

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



TESIS

**“Efecto de los métodos de fermentación y secado en las características
sensoriales de licor de cacao (*Theobroma Cacao* L.)
del tipo ICS 39 y THS 565”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTORA:

Bach. QUISPE VASQUEZ, Matilde

ASESOR:

DR. COLQUEHUANCA VILCA, Julián

Puerto Maldonado, noviembre del 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE
DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



TESIS

**“Efecto de los métodos de fermentación y secado en las características
sensoriales de licor de cacao (*Theobroma Cacao L.*)
del tipo ICS 39 y THS 565”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTORA:

Bach. QUISPE VASQUEZ, Matilde

ASESOR:

DR. COLQUEHUANCA VILCA, Julián

Puerto Maldonado, noviembre 2024

DEDICATORIA

Dedico a Dios, por cuidarme, guiarme en los momentos más difíciles de la vida.

Dedico también a mis queridos padres Fidel Quispe y Cristina Vásquez, quienes me enseñaron a no rendirme ante las adversidades, me brindaron su ayuda incondicional durante todo el trayecto de mi vida, depositando su confianza en mí.

A mis hermanos queridos Rubén, Williams y Roció, por su apoyo incondicional.

A mi amado compañero de vida Stiv Brayan quien desempeño un rol fundamental para el cumplimiento de este trabajo y a mi hijo Brayan Mihail quien fue y es mi inspiración para lograr muchos objetivos y metas.

Matilde Quispe Vásquez

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud:

A mi alma mater, Universidad Nacional de Madre de Dios, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, instancia donde logre la meta de la profesión.

A los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes me brindaron su tiempo, paciencia y conocimiento para forjar mi propio camino hacia una vida profesional.

Al **Dr. Julián Colquehuanca Vilca**, por guiar el presente desde el inicio de la investigación hasta su finalización de la tesis, y por brindar sus conocimientos, experiencias durante mi formación académica.

A **Dra. María Isabel Cajo Pinche, M.Sc. Yony Flora Fernández Herrera, M.Sc. José Carlos Belisario Ferrel, M.Sc. Jesús Efraín Humpire** por dedicar parte de su tiempo y brindar sus sugerencias y acotaciones en condición de jurado que sirvió para fortalecer y enriquecer la investigación.

TURNITIN_MATILDE QUISPE VASQUEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.unamad.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

purl.org

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

8

www.virtualpro.co

Fuente de Internet

1%

9

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

11

patents.google.com

Fuente de Internet

<1%

12

repositorio.untrm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

PRESENTACION

La presente tesis se pone a disposición de la comunidad universitaria y académica, en el contenido se expone resultados obtenidos en el trayecto de investigación. Los hallazgos describen, los hechos observados en cada fase de la experimentación que están relacionados a poscosecha de cacao. El objetivo del estudio se enfoca en evaluar los efectos de las técnicas de procedimientos de fermentación, secado de cacao y su trascendencia en las propiedades de productos finales como pasta de cacao y chocolates.

En los resultados se exhiben reportes mediante tablas y figuras que manifiestan efecto de las variables de estudio. Las tablas ayudaran al lector la visualización de los datos como características fundamentales de los tratamientos experimentales en la investigación, también describen, el estudio de las variables para dos o más grupos. Las figuras son útiles para facilitar las interpretaciones, así mismo, las relaciones y tendencias que se presentan entre las variables de estudio.

Resumen

El estudio consistió, en evaluar el efecto de los métodos de fermentación; y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao (*Theobroma Cacao L*) del tipo ICS 39 y THS 565. Para ello se utilizó dos métodos de fermentación cajón y saco aplicados para cada tipo de cacao, evaluándose los parámetros de operación el pH y temperatura de la masa y dos métodos de secado, en manta y parihuela determinando el porcentaje de humedad de los granos, y por último se evaluó lo efectos de los métodos de fermentación y secado en las características sensoriales del licor de cacao con panelistas entrenados, en conclusión se puede llevar a cabo la fermentación de cacao ICS-39 y THS 565 en cajón o saco así como secado solar en manta así como en parihuela. La percepción de los perfiles de sabores específicos, los panelistas destacaron características similares de intensidad menor a 2 para licores de cacao elaborados con todas las muestras (TM1 a TM8); por tanto, se infiere que la fermentación puede ser llevado a cabo en cajón o saco, así mismo, el secado se puede realizar en manta o parihuela considerando las variedades de cacao THS 565 y ICS-39.

Palabras clave: fermentación, licor de cacao, análisis sensorial.

ABSTRACT

The study consisted in evaluating the effect of the fermentation methods and the drying method on the sensory characteristics of cocoa liquor (*Theobroma Cacao* L.) of the ICS 39 and TSH 565 types. For this, two fermentation methods were used, box and sack, applied to each type of cocoa, evaluating the operating parameters, the pH and temperature of the mass, and two drying methods, in a blanket and on a stretcher, determining the percentage of humidity of the beans. Finally, the effects of the fermentation and drying methods on the sensory characteristics of the cocoa liquor were evaluated with trained panelists. In conclusion, the fermentation of ICS-39 and THS 565 cocoa can be carried out in a box or sack, as well as solar drying in a blanket as well as on a stretcher. The perception of the specific flavor profiles, the panelists highlighted similar characteristics of intensity less than 2 for cocoa liquors made with all samples (TM1 to TM8); Therefore, it is inferred that fermentation can be carried out in a box or sack, and that drying can be carried out on a blanket or stretcher, considering the THS 565 and ICS-39 cocoa varieties.

