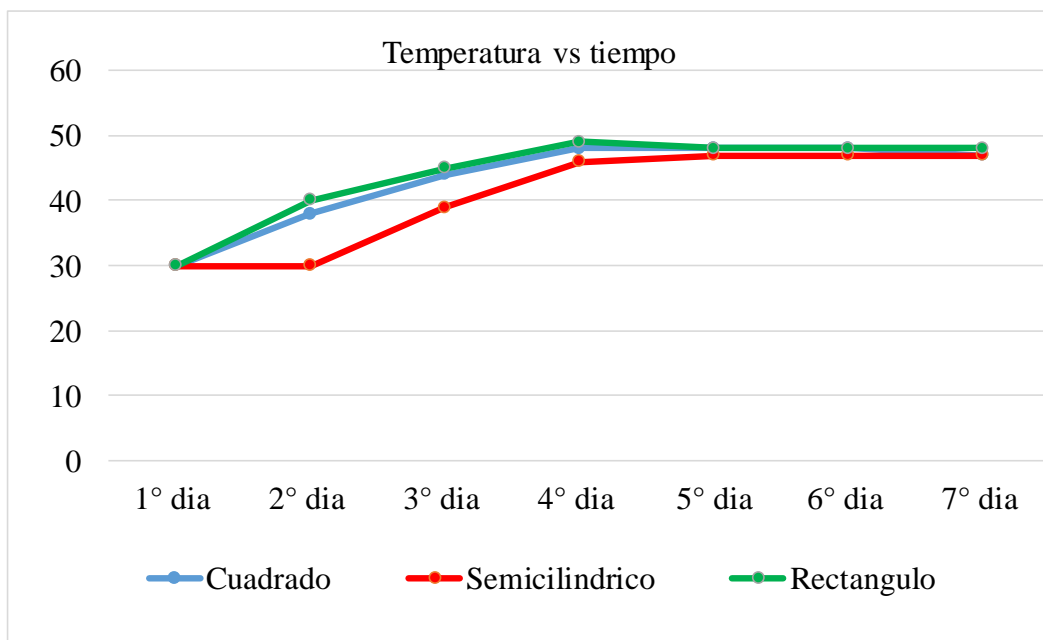


Figura 5. Medias marginales de temperatura.

- **Acidez**

Se observa en la figura 6, que mientras pasan los días la acidez va aumentando durante la fermentación, y que en el día 7 llevo a una acidez 0.34 %.

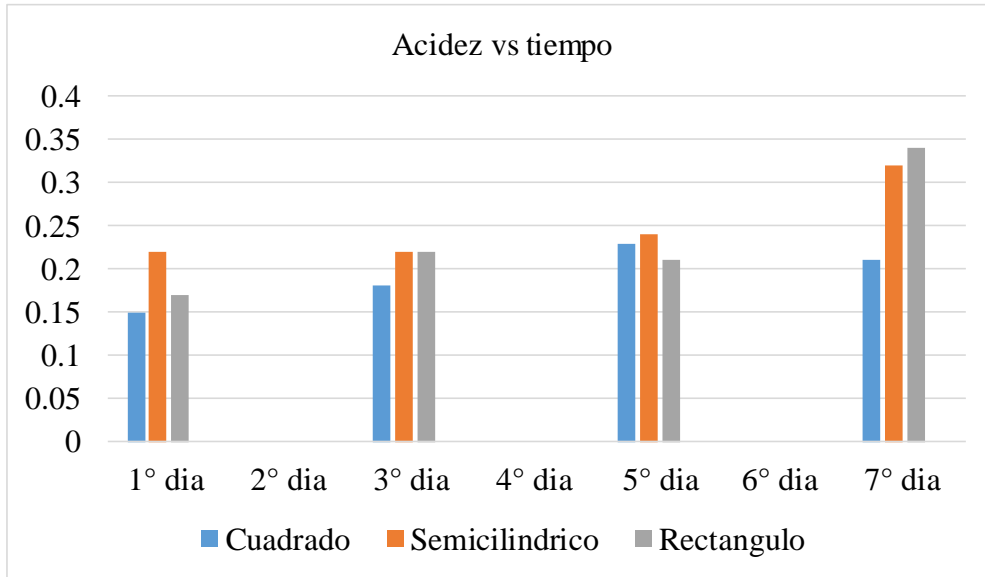


Figura 6 Medias marginales estimadas de la acidez.

- **pH**

Se observa en la figura 7, que mientras pasan los días el pH va disminuyendo durante la fermentación.

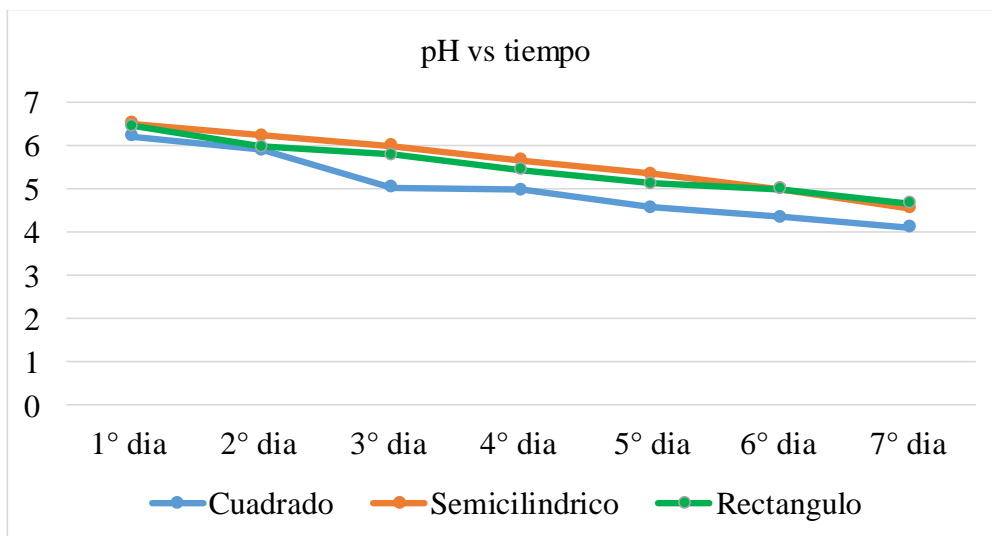


Figura 7. Medias marginales estimadas del pH.

- **Brix**

Se observa en la figura 8, que mientras pasan los días los grados Brix va disminuyendo durante la fermentación.