Keywords: fermentation, cocoa liquor, sensory analysis.

INTRODUCCION

El fruto del cacao (*Theobroma cacao L.*) se cultiva en varias zonas del Perú como; Ucayali, Junín, San Martín y entre ellas la región Madre de Dios, con incremento en la producción en un 62.0% hasta el año 2019 (INEI, 2019), con diversidad y variabilidad genética de esta especie, y por ende con niveles considerables en la comercialización de granos de cacao.

En cada zona productora de Madre de Dios se viene realizando la postcosecha (cosecha, quiebra, fermentación y secado) de manera artesanal utilizando fermentadores de cajón, sacos y de amontones cubiertos con hojas de plátano. De igual forma se realiza el secado en pisos de cemento, mantas de polietileno, secadores de madera, secadores con fundas de mica. Es por ello que en esta investigación se dio la importancia de evaluar la influencia de los métodos de fermentación y secado en las características sensoriales del licor de cacao (*Theobroma cacao L.*) de clones ICS 39 Y THS 565, para ello se trabajó con muestras no probabilísticas, recogidos de las parcelas de los socios de la cooperativa COOPASER.

Los granos frescos de cacao después del desgrane en la misma parcela fueron llevados a la planta de beneficiado de la cooperativa donde se colocó en fermentadores de cajón y saco por tipo de cacao hasta el término de la fermentación por 5 días, en esta etapa se evaluó los parámetros de fermentación como la temperatura y pH en testa y cotiledón, luego se procedió a secar expuesto al sol en mantas y parihuela hasta llegar a humedad entre 7-7.5% de humedad, para ello se evaluó la humedad porcentual de los granos, se evaluó el grado de fermentación de granos por medio prueba de cortes, índice de granos, con los granos procedentes del secado se elaboró licor de cacao para luego realizar el análisis sensorial en las instalaciones del CITE-PRODUCTIVO MDD, con panelistas entrenados, determinando el perfil de sabores de cada muestra así como la calidad de la muestra.

INDICE GENERAL

	Pag.
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION -----	1
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	2
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.4. VARIABLES.....	3
1.4.1. Variables independientes.	3
1.4.2. Variables dependientes	3
1.5. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	3
1.6. HIPOTESIS.....	6
1.7. JUSTIFICACION	6
1.8. CONSIDERACIONES ETICAS	7
CAPITULO II: MARCO TEORICO -----	8
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.	8
2.2. MARCO TEORICO	10
2.2.1. El Cacao	10
2.2.2. Taxonomía.....	10
2.2.3. Variedades de Cacao.....	11
2.2.4. Poscosecha de cacao.....	12
2.2.5. Fermentación de cacao.....	13
2.2.6. Índice de fermentación de granos de cacao	15
2.2.7. Secado de cacao.....	17
2.2.8. Licor de cacao.....	18
2.2.9. Perfil sensorial de licor de cacao.....	20
2.3. DEFINICION DE TERMINOS.....	21
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION-----	23
3.1. TIPO DE ESTUDIO.	23

3.2.	DISEÑO DEL ESTUDIO.....	23
3.3.	POBLACION Y MUESTRA.	23
3.3.1.	Población.....	23
3.3.2.	Muestra:.....	23
3.3.3.	Codificación de las muestras.....	24
3.4.	METODOS Y TECNICAS	24
3.4.1.	Lugar de ejecución	24
3.4.2.	Materiales equipos y reactivos.	24
3.4.2.1.	Materia prima	24
3.4.2.2.	Materiales:	25
3.4.2.3.	Equipos.....	25
3.4.2.4.	Reactivos	26
3.5.	METODOS.....	26
3.5.1.	Preparación de muestras de cacao	26
3.5.2.	Clasificación y selección:	28
3.5.3.	Quiebra de mazorcas	29
3.5.4.	Fermentación de granos de cacao variedad ICS-39 y TSH-565.....	30
3.5.5.	Secado de los granos de cacao variedad ICS-39 y TSH -565	31
3.5.6.	Elaboración de licor de cacao	31
3.6.	Técnicas de análisis	34
3.6.1.	Determinación de pH	34
3.6.2.	Control de Temperatura durante la fermentación	34
3.7.	Evaluación de calidad de granos de cacao.....	34
3.7.1.	Índice de grano	34
3.7.2.	Prueba de corte:.....	34

3.7.3.	Porcentaje de fermentación	35
3.7.4.	Determinación de humedad	35
3.8.	Evaluación sensorial del licor de cacao	35
3.9.	Diseño experimental y análisis estadístico.	36
CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION -----		38
4.1.	pH de fermentación de granos de cacao	38
4.2.	Temperatura de fermentación de granos de cacao variedad TSH 565 y ICS 39	44
4.3.	Grado de fermentación de granos de cacao	45
4.4.	Resultados de secado de granos de cacao.....	47
4.5.	Evaluación de características sensorial de licor de cacao.....	49
CONCLUSION -----		56
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA-----		59

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1: Operacionalizacion de variables	4
Tabla 2: Codificación de muestras	24
Tabla 3: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias pH fermentado en caja y saco de la variedad THS 565	41
Tabla 4: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de la variedad ISC 39.....	42
Tabla 5: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco y cajón de las variedades THS 565 y ICS 39.	42
Tabla 6: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco de las variedades THS 565 y ICS 39	42
Tabla 7: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de las variedades THS 565 y ICS 39	43
Tabla 8: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco y cajon de las variedades THS 565 y ICS 39	43

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1: Diagrama de proceso de beneficio de cacao	27
Figura 2: Fruto en estado inmaduro de cacao ICS-39	27
Figura 3: Fruto en estado inmaduro de cacao THS -565	28
Figura 4: Mazorca de cacao TSH-565	28
Figura 5: Mazorca de cacao ICS-39.....	29
Figura 6: Desgrane de cacao	29
Figura 7: Granos frescos de cacao	29
Figura 8: Fermentador tipo cajón	30
Figura 9: Fermentación en saco	31
Figura 10: Flujograma de proceso de obtención de licor de cacao	33
Figura 11: Variación de pH en cotiledón y testa del cacao ICS-39 fermentado en cajón.	39
Figura 12: Variación de pH en cotiledón y testa del cacao ICS-39 fermentado en saco.	39
Figura 13: Variación de pH de cacao THS -565 fermentado en cajón	40
Figura 14: Variación de pH del cacao THS -565 fermentado en saco.	40
Figura 15: Temperatura de fermentación en cajón y saco de cacao THS - 565.....	44
Figura 16: Temperatura de fermentación en cajón y saco de cacao ICS-39	45
Figura 17: Grado de fermentación de granos de cacao variedad TSH -565	46
Figura 18: Grado de fermentación de granos de cacao variedad ICS – 39	46
Figura 19: Curva de secado de granos THS -565 en manta y parihuela	48
Figura 20: Curva de secado de cacao ICS-39 secado en manta y parihuela	48
Figura 21: Intensidad de sabores básico de licor de cacao elaborado con variedad TSH-565 y ICS-39.....	50
Figura 22: Perfil de sabores específicos variedad THS -565 y ICS-39	52
Figura 23: Perfil de calidad de sabores básico y específico variedad THS - 565 y ICS-39.....	54

INDICE DE ANEXOS	Pag.
ANEXO 1:MATRIZ DE CONSISTENCIA -----	73
ANEXO 2:Formato de análisis físico de granos secos de cacao-----	75
ANEXO 3: Formato de análisis sensorial -----	76
ANEXO 4:Imágenes tomados durante la fermentación en saco y cajón de cacao ICS 39 y THS 565. -----	77
ANEXO 5: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de la variedad THS 565 -----	78
ANEXO 6: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de la variedad ISC 39. -----	78
ANEXO 7: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja de las variedades THS 565 y ICS 39 -----	78
ANEXO 8: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco de las variedades THS 565 y ICS 39 -----	78
ANEXO 9: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de las variedades THS 565 y ICS 39-----	78
ANEXO 10: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco y cajón de las variedades THS 565 y ICS 39 -----	79
ANEXO 11: Análisis de varianza para temperatura en fermentador cajon y saco de cacao THS -565.-----	79
ANEXO 12:Análisis de varianza de temperatura de fermentación en cajón y saco de variedad ICS-39.-----	79
ANEXO 13: Datos obtenidos de grado de fermentación de granos de cacao -----	79
<i>ANEXO 14:Resultado de la evaluación sensorial perfil de sabores-----</i>	<i>80</i>
ANEXO 15: Datos de análisis sensorial calidad de sabores y sensaciones-----	81

ANEXO 16: MANOVA para intensidad de sabores Básicos -----	81
ANEXO 17: Coeficientes de discriminantes lineales -----	81
ANEXO 18: Análisis discriminante para intensidad de sabores básicos -----	81
ANEXO 19: MANOVA para intensidad de sabores específicos. -----	81
ANEXO 20: Coeficientes de discriminantes lineales -----	82
ANEXO 21: Analisis discriminante para intensidad de sabores especificos -----	82
ANEXO 22: MANOVA para perfil de calidad de sabores -----	82
ANEXO 23: Coeficientes de discriminantes lineales -----	82
ANEXO 24: Análisis discriminante para calidad de sabores -----	83
ANEXO 25: Proceso de tostado de granos de cacao -----	83
ANEXO 26: Nibs de cacao -----	83
ANEXO 27: Proceso de obtención de licor de cacao -----	84
ANEXO 28: Muestras de licor de cacao -----	84

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En la región Madre de Dios se viene impulsando el cultivo de cacao desde hace varios años, con efecto importante en la producción, de acuerdo a la información recibida de la Oficina de Estadística Agraria e Informática de la Dirección Regional de Agricultura de MDD, la producción incrementó desde 446 kg/ha en el año 2015 a un rendimiento entre 816 kg/ha a 1063.80kg/ha en el año 2018, principalmente en la provincia de Tambopata y sus distritos de Tambopata e Inambari.