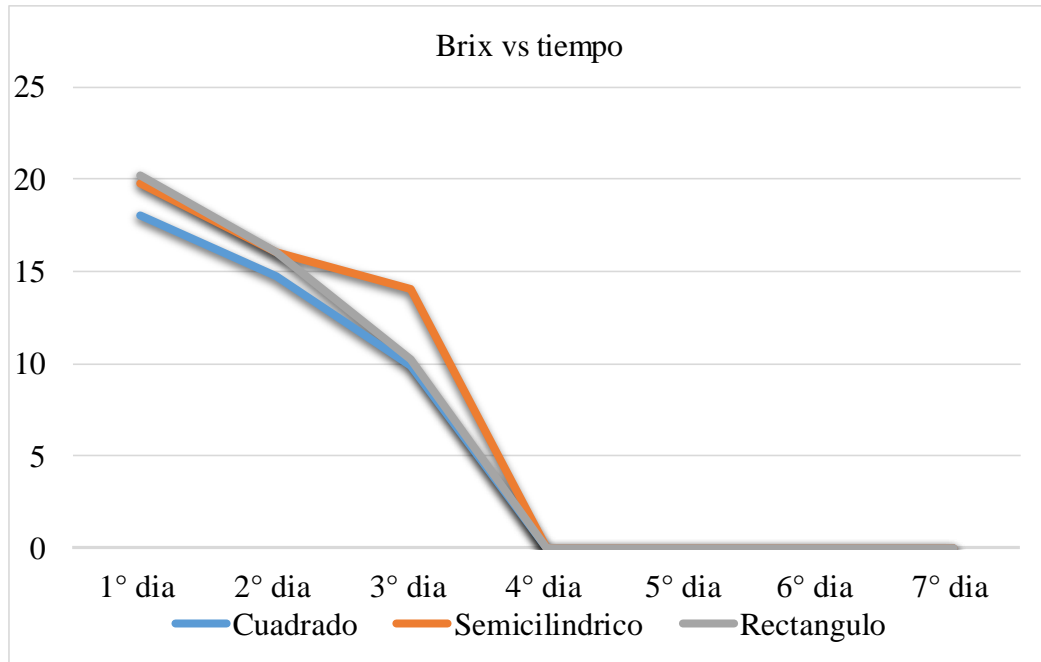


Figura 8. Medias marginales estimadas de los grados Brix.

4.2 Análisis sensoriales del licor de cacao.

Se analizó el perfil sensorial donde se interpretó, que hay diferencias significativas en los 3 sistemas ecoeficientes como se observa en la figura 9. El cajón semicilíndrico destaca un alto puntaje en el sabor y aroma a diferencia de los sistemas ecoeficientes cuadrado y rectangular, los atributos astringencia, acidez, amargor, defectos y pos gusto tienen un bajo puntaje en los análisis sensoriales realizados.

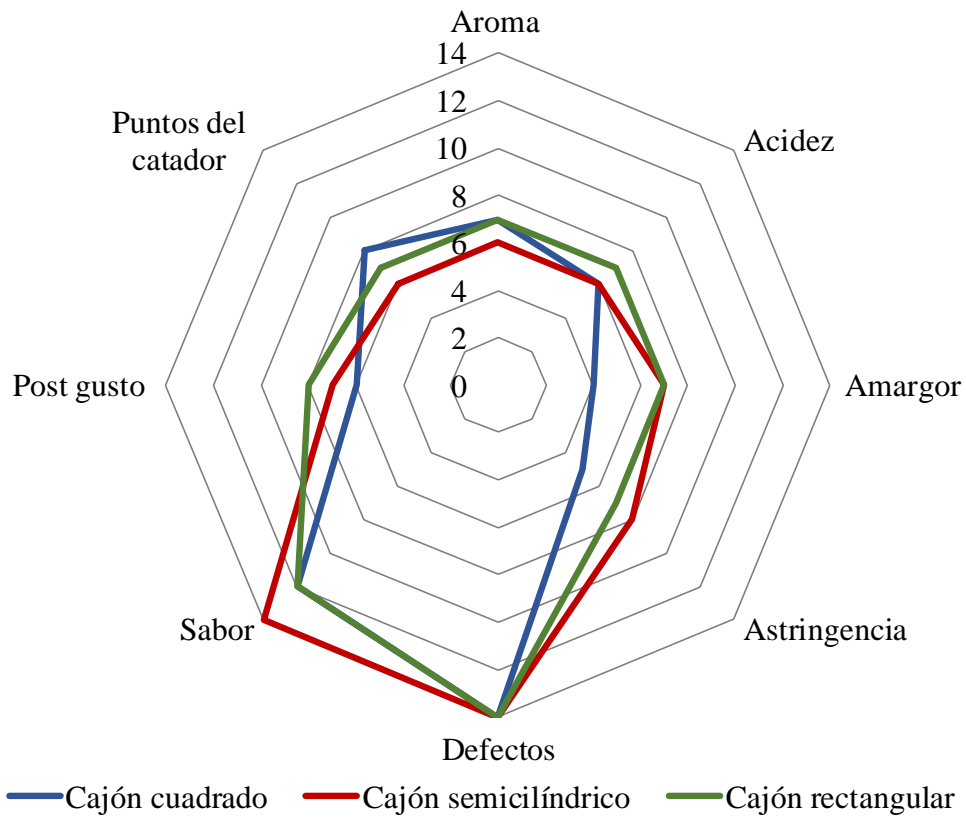


Figura 9. Gráfico radial de las categorías evaluadas por los catadores de la Cooperativa Sol&Café.

4.3 Resultados del crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae*.

Se observa en la figura 10, el crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del cacao, que al pasar el tiempo van disminuyendo la población de las levaduras poco a poco.