La materia principal para la fabricación de chocolate son las semillas secas de cacao (Afoakwa et al., 2012), pero las semillas frescas, están rodeados por una pulpa mucilaginoso de sabor agradable dulce, ácido y aromático; este material es difícil de extraer por medios mecánicos (Castro-Alayo et al., 2019). Por consiguiente, después de la cosecha, se hace que los granos se sometan a varios tratamientos que incluyen almacenamiento de vainas, fermentación, secado y tostado, por tanto, la fermentación es fundamental para eliminar mucilago que cubre las semillas por acción de cepas microbianas, muerte del embrión por efecto de la reducción de pH y temperatura, disminución de astringencia y amargor debido a la pérdida de flavonoides para desarrollar precursores de los sabores de chocolate (Menezes et al., 2016); (Sarbu y Csutak, 2019).

La fermentación generalmente se lleva a cabo entre 4 a 8 días, exhibiendo un grupo diverso de microorganismos y picos de metabolitos variables (Schwan, Pereira, & Fleet, 2014; Vásquez et al., 2019), además, los metabolitos microbianos que se difunden en los granos producen

reacciones bioquímicas complejas (Menezes et al., 2016; Papalexandratou et al., 2019)

Para establecer la calidad se evalúa el grado de fermentación y el perfil de sabor que se determinan habitualmente en el comercio y la industria mediante pruebas de corte (verificación de color) y evaluación sensorial, respectivamente (Krähmer et al., 2015; Sandhya et al., 2016). Sin embargo, todos ellos siguen presentando varios inconvenientes (León-roque, Abderrahim, Nuñez-alejos, Arribas, & Condezo-hoyos, 2016; Pedan, Fischer, Bernath, Hühn, & Rohn, 2017).

Sin embargo, en la región de Madre de Dios, la investigación es escasa. En este contexto, los granos de cacao fermentados son la materia prima principal para la preparación de chocolate (Sandhya et al., 2016) con un sabor óptimo y aroma aceptable para la industria regional sigue siendo un problema latente de investigación, en tal sentido, el problema de investigación se plantea para determinar ¿Cómo influye los métodos de fermentación y secado en las características sensoriales, del licor de cacao (*Theobroma Cacao L*) del tipo ICS 39 y THS 565?.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿En qué medida influye los métodos de fermentación en cajón y saco, y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao (*Theobroma Cacao L*) del tipo ICS 39 y THS 565?

1.3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de los métodos de fermentación; y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao (*Theobroma Cacao L*) del tipo ICS 39 y THS 565.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar la variación de pH, temperatura durante la etapa de fermentación en cajón y saco de las variedades ICS 39 y THS 565.
2. Evaluar la humedad final y la calidad física de los granos de cacao de la variedad ICS-39 y THS -565 secado al sol expuesto en manta y parihuela.
3. Evaluar características sensoriales del licor cacao variedad THS 565 y ICS-39 fermentado en cajón y saco, y secado al sol expuesto en manta y parihuela.

1.4. VARIABLES

1.4.1. Variables independientes.

Métodos de fermentación y secado de cacao

1.4.2. Variables dependientes

- características físicos y químicos de los granos
- Características sensoriales del licor de cacao

1.5. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

La Operacionalización de variables se muestra en tabla 1.

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Fermentación y secado	La fermentación de los granos de cacao es un proceso microbiológico que se puede aplicar para eliminar mucilagos y desarrollar precursores del sabor del chocolate (da Veiga Moreira et al., 2017), en simultáneo el secado tiene propósito similar (Mbakouop et al., 2022).	Esta variable será aplicada mediante el uso de fermentadores tipo cajón de madera y saco de yute.	Fermentación en cajón Fermentación en saco	Días de fermentación Temperatura de fermentación (C)
		Esta variable se aplicara mediante el uso de secado al sol en manta y parihuela con la finalidad de eliminar la humedad	Secado solar en manta secado ambiental en parihuela	Humedad Final (%) bs
Variable dependiente Características fisicoquímicos	La característica física y químicas viene determinada por grado de fermentación, acidez desarrollado, el control de variables como la	Prueba de corte de los granos	Categoría de granos fermentados	granos totalmente marron, parcialmente marron, parcialmente

	temperatura y el pH dará lugar a un mejor control del proceso (Bisiw, 2018)	Medida de pH utilizando potenciómetro.		purpura, totalmente purpura y pizarroso
Características sensoriales de licor de cacao	La información sensorial evidencia los gustos, preferencias y satisfacción percibida por los consumidores (Wagner et al., 2023).	Se realizará prueba de análisis descriptivo del perfil de sabor con 5 panelistas entrenados. siguiendo la metodología descrita por (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018)..	Sabores Básicos (aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos)	Intensidad de perfil de sabor (0-5) Calidad de sabor (0-10)
			Sabores específicos (cocoa/cacao, dulce, nuez, frutas frescas, frutas secas, floral, especias y otros)	Intensidad de perfil de sabor (0-5) Calidad de sabor (0-10)

1.6. HIPOTESIS

Los métodos de fermentación en cajas de madera y en saco de yute, así como el método de secado, influyen en las características físicas, químicas y cualidades sensoriales del licor de cacao (*Theobroma Cacao L*) de los tipos ICS 39 y THS 565.