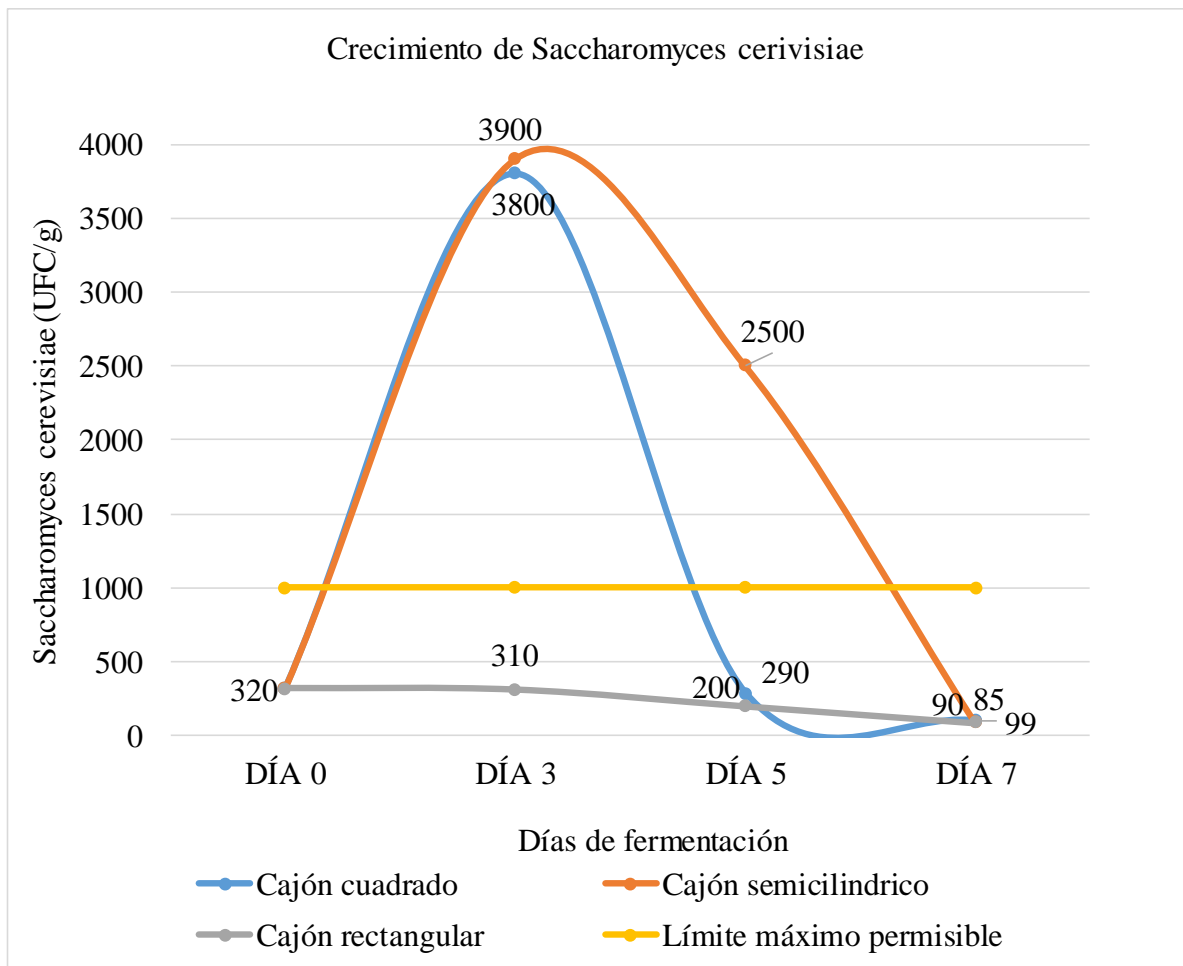


Figura 10. Crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (UFC/g) determinados en los días de fermentación de los granos de cacao contenidos en cajones de madera.

4.4 Sistemas ecoeficiente más óptimo para obtener una buena fermentación.

Los resultados para obtener una buena fermentación de cacao criollo (*Theobroma Cacao* L), el mas adecuado fue el semicilindrico donde se obtuvo los siguientes analisis fisicoquimicos del dia 7: Brix 0, pH 4.54, acidez 0.32, temperatura 47 y humedad 35,43%

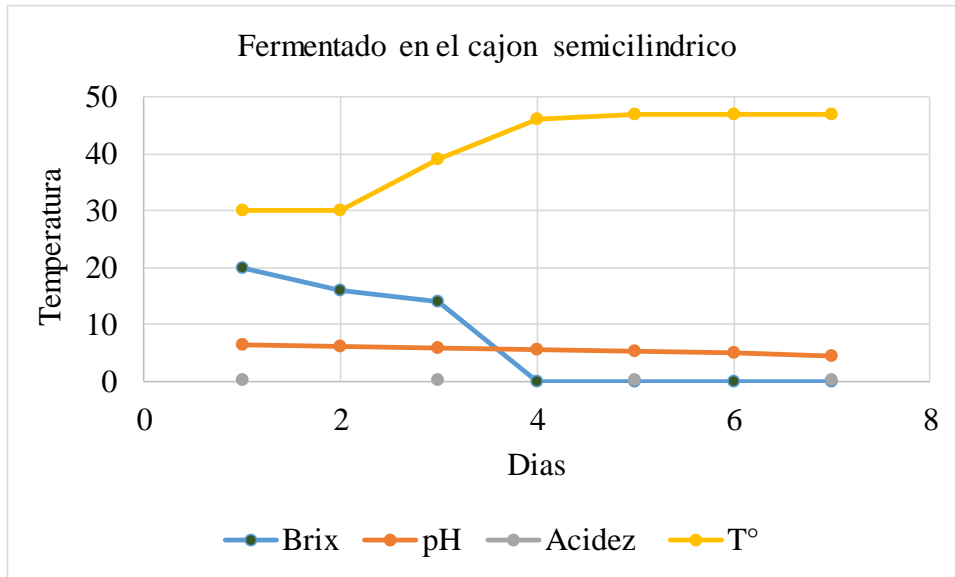


Figura 11. Fermentación del cacao en el cajón semicilíndrico.

En la figura 11, se muestra la fermentación del cacao en el cajón semicilíndrico, donde se observa que la temperatura va aumentando, a la acidez igualmente, en cambio el pH y los grados Brix disminuyen.

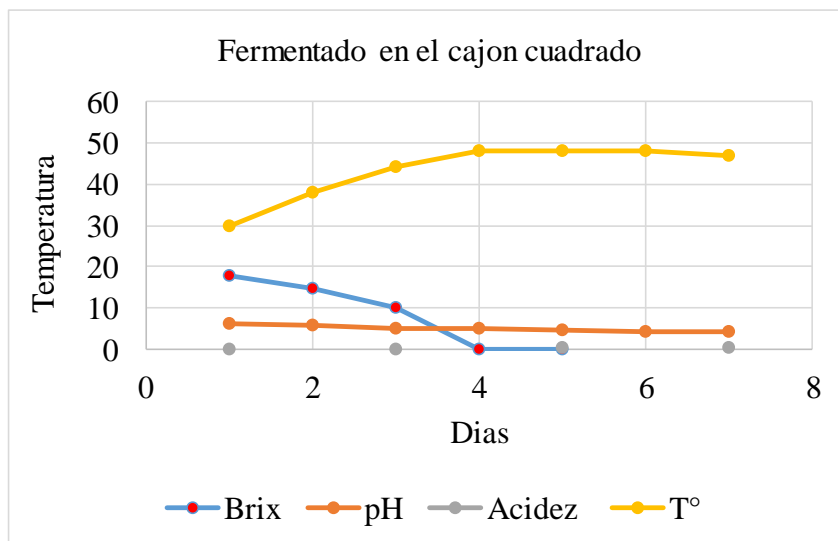


Figura 12. Fermentación del cacao en el cajón cuadrado.

En la figura 12, se muestra la fermentación del cacao en el cajón cuadrado donde se observa que la temperatura va aumentando, a la acidez igualmente en cambio el pH y los grados Brix disminuyen.

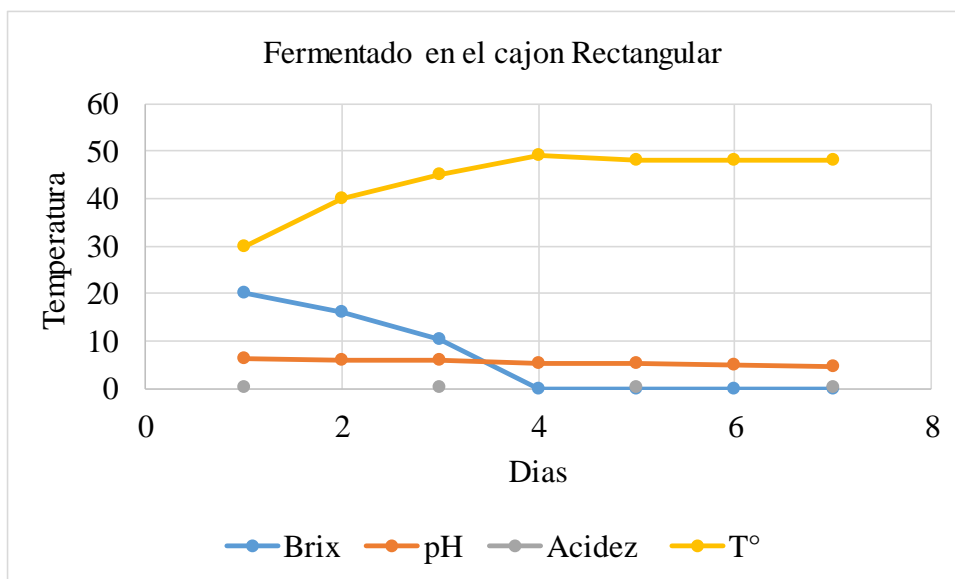


Figura 13. Fermentación del cacao en el cajón rectangular.

En la figura 13, se muestra la fermentación del cacao en el cajón rectangular se observa que la temperatura va aumentando, a la acidez igualmente en cambio el pH y los grados Brix disminuyen.

Tabla 2

Análisis de varianza (ANOVA) para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	89.175	2	44.587	46.817	0.000
Días	2853.873	6	475.646	499.428	0.000
Cajón * Días	112.603	12	9.384	9.853	0.000
Error	40.000	42	0.952		
Total	117102.000	63			
Total corregido	3095.651	62			

a. R al cuadrado = 0.987 (R al cuadrado ajustada = 0.981).

Tabla 3

Prueba Tukey para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Semicilíndrico	21	40.86	
Cajón Rectangular	21		43.38
Cajón Cuadrado	21		43.38
Sig.		1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.952

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 21; b. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 4

Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de la fermentación del cacao en cajones

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	2.083	2	1.041	19.241	0.000
Días	26.762	6	4.460	82.416	0.000
Cajón * Días	0.122	12	0.010	0.187	0.998
Error	2.273	42	0.054		
Total	1794.799	63			
Total corregido	31.240	62			

a. R al cuadrado = 0.927 (R al cuadrado ajustada = 0.893)

Tabla 5

Prueba Tukey para el pH de la fermentación del cacao en cajones

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Cuadrado	21	5.050	
Cajón Rectangular	21		5.333
Cajón Semicilíndrico	21		5.490
Sig.		1.000	0.086

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 0.054

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 21; b. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 6

Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez % de la fermentación del cacao en cajones

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	0.032	2	0.016	9.345	0.001
Días	0.031	3	0.010	5.904	0.004
Cajón * Días	0.033	6	0.006	3.217	0.018
Error	0.041	24	0.002		
Total	1.793	36			
Total corregido	0.137	35			

- a. R al cuadrado = 0.699 (R al cuadrado ajustada = 0.561)

Tabla 7

Prueba Tukey para la acidez de la fermentación del cacao en cajones

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Rectangular	12		0.2458
Cajón Semicilíndrico	12		0.2233
Cajón Cuadrado	12	0.1742	
Sig.		1.000	0.394

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.002.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12; b. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	0.561	2	0.280	0.105	0.901
Días	256.235	2	128.118	48.032	0.000
Cajón * Días	24.208	4	6.052	2.269	0.102
Error	48.012	18	2.667		
Total	6663.223	27			
Total corregido	329.015	26			

- a. R al cuadrado = 0.854 (R al cuadrado ajustada = 0.789)

Tabla 9

Prueba Tukey los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones

Cajón	N	Subconjunto
		1
Cajón Cuadrado	9	15.122
Cajón Semicilíndrico	9	15.361
Cajón Rectangular	9	15.467
Sig.		0.896

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2.667.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9; b. La diferencia de medias no es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) del análisis sensorial del cacao

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajones	10.333	2	5.167	4.284	0.018
Categorías	460.764	7	65.823	54.576	0.000
Error	74.778	62	1.206		
Total	5011.000	72			
Total corregido	545.875	71			

a. R al cuadrado = 0,863 (R al cuadrado ajustada = 0,843)

Tabla 11

Prueba Tukey para los cajones del análisis sensorial del cacao

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Cuadrado	24	7.38	
Cajón Rectangular	24	7.96	7.96
Cajón Semicilíndrico	24		8.29
Sig.		0.165	0.548

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. El término de error es la media cuadrática(Error) = 1.206.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 24
- b. Alfa = 0.05.

Tabla 12

Prueba Tukey para las categorías del análisis sensorial del cacao

Categoría	N	Subconjunto	
		1	2
Amargor	9	5.89	
Astringencia	9	6.22	
Post gusto	9	6.22	
Puntos del catador	9	6.67	
Aroma	9	6.67	
Acidez	9	6.89	
Sabor	9		12.00
Defectos	9		12.44
Sig.		0.535	0.989

V. DISCUSIONES

El mejor fermentado de cacao criollo, que reúne las condiciones de calidad de exportación fue el cajón semicilíndrico fermentado por 7 días, con un Brix 0, pH 4.54, acidez 0.32 g de ácido acético y con 99 ufc/g de *Saccharomyces cerevisiae*, donde presentó mayor acidez que el cajón cuadrado y menor acidez que el cajón rectangular, lo que coincide con De Fariñas (2013) que evaluó cacao fermentado en cajones cuadrados y rectangulares, el cajón cuadrado presentó menor acidez que el cajón rectangular.

La fermentación en los tres cajones de madera: Semicilíndrico, cuadrado y rectangular alcanzaron las temperaturas apropiadas estando en un rango de 30°C y 49°C, hecho que concuerda con Espinoza (2011), que los tres tipos de fermentadores resultaron eficientes en el proceso fermentativo, ya que se alcanzaron temperaturas e índices de fermentación apropiados.

Se alcanzaron temperaturas mayores al tercer día de fermentado (72 horas), encontrándose dentro del rango de 30°C – 48°C, el pH del cotiledón a las 108 horas vario de 6.5 – 4.1. al mismo tiempo de fermentado el porcentaje de acidez titulable del cotiledón desde 0.15-.34% de ácido acético, lo que confirma lo dicho por Camacho (2014) que observó las temperaturas mayores al tercer día de fermentado (72 horas), encontrándose dentro del rango de $47,50 \pm 3,20$ - $50,37 \pm 1,0$ °C y $49,83 \pm 0,35$ - $50,47 \pm 1,85$ °C; el pH del cotiledón a las 136 horas varió de $4,79 \pm 0,46$ - $4,96 \pm 0,26$ y $4,67 \pm 0,27$ - $4,88 \pm 0,21$; al mismo tiempo de fermentado el porcentaje de acidez titulable total del cotiledón desde 0, $1863 \pm 0,05$ - $0,2114 \pm 0,02$ y 0, $1873 \pm 0,01$ - 0, $1992 \pm 0,01$ g. ácido acético.

El crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del cacao, donde se observa que al inicio de la fermentación hubo bastantes levaduras, pero al pasar los días van disminuyendo poco a poco, en comparación con Arteaga (2016) que obtuvo que las levaduras tienen su máxima participación hasta el tercer día y luego disminuye la flora de hongos filamentosos y levaduras desarrolladas durante la fermentación de cacao (clones criollo y forastero).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se determinó que, el mejor fermentado de cacao criollo que reúne las condiciones de calidad de exportación fue el cajón semicilíndrico fermentado por 7 días, con un Brix 0, pH 4.54, acidez 0.32 g de ácido acético y con 99 ufc/g de *Saccharomyces cerevisiae*.

Se realizó los análisis fisicoquímicos (Brix, pH, acidez y Temperatura) en la fermentación del cacao criollo los días 0, 3,5 y 7 en los tres cajones de madera: cuadrado, semicilíndrico y rectangular, donde se observa que los grados Brix, al pasar los días durante la fermentación va disminuyendo, igualmente sucede lo mismo con el pH, en cambio para la acidez va aumentando cada día al igual que la temperatura.

Se evaluó las características sensoriales en el licor de cacao, en la catación, el cajón semicilíndrico destaca un elevado puntaje en el sabor y aroma mientras que el cajón cuadrado y rectangular tienen un bajo puntaje en los atributos de astringencia, acidez, amargor, defectos y pos gusto en los análisis sensoriales realizados.

Se determinó el crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del cacao, al inicio de la fermentación, en la fase de adaptación de la curva del crecimiento microbiano, hubo bastantes levaduras en los tres sistemas ecoeficientes, pero conforme van pasando los días en la última fase va disminuyendo la población.

RECOMENDACIONES.

- 1) Usar fermentadores que contribuyan con minimizar la contaminación ambiental (Sacos de yute, cajones de madera).
- 2) Realizar investigación de fermentación utilizando tecnología digital para el control de calidad.
- 3) A los productores hacer uso de sistemas ecoeficientes como son los cajones de madera semicilíndricos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arteaga , M. (2016). *Microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación del cacao y su relación con la calidad del grano fermentado, bajo las condiciones de la cooperativa ceproaa- amazonas – Perú*. Academia.Edu. Universidad Nacional De Cajamarca, Bagua.
- De Fariñas, G. (2013). *Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (Theobroma cacao L.)*. Dialnet, 143-153.
- Gómez , A. (2018). *Evaluación de la calidad organoléptica de Theobroma cacao L. en fincas cacaoteras en el norte de Huila, Colombia*. Scielo, 1-3.
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., & Gervaise, R. (2009). *Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación*. Scielo. Obtenidodehttps://www.researchgate.net/publication/262544234_Evaluacion_de_varios_factores_sobre_caracteristicas_quimicas_del_grano_de_cacao_en_fermentacion
- Nogales, J., Graziani de Fariñas, L., & Ortiz de Bertorelli, L. (Marzo de 2006). *Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera*. Scielo, 56. Recuperado el 7 de Julio de 2019, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X200600010001
- Coexca . (2011). *Guías de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacao especiales*. Exporta Cacao, Colombia .
- Espinoza, M. (2011). *Fermentación de cacao (theobroma cacao l.) tipo criollo en diferentes tipos de fermentadores en sector la unión río negro. tesis para optar el título profesional de ingeniera en ciencias agrarias. universidad nacional del centro del*

perú,satipo,perú.obtenidode.<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1899/Espinoza%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllo>

Fernández, R., Álvarez, A., Cedeño, Á., Quinteros, H., Ferrín, L., Galeas, M., & Morante, P. (2012). *Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (Theobroma cacao L.) tipo nacional*. *Ciencia y tecnología*, 5(1), 7-12. Scielo, 1-3.

Gaibor, N. (2010). *Efecto del diseño de la caja y tipo de madera utilizada, en el proceso fermentativo del grano de cacao (theobroma cacao l.), canton las naves, provincia debolivar* Obtenido de <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/904/1/046.pdf>

Gutiérrez. (2012). *Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (Theobroma cacao L.)*. *Scielo*, 914-918.

Gutiérrez, E., Leiva, E., & Ramirez, R. (2019). *La poda y su efecto en la calidad del grano de cacao (theobroma cacao l.)*. (2).*Scielo*, 1-5.

INFOREGION . (11 de julio de 2010). *Cacao de los productores de Jaen* . Obtenido de Cacao de los productores de Jaen:<http://www.inforegion.pe/63720/cacao-de-losproductores-de-jaen-fue-premiado-como-el-mejor-del-2010/>

Loayza, W. (2014). *Influencia de la frecuencia de remoción, durante la fermentación, en la calidad sensorial del cacao (Theobroma Cacao, L.) de Satipo*. *Scielo*, 1-4.

Machado, L., Ordoñez, C., Sánchez, K., Guaca, L., & Suárez, J. C. (2018). *Evaluación de la calidad organoléptica de Theobroma cacao L. en granjas de cacao en el norte de Huila, Colombia*.(5). *Scielo*, 9-11.

Mendoza, L. (2019). *El 93% de la producción peruana de cacao se concentra en 7 regiones*. *APPCacao*, 1-3.

Meza Espinoza, A. A. (16 de Septiembre de 2016). *Fermentación del cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 en dos diseños de cajas de madera*. *RENATI*. Recuperado el 7 de Julio de 2019, de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/169631>

Morales, W., Vallejo , C., Sinche , P. D., Torres , Y., Vera, J., & Anzules, E. D. (2016). *Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN51*

a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación.(7) Dialnet, 169-181.

PROMPERÚ. (20 de Enero de 2019). *El cacao peruano es admirado en el mundo. Peru* , págs. 1-3.

Ramirez , P. E. (2013). *El cacao: ayer, hoy y siempre en el desarrollo socioeconómico y cultural del mundo, norte de santander y cúcuta.* Mexico : Dialnet.

Vargas, V., Soto, J., & Enríquez, G. (2013). 2Costa Rica. (23)Scielo, 147-161.

Wachert, M. d. (2011). *Los microorganismos y el cacao.* RUTIC, 1-2-.

AGRADECIMIENTO.

A Dios por permitirme cumplir con mis metas trazadas a lo largo de mi vida.

A mis tíos Matilde Tineo Flores y Javier Malca Cerna por ser mi segunda familia durante mi estadía en la Universidad Nacional de Jaén.