1.7. JUSTIFICACION

Los granos de cacao tienen una gran importancia comercial a nivel mundial debido a su uso como ingrediente principal en elaboración del chocolate (Caporaso, Whitworth y Fisk, 2021). Según la Fundación Mundial del Cacao existe entre 5 y 6 millones de agricultores en países en vías de desarrollo de África tropical, Asia y América Latina que producen alrededor del 90% del cacao en todo el mundo, y el número de personas en todo el mundo alcanza entre 40 a 50 millones, que dependen del cacao para su sustento (Kongor et al., 2016)

En Madre de Dios, con el apoyo del gobierno regional y las organizaciones privadas, el cultivo del cacao y la producción viene en crecimiento en los últimos años, creando oportunidades de venta estable en el mercado internacional para el 90% de la producción. Los beneficios para la salud y la economía dependen de la producción sostenible y la intensificación de la calidad de los granos de cacao en la etapa de cosecha, fermentación, secado y tostado (Srikanth et al., 2020)

La fermentación y el secado del grano de cacao descomponen las proteínas mediante proteasas endógenas en aminoácidos y oligopéptidos de cadena corta, mientras que la invertasa descompone los polisacáridos en glucosa y fructosa (Akoa et al., 2021). Así mismo, la polifenoloxidas oxida los polifenoles, lo que reduce el amargor y la astringencia de los granos y mejora el sabor de los granos de cacao.(Alvarez-Villagomez et al., 2022).

Sin embargo, aún no está claro hasta qué punto la fermentación en cajón de madera, como secado en piso de concreto, secado en manta de polietileno influyen en la formación de precursores del sabor y sus relaciones con la calidad del sabor final y características sensoriales, motivo de la presente investigación

1.8. CONSIDERACIONES ETICAS

Este trabajo ha sido desarrollado de acuerdo con los estándares operativos de buenas prácticas de investigación. La Guía de Buenas Prácticas de Investigación es un documento que define las pautas para la realización de actividades de investigación.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.

(Horta-téllez et al., 2019), Estudiaron microfermentación de cinco clones de cacao: ICS 01, ICS 95, ICS 39, TSH 565 y CCN 51, caracterizados en función de sus propiedades fisicoquímicas, en la fase de fermentación, evaluaron la variación de temperatura, pH, la acidez total, los polifenoles totales, índice de fermentación; además, el perfil sensorial del licor de cacao. Los resultados revelaron granos de todas las variedades con mayor a 65% de fermentación, lo que los clasificaba como cacao de primera calidad. únicamente el clon ICS 01 fue clasificado como cacao estándar. El perfil sensorial de los sabores a cacao, floral fruta y nuez, demuestra combinación equilibrada de sabores.

(Quevedo, Romero y Tuz, 2018), Estudiaron método denominado rotor de madera con indicadores de análisis de temperatura, pH en testa y cotiledón, análisis físico de los granos y perfil sensorial del licor de cacao. Los experimentos de fermentación realizaron en saco de yute (T1), rotor de madera (T2), montón o pila (T3), caja de madera (T4) y cubo de plástico (T5); Seguido de secado al sol en carpa con cobertor de plástico. Los datos analizaron con diseño de bloques completamente aleatorizados. Los resultados evidencian diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), resaltando T2 con perfil sensorial de mayor aceptación respecto a sabores a cacao, floral, afrutado, nuez y bajas puntuaciones en sabor astringente y amargo.

Haruna et al., (2024), El estudio investigó el impacto de la eliminación parcial de pulpa entre 0% a 100% como técnica de pre acondicionamiento de la pulpa para mejora del tiempo de secado y la duración de la fermentación entre 0 a

6 días, así mismo, se exploró el pH, la acidez titulable, índice de fermentación y atributos de sabor de los granos de cacao secados al sol. Los resultados revelaron una reducción significativa en el tiempo de secado de 144 a 4,3 h para los granos fermentados en 6 días sometidos a un tratamiento de 0 a 100 % de reducción de pulpa. Los niveles de pH del cotiledón aumentaron de 5,28 a 5,74, mientras que los valores de acidez titulable disminuyeron de 0,083 a 0,013 meq NaOH/100 g. Los valores de índice de fermentación alcanzaron un máximo de 98,7 % con 50 % de reducción de pulpa. En general, el estudio demuestra el potencial de la reducción de pulpa como técnica de preacondicionamiento para mejorar el tiempo de secado y mejorar la calidad de los granos de cacao.

(Bariah Sulaiman, Wan Ibrahim y Aris Yan, 2014), Evaluaron el efecto de la duración de la fermentación utilizando una caja poco profunda sobre el pH, la puntuación de Porcentaje Equivalente Totalmente Marrón (EB) y los atributos de sabor de la semilla de cacao secos. El resultado mostró que el valor del pH de las semillas de cacao secos resultantes oscilaba entre 5,32, 5,09 y 5,29, mientras que al aumentar la duración de la fermentación a 48, 72 y 96 horas, la puntuación EB aumentó de 84,02 a 85,72 y 91,44, respectivamente. El análisis sensorial resalta que los sabores astringente y ácido de los granos fueron significativamente diferentes a $p < 0,05$. Finalmente se concluye que el aumento de tiempo y el grado de fermentación tienen relación positiva en los granos de cacao secos.

(Pineda et al., 2012), Tuvieron el objetivo de analizar cómo efecto de la fermentación y secado al sol de dos clones de interés comercial, a través de comportamiento de la temperatura de masa, contenido de nutricionales y funcionales propias de estos cacaos. Los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, error estándar). Se concluyó que muestra una influencia marcada por el proceso de fermentación y secado en las variables de respuesta analizadas excepto para los minerales.