Al Mg. Polito Michael Huayama Sopla, Coordinador de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, asesor de la presente tesis; de quien recibí el apoyo y orientaciones durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Al M.Sc Adán Díaz Ruiz, Jefe del Laboratorio de Taller de Tecnología de los Alimentos de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, por su apoyo durante la ejecución del presente proyecto de investigación.

A mi amigo Leisy Huanca Silva por su apoyo durante la ejecución de este proyecto.

A mis compañeros Edson Troyes Mego, Justo Chumacero Mijahuanca y Mileydi Guevara Benavides por el apoyo durante el proceso de la ejecución del presente proyecto de investigación.

A toda aquella persona que de una u otra manera han contribuido en la culminación en la redacción del presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA.

A Dios por darme lo que tengo, lo que tuve y lo que algún día tendré; por estar siempre presente en cada una de las decisiones más importantes en mi vida. A las tres mujeres más importantes de mi vida mi abuelita Margarita Flores Castro, mi madre Casilda Tineo Flores y a mi tía Matilde Tineo Flores a quienes le debo la grandísima lección de que si quieres algo en la vida tendrás que esforzarte, ser perseverante y tenaz; y mi madre Casilda a quien debo todo por darme la vida y como no olvidar el apoyo de cada uno de mi querida familia, a todos ellos gracias totales.

Emérita Chaquila Tineo.

ANEXOS

Análisis de los parámetros fisicoquímicos antes de fermentarlo.



Recepción de la materia prima



Pesado de las almendras



Medición de los grados Brix al inicio de la fermentación mediante el refractómetro.



Determinación de la humedad mediante estufa.



Medición del pH mediante el pH-metro digital



Determinación de la acidez titulable

Fermentación del cacao bajo 3 sistemas ecoeficientes.



Sistema del fermentador cuadrado



Sistema del fermentador semicilíndrico



Sistema del fermentador rectangular.

Análisis de los parámetros fisicoquímicos durante la fermentación.



Medición del Brix mediante el Brixómetro.



Trituración de la muestra mediante el mortero.



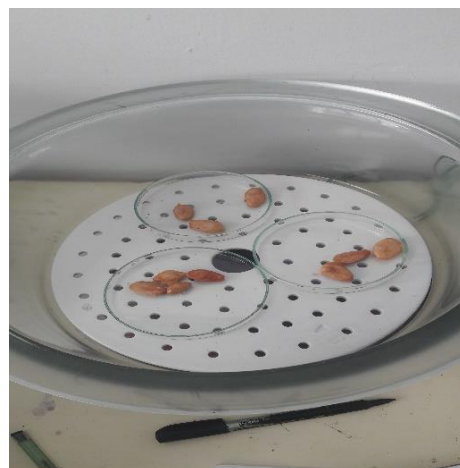
Medición del pH mediante el pH metro digital.



Determinación de la acidez titulable



Prueba de corte.



Determinación de humedad mediante estufa.

Crecimiento poblacional de la *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del cacao.



Pesado del Agar Sabouraud



Preparando los agares.



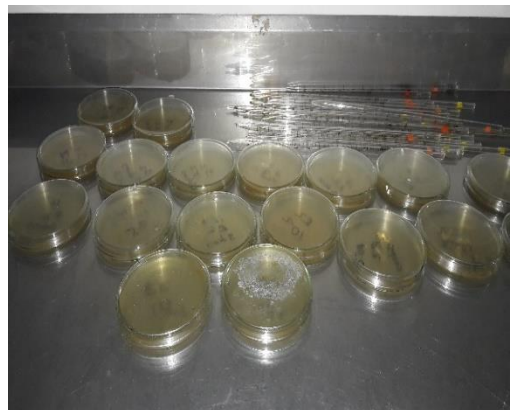
Adición un 1ml del agar.



Enfriado de los agares.



Triturado de la muestra de cacao



Resultados de los análisis microbiológicos.

Operaciones para la obtención del licor.



Detector de humedad



Pesado de la muestra



Tostado de la muestra



Molienda de la muestra



Conchado.



Producto final

Análisis sensorial del licor de cacao.



Muestras a catar.



Catador N°1.



Catador N°2.



Catador N°3.

4.1 Análisis fisicoquímicos

Tabla 13

Resultados de los análisis físico-químicos en el fermentador cuadrado.

Parámetros fisicoquímicos	0° día	2° día	3° día	4° día	5° día	6° día	7° día
Brix	18	14.7	9.9	0	0	0	0
pH	6.2	5.89	5.023	4.96	4.56	4.34	4.1
Acidez	0.15		0.18		0.23		0.21
T°	30	38	44	48	48	48	47
Humedad	54.9	52.1	51.01	47.1	44.03	40.31	37.03

Tabla 14

Resultados de los análisis físico-químicos en el fermentador semicilíndrico.

Parámetros fisicoquímicos	0° día	2° día	3° día	4° día	5° día	6° día	7° día
Brix	19.8	16	14	0	0	0	0
pH	6.5	6.23	5.98	5.65	5.33	4.98	4.54
Acidez	0.22		0.22		0.24		0.32
T°	30	30	39	46	47	47	47
Humedad	54.9	51	47.07	45.87	44.2	37.09	35.43

Tabla 15

Resultados de los análisis físico-químicos en el fermentador Rectangular.

Parámetros fisicoquímicos	0° día	2° día	3° día	4° día	5° día	6° día	7° día
Brix	20.2	16	10.2	0	0	0	0
pH	6.45	5.97	5.78	5.43	5.12	4.98	4.65
Acidez	0.17		0.22		0.21		0.34
T°	30	40	45	49	48	48	48
Humedad	54.9	51	49.73	47.63	379.7	34.9	30.98

Tablas del crecimiento poblacional durante la fermentación del cacao durante los días 0, 3,5 y 7.

Tabla 16

Resultados del crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae del día 1.

Determinaciones	Unidades	N- 1	n	c	m	M	Conclusión
Levadura Saccharomyces Cerevisiae	UFC/G	3.2×10^{-2}	5	2	10^{-2}	10^{-3}	No Conforme

Tabla 17

Resultados el crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae durante la fermentación del día 3.

Determinaciones	Unidades	R	S	C	n	c	m	M	Conclusión
Levadura Saccharomyce Cerevisiae	UFC/G	3.10×10^2	3.9×10^{-3}	3.8×10^{-3}	5	2	10^{-2}	10^{-3}	No Conforme

Tabla 18

Resultados el crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae durante la fermentación del día 5.

Determinaciones	Unidades	R	S	C	n	c	m	M	Conclusión
Levadura Saccharomyces Cerevisiae	UFC/G	2×10^2	2.5×10^3	2.9×10^2	5	2	10^{-2}	10^{-3}	No Conforme

Tabla 19

Resultados el crecimiento poblacional de la saccharomices cerevisae durante la fermentación del día 7.