(Portillo, Graziani de Fariñas y Cros, 2006), Evaluaron el impacto del tipo de fermentador, frecuencia de agitación, la resistencia de la mazorca y el tiempo de fermentación, en la calidad de las semillas y perfil sensorial. La evaluación sensorial tuvo en cuenta descriptores como la acidez, el aroma, el amargor, la astringencia, las notas florales, el afrutado y la valoración global. Los resultados, evidencian que el cacao fermentado en cajas de geometría cuadrado presentó acidez mínima que el fermentado en cajas rectangulares. Los resultados que dieron lugar a menor acidez y de mayor preferencia sensorialmente son las semillas fermentadas entre 48 h a 27h con agitación a intervalos de 24 horas.

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. El Cacao

El origen del cacao (*theobroma cacao L.*) se encuentra en las áreas tropicales de América, desde Perú hasta México. El uso principal de cacao es en la producción de chocolate. En la industria del chocolate, el proceso comienza con la recolección de la fruta, la eliminación de la pulpa de las semillas, la fermentación, el secado y el tostado, lo que provoca reacciones que producen el sabor y el aroma del chocolate. Las semillas tienen baja acidez, altos niveles de glucosa y compuestos fenólicos.(de Souza et al., 2018)..

2.2.2. Taxonomía

En 1735, el naturalista Carl Linneo, le otorgo por primera vez el nombre de *Theobroma cacao* (Lepido, 2009) ,clasificándolo botánicamente al cacao de la siguiente manera:

Reino : vegetal

División : *Spermatophyta*

Clase : Angiosperma

Sub-clase: Dicotiledónea

Orden : Malvales

Familia : Sterculácea

Género: Theobroma

Especie: *Theobroma cacao L.*

2.2.3. Variedades de Cacao.

El cacao es un cultivo muy diverso y su clasificación ha cambiado según los recientes avances en genotipo molecular. Históricamente, el cacao se dividió en tres grupos principales (“Trinitario”, “Forastero” y “Criollo”). El cacao “Trinitario” surgió tras la decadencia de la producción de cacao a principios del siglo XVIII en Trinidad, y corresponde a accesiones híbridas del Criollo, ampliamente cultivado en Mesoamérica, y del Forastero, muy difundido en Brasil (Díaz-Valderrama et al., 2020)

El germoplasma de cacao fue clasificado en grupos morfogenéticos según diferentes autores (Stagnati et al., 2020), El cacao criollo es de calidad superior. Sin embargo, Forastero se refiere a todas las demás formas de cacao e inherentemente tiene un trasfondo genético más diverso. Un tercer término, se refiere a Trinitario, se aplica a cultivos híbridos entre Criollo y Forastero. El cacao trinitario apareció después de la caída de la producción de cacao en Trinidad en la década de 1720 debido a una enfermedad conocida como “explosión” o “plaga” (Turnbull et al., 2017).

Por lo tanto, el cacao Forastero comprende 10 grupos genéticos actuales. Además, en Perú existen tres cultivares de cacao nativo reconocidos: cacao 'Chuncho', 'Cacao Amazonas Perú' (que tiene denominación de origen protegida; INDECOPI 2016) y 'Blanco Piurano' (que tiene ascendencia nacional, pero conserva su variedad varietal única) ,que tienen propiedades organolépticas únicas (Rojas et al., 2017).

El cacao Trinitario combina las cualidades del Criollo con la tolerancia a enfermedades del Forastero. Sin embargo, el término todavía comprende un grupo de cacao variable. La caracterización molecular del germoplasma de cacao con marcadores microsatélites distingue 11 grupos genéticos: Criollo, Marañon, Curaray, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado (que demostró ser el genotipo parental del antiguo grupo Trinitario, Purús, Guayana, Nacional Nacional Boliviano (Romero, 2016).

Actualmente la demanda de cacao y chocolate está en crecimiento a nivel mundial, el cacao fino representa el 5% de la producción total de cacao. El cacao fino deriva de la variedad denominada “Nacional” en Ecuador. Sin embargo, esta variedad es susceptible a numerosas enfermedades que llevaron al amplio cultivo del clon Colección Castro Naranjal 51 (CCN-51) (Herrmann et al., 2015).

La diferenciación es una estrategia de mercado importante en el comercio del cacao, así tenemos que el Cacao Fino de Aroma, un grupo genético que recibe mejores precios debido a sus atributos sensoriales especiales que lo diferencian de otros genotipos de mayor rendimiento, como la Colección Castro Naranjal. (CCN-51) y “Trinidad Seleccion Hybrid (TSH-565)” (Barrientos et al., 2019). De hecho, se ha demostrado que los atributos del grano de cacao dependen de la variedad, las condiciones agroclimáticas como la altitud, el suelo, el clima y el manejo poscosecha del grano de cacao (Cortez et al., 2024).

2.2.4. Poscosecha de cacao

El conocimiento sobre el manejo pos cosecha de los granos de cacao entre los agricultores es de gran importancia para un consumo seguro (Tardzenyuy et al., 2020). Los agricultores con educación superior tienen una mayor capacidad para recibir y procesar información relacionada con las mejores prácticas globales en producción, poscosecha y las practicas de almacenamiento en el cacao. (Ademola, Esan y Sangoyomi, 2024).

Poscosecha de cacao a escala de pequeñas parcelas, generalmente se controlan diariamente la temperatura, el pH (pulpa, cotiledones), el conteo de células (levaduras, bacterias lácticas, bacterias acéticas) y la calidad final se evalúan mediante pruebas de corte y análisis descriptivos sensoriales. Se observó una inconsistencia y variabilidad general en el procesamiento con diferentes dispositivos de fermentación (bolsas de yute/plástico, cajas de madera), pre secado, volteo durante la fermentación, duración de la fermentación y diferentes procesos de secado (temperaturas, directo/indirecto) (Streule et al., 2022).

Desde la cosecha del cacao hasta el chocolate se llevan a cabo diferentes procesos de transformación física y química. Además de los cambios en los componentes principales (lípidos y proteínas), también se modifica el contenido y la naturaleza de otros compuestos de importancia nutricional, como los compuestos bioactivos, que son los principales responsables de que el chocolate sea considerado un superalimento (Cortez et al., 2024).

Las operaciones primarias de Poscosecha, es decir, fermentación y secado, y pasos industriales o secundarios como el tostado) (Cubillos Bojacá et al., 2019), son factores que afectan, el color del grano de cacao, la uniformidad del tamaño del grano, el pH y la acidez, el recuento de granos, son utilizados como indicadores para medir la calidad, sin embargo, el aroma y sabor del cacao o productos derivados del cacao se consideran los indicadores de calidad más importantes, incluida la cantidad y el tipo de compuestos volátiles (Moreno-Rojas et al., 2023).

El chocolate premium se obtiene a través de un proceso de poscosecha, que se basa en técnicas semiestandarizadas. El cambio en el perfil metabólico durante el procesamiento del cacao impacta considerablemente el sabor y las propiedades nutraceuticas del producto final. Comprender este impacto considerando tanto los compuestos volátiles como los no volátiles es crucial para la reingeniería de procesos y productos del cacao después de la cosecha (Herrera-Rocha et al., 2024).

2.2.5. Fermentación de cacao

La fermentación es de suma importancia porque es responsable de la generación de varios compuestos químicos que son precursores de reacciones que tienen lugar durante el tostado, lo que conduce a una calidad química y sensorial adecuada del chocolate (Deus et al., 2021). De muchas etapas de procesamiento, es decir, la fermentación, que es la primera etapa del procesamiento primario, por lo que se requiere un proceso adecuado y monitoreado para obtener el mejor aroma en los granos de cacao (de Nazaré do Carmo Brito et al., 2017)

La fermentación del grano de cacao causa efectos intrínsecos como el pH, la actividad del agua y diversos ácidos orgánicos. La presencia de hongos

filamentosos en el cacao y el chocolate es motivo de preocupación debido a la posibilidad de formación de micotoxinas, además de alterar las propiedades sensoriales. (Ademola, Esan y Sangoyomi, 2024).

La fermentación del cacao se lleva a cabo principalmente como un proceso tradicional, que tiene lugar en el campo de cultivo de cacao, como parte de la producción del grano de cacao. Varios microorganismos participan en la fermentación del cacao, como levaduras, bacterias del ácido láctico, bacterias del ácido acético, bacterias formadoras de esporas y mohos. (Barišić et al., 2019). Varios procesos químicos y bioquímicos conducen a la creación y liberación de compuestos que contribuyen al sabor y el aroma del cacao. (Deus et al., 2021).

La fermentación es de suma relevancia en el procesamiento del cacao, se dispone información limitada sobre el impacto de la fermentación en los compuestos nitrogenados que están asociados con beneficios relevantes para la salud y la calidad del aroma del chocolate la fermentación sigue su curso, confirmado por la acidez total titulable, los cambios de pH y la variación de la temperatura (Deus et al., 2021).

Los parámetros clave de fermentación son temperatura, pH, tiempo y acidez que generan el desarrollo de color marrón de los cotiledones, indicativo de granos fermentados entre 67–74 h suficientes para alcanzar granos de cacao bien fermentados en bolsas de yute sin voltear y sin sabores desagradables a moho, mientras que en bolsas de plástico sin voltear puede alcanzar a 133 h con $3 \pm 1\%$ de granos mohosos, pero en el licor de cacao se genera sabor desagradable a moho (Spizzirri et al., 2019).

Las fermentaciones espontáneas de cacao crudo se realizan en cajas de madera a temperatura ambiente durante 5 días. Según el protocolo de producción, la técnica de volteo consiste en mover manualmente la masa total de los granos de cacao de una caja a otra una vez al día para asegurar la aireación y la fermentación uniforme. Como medida de buena práctica, se miden diariamente el contenido de azúcar en °Brix el pH de la pulpa con un pH y la temperatura durante la fermentación en las cajas (Hinne et al., 2019).

La fermentación, no solo determina la formación de compuestos de aroma y sabor, sino que también contribuye con la formación de compuestos bioactivos con beneficios para la salud. Sin embargo, la mayoría de los estudios asocian estos efectos beneficiosos a los polifenoles presentes, pero la fermentación, también influye en la hidrólisis de la proteína del grano de cacao para la liberación de péptidos bioactivos. Además, se presentan los potenciales beneficios para la salud de los hidrolizados y péptidos del grano de cacao, específicamente, actividades antioxidantes, antihipertensivas, antidiabéticas, anti-Alzheimer, antiobesogénicas y antitumorales (Domínguez-Pérez et al., 2020).

2.2.6. Índice de fermentación de granos de cacao

Comúnmente el final de la fermentación es determinado empíricamente por los trabajadores, como consecuencia se observa una alta variabilidad en las características de calidad de los granos de cacao. El monitoreo de algunos parámetros podría usarse para detener la fermentación, evitando una alta acidez comúnmente observada en granos de cacao sobre fermentados para evitar un sabor astringente o desagradable en granos de cacao con fermentación insuficiente (Haruna et al., 2024).

Es necesario desarrollar un método para determinar el tiempo adecuado para la fermentación en tiempo real. Se han propuesto varios análisis, como los cambios de color en el interior de los cotiledones de los granos cortados, fenoles totales, la estimación de la materia colorante roja de los granos de cacao, los cambios en los flavan-3-oles en el grano, y el índice de fermentación y cambios de calidad, cuando finaliza el proceso de fermentación utilizando granos de cacao secos (Romero-Cortes et al., 2013).

Se ha considerado un buen marcador para determinar el grado de fermentación del grano de cacao el índice de fermentación, que es una medida no dirigida del contenido de antocianinas. Se ha sugerido que un valor del índice de fermentación ≥ 1 indicaría que la masa de cacao estaría suficientemente fermentada. El índice de fermentación se ha asociado con otros parámetros, como el pH, los azúcares reductores, los aminoácidos libres

y los pigmentos colorantes del cacao, pero, como se mencionó anteriormente, solo en los granos de cacao secos (Caporaso, Whitworth y Fisk, 2021).

Es necesario investigar cómo establecer un buen indicador para determinar el mejor tiempo de duración del proceso de fermentación. Por lo tanto, establecer la relación entre el índice de fermentación y la evolución de polifenoles, color, pH (cotiledóneo, grano entero, pulpa y pulpa + tegumento) y medición espectral (debido a que estos cambios bioquímicos están involucrados en la producción de precursores de sabor) durante la fermentación del cacao (Romero-Cortes et al., 2013).

La prueba de corte es un método visual sencillo para evaluar el color de los granos, que se puede realizar en el campo; por lo tanto, se utiliza a menudo como índice de fermentación. Por otro lado, existen varios métodos químicos disponibles para evaluar con mayor precisión el índice de fermentación. (Ooi, Ting y Siow, 2020).

Debido a que el cambio de color es un proceso bioquímico complejo, se deben hacer la medición del color (utilizando un sistema simple de adquisición de imágenes) para evaluar la calidad de los granos de cacao fermentados (Ademola, Esan y Sangoyomi, 2024).

La calidad de fermentación (FQ) de las muestras de granos de cacao se determina utilizando el método de prueba de corte de los granos descrito previamente. Se cortaron un total de 100 granos a lo largo por la mitad. Ambas mitades se examinan visualmente a plena luz del día para determinar la efectividad de la fermentación y se clasificaron como granos pizarrosos (sin fermentar), morados (poco fermentados) y marrones (bien fermentados). A continuación, se examinan las superficies cortadas en busca de defectos como mohosos, germinados y gorgojos para determinar la salubridad de los granos. Luego se cuantifica la calidad de la fermentación mediante la ecuación (1) (Bisiw, 2018).

$$FQ = \frac{CP+CM+GM+TGG}{TGC} \quad (1)$$

Donde FQ es la calidad de fermentación, CP es el número de granos con superficie de corte pizarrosa, CM es el número de granos con superficie de corte morada, GM es el número de granos con superficie de corte mohosa, GG es el número de granos germinados y TGC. es el número total de granos cortados (Bisiw, 2018).

2.2.7. Secado de cacao

El secado solar es el método más antiguo, económico, popular y de acceso libre, se puede aplicar utilizando desde los procedimientos rudimentarios hasta los más sofisticados y científicos, especialmente en los trópicos y subtrópicos donde hay mayor radiación solar (Bala y Janjai, 2012). Más del 60% del cacao africano y asiático se seca localmente abierto al sol, razón principal del contenido de humedad elevado en el momento de la venta por parte de los agricultores. Entre las fuentes de energía renovables, la energía solar se considera indispensable en el futuro, ya que es económica, abundante, inagotable, compatible con el medio ambiente y no contaminante (Fernandes et al., 2011).

El secado al sol al aire libre se lleva a cabo ampliamente esparciendo los granos sobre esteras de madera elevadas y láminas de plástico o sobre pisos de concreto bajo la luz del sol. Los granos se voltean manualmente con regularidad y es necesario que alguien se quede cerca para ahuyentar los contaminantes bióticos y también para llevar los granos a la sombra en caso de lluvia. Aunque está disponible gratuitamente, este método depende del clima, requiere mucha mano de obra, lleva más tiempo (entre 7 y 22 días) y expone los granos a animales y otros contaminantes ambientales (Mohamadi Alasti et al., 2019)

Secado abierto a sol, aumenta el riesgo de producir granos contaminados