Determinaciones	Unidades	R	S	C	n	c	m	M	Conclusión
Levadura Saccharomyces Cerevisiae	UFC/G	90×10^1	85×10^1	99×10^1	5	2	10^{-2}	10^{-3}	conforme

Gráficos radiales de las categorías evaluadas por los catadores de la Cooperativa Soli&Café.

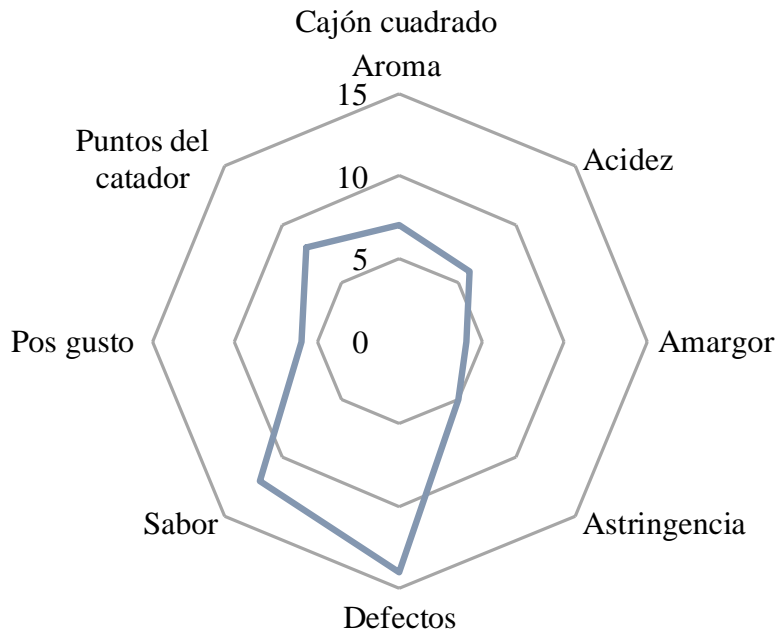


Figura 14. Gráfico radial de las categorías evaluadas por el catador para el cajón cuadrado



Figura 15. Gráfico radial de las categorías evaluadas por el catador para el cajón semicilíndrico

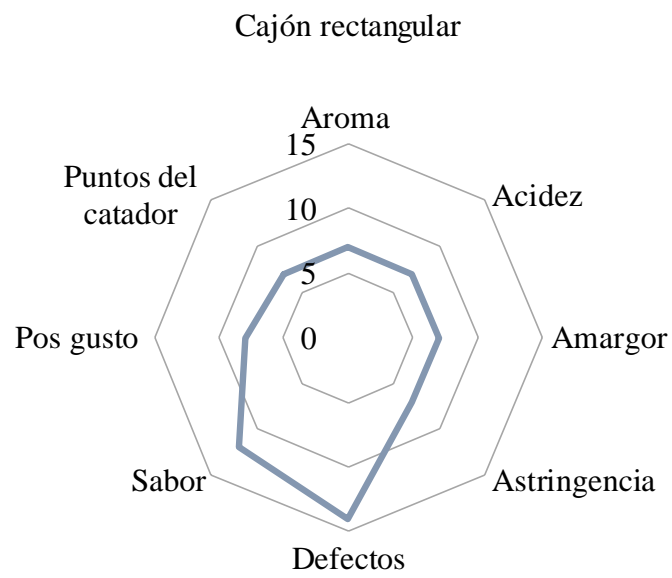


Figura 16. Gráfico radial de las categorías evaluadas por el catador para el cajón rectangular

Ficha de catación del licor de cacao.

ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO
Ficha de Catación

MUESTRA Cuadrado
CATADOR CHARLES RODRIGUEZ M.
FECHA 30/11/19

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	<u>chocolate.</u>	<u>6</u>	x1 = <u>7</u>
Acidez	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	<u>Frutas Verdes.</u>	<u>6</u>	x1 = <u>6</u>
Amargor	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		<u>7</u>	x1 = <u>7</u>
Astringencia	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	<u>Limon</u>	<u>8</u>	x1 = <u>8</u>
Defectos	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		<u>7</u>	x2 = <u>14</u>
Cocoa/Cacao	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	<u>Cacao</u>		
Dulce	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Nuez	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Sabor	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	<u>Nueces</u>	<u>6</u>	x2 = <u>12</u>
Frutas secas	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Frutas frescas	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Floral	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Espicias	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Otros				
Pos gusto	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	<u>Cremoso - Amargo</u>	<u>7</u>	x1 = <u>6</u>
COMENTARIOS:			<u>6</u>	x1 = <u>6</u>
			PUNTAJE FINAL	66

ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

ESCALA DE CALIDAD

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pesimo	Malo	Regular	Bueno	Excelente						

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

Nombrar el defecto:
Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

Relación inversa:
Entre más intenso el sabor defectuoso se reduce el puntaje en calidad.



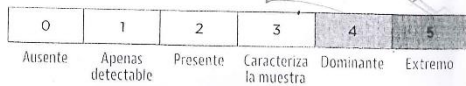
ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Ficha de Catación

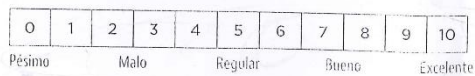
MUESTRA Semicilindrico
 CATADOR Jeiner Lebes
 FECHA _____

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	0 1 2 3 4 5 [] [] [] [] [] []	Cacao amargado	6	x1 = 6
Acidez	0 1 2 3 4 5 [] [] [] [] [] []	Limon Verde	6	x1 = 6
Amargor	0 1 2 3 4 5 [] [] [] [] [] []	Corteza de Limon	7	x1 = 7
Astringencia	0 1 2 3 4 5 [] [] [] [] [] []	Pepa de Pelta	8	x1 = 8
Defectos	0 1 2 3 4 5 [] [] [] [] [] []		7	x2 = 14
Sabor	Cocoa/Cacao	Cacao Amargo	7	x2 = 14
	Dulce	Lima Amarga/Malicia		
	Nuez	Pecora		
	Frutas secas	Pepa de Wa.		
	Frutas frescas	Corteza de Wa Verde		
	Floral			
	Espicias	Tabaco		
	Otros	Verbena Heno.		
Pos gusto	0 1 2 3 4 5 [] [] [] [] [] []	Verde Amargo	7	x1 = 7
COMENTARIOS:		PUNTOS DE CATADOR	6	x1 = 6
			PUNTAJE FINAL	70

ESCALA DE INTENSIDAD



ESCALA DE CALIDAD



TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

Nombrar el defecto:
 Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

Relación inversa:
 Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.



Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial- Compartir Igual. No se permite un uso comercial de la obra o de las partes de ella, ni la transformación de las mismas. Se permite la explotación económica y la transformación de las obras de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Proyecto de Desarrollo de Competencias en el Sector Cafetalero - Escala Exchange-TEHC, Versión 2017

ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Ficha de Catación

MUESTRA: *Rectangular*
 CATADOR: *Elio Coronel Alarcón*
 FECHA: *30/11/19*

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		5	x1 = 5
Acidez	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		6	x1 = 6
Amargor	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		7	x1 = 7
Astringencia	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		8	x1 = 8
Defectos	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		7	x2 = 14
		<i>Cacao amargo.</i>		
Sabor			6	x2 = 12
Pos gusto	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		7	x1 = 7
COMENTARIOS:			5	x1 = 5

NO ME GUSTA

PUNTAJE FINAL **64**

ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

ESCALA DE CALIDAD

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo	Malo	Regular	Bueno	Excelente						

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

Nombrar el defecto:
Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

Relación inversa:
Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.



Licencia Creative Commons Atribución-NonCommercial-ShareAlike. No se permite un uso comercial de la obra original, de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Financiado por el Proyecto de Desarrollo de los Recursos Humanos de la Universidad de la Amazonia, Versión 2017

DEFECTOS DEL CACAO EN GRANO



Fuente: APPCACAO

Análisis de varianza y tukey de los análisis fisicoquímicos.

Tabla 20

Análisis de varianza ANOVA para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	89.175	2	44.587	46.817	0.000
Días	2853.873	6	475.646	499.428	0.000
Cajón * Días	112.603	12	9.384	9.853	0.000
Error	40.000	42	0.952		
Total	117102.000	63			
Total corregido	3095.651	62			

a. R al cuadrado = 0.987 (R al cuadrado ajustada = 0.981)

Tabla 21

Prueba Tukey para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Semicilíndrico	21	40.86	
Cajón Rectangular	21		43.38
Cajón Cuadrado	21		43.38
Sig.		1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.952

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 21; b. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 22

Comparaciones múltiples para la temperatura (°C) de fermentación del cacao en cajones

Variable dependiente: Temperatura de fermentación.

HSD Tukey

(I) Cajón		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cajón Cuadrado	Cajón Semicilíndrico	2,52*	0.301	0.000	1.79	3.26
	Cajón Rectangular	0.00	0.301	1.000	-0.73	0.73
Cajón Semicilíndrico	Cajón Cuadrado	-2,52*	0.301	0.000	-3.26	-1.79
	Cajón Rectangular	-2,52*	0.301	0.000	-3.26	-1.79
Cajón Rectangular	Cajón Cuadrado	0.00	0.301	1.000	-0.73	0.73
	Cajón Semicilíndrico	2,52*	0.301	0.000	1.79	3.26

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 23

Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de la fermentación del cacao en cajones

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	2.083	2	1.041	19.241	0.000
Días	26.762	6	4.460	82.416	0.000
Cajón * Días	0.122	12	0.010	0.187	0.998
Error	2.273	42	0.054		
Total	1794.799	63			
Total corregido	31.240	62			

a. R al cuadrado = 0.927 (R al cuadrado ajustada = 0.893)

Tabla 24

Prueba Tukey para el pH de la fermentación del cacao en cajones

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Cuadrado	21	5.050	
Cajón Rectangular	21		5.333
Cajón Semicilíndrico	21		5.490
Sig.		1.000	0.086

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.054

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 21; b. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 25

Comparaciones múltiples para el pH de la fermentación del cacao en cajones.

Variable dependiente: pH

HSD Tukey

(I) Cajón		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cajón Cuadrado	Cajón Semicilíndrico	-,439*	0.0718	0.000	-0.614	-0.265
	Cajón Rectangular	-,283*	0.0718	0.001	-0.457	-0.108
Cajón Semicilíndrico	Cajón Cuadrado	,439*	0.0718	0.000	0.265	0.614
	Cajón Rectangular	0.157	0.0718	0.086	-0.018	0.331
Cajón Rectangular	Cajón Cuadrado	,283*	0.0718	0.001	0.108	0.457
	Cajón Semicilíndrico	-0.157	0.0718	0.086	-0.331	0.018

La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Tabla 26

Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez de la fermentación del cacao en cajones

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	0.032	2	0.016	9.345	0.001
Días	0.031	3	0.010	5.904	0.004
Cajón * Días	0.033	6	0.006	3.217	0.018
Error	0.041	24	0.002		
Total	1.793	36			
Total, corregido	0.137	35			

a. R al cuadrado = 0.699 (R al cuadrado ajustada = 0.561)

Tabla 27

Prueba Tukey para la acidez de la fermentación del cacao en cajones.

Cajón	N	Subconjunto	
		1	2
Cajón Rectangular	12		0.2458
Cajón Semicilíndrico	12		0.2233
Cajón Cuadrado	12	0.1742	
Sig.		1.000	0.394

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.002.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12; b. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 28

Comparaciones múltiples para la acidez de la fermentación del cacao en cajones
Variable dependiente: Acidez %.

HSD Tukey

(I) Cajón		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cajón Cuadrado	Cajón Semicilíndrico	-,0492*	0.01696	0.021	-0.0915	-0.0068
	Cajón Rectangular	-,0717*	0.01696	0.001	-0.1140	-0.0293
Cajón Semicilíndrico	Cajón Cuadrado	,0492*	0.01696	0.021	0.0068	0.0915
	Cajón Rectangular	-0.0225	0.01696	0.394	-0.0648	0.0198
Cajón Rectangular	Cajón Cuadrado	,0717*	0.01696	0.001	0.0293	0.1140
	Cajón Semicilíndrico	0.0225	0.01696	0.394	-0.0198	0.0648

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Tabla 29

Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Cajón	0.561	2	0.280	0.105	0.901
Días	256.235	2	128.118	48.032	0.000
Cajón * Días	24.208	4	6.052	2.269	0.102
Error	48.012	18	2.667		
Total	6663.223	27			
Total corregido	329.015	26			

a. R al cuadrado = 0.854 (R al cuadrado ajustada = 0.789)

Tabla 30

Prueba Tukey los sólidos solubles (°Brix) de la fermentación del cacao en cajones.

Cajón	N	Subconjunto
		1
Cajón Cuadrado	9	15.122
Cajón Semicilíndrico	9	15.361
Cajón Rectangular	9	15.467
Sig.		0.896

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2.667.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9; b. La diferencia de medias no es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 31

Comparaciones múltiples para la acidez de la fermentación del cacao en cajones.

Variable dependiente: Sólidos solubles (°Brix).

HSD Tukey

(I) Cajón		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cajón Cuadrado	Cajón Semicilíndrico	-0.239	0.7699	0.948	-2.204	1.726
	Cajón Rectangular	-0.344	0.7699	0.896	-2.309	1.620
Cajón Semicilíndrico	Cajón Cuadrado	0.239	0.7699	0.948	-1.726	2.204
	Cajón Rectangular	-0.106	0.7699	0.990	-2.070	1.859
Cajón Rectangular	Cajón Cuadrado	0.344	0.7699	0.896	-1.620	2.309
	Cajón Semicilíndrico	0.106	0.7699	0.990	-1.859	2.070

*. La diferencia de medias es no significativa en el nivel .05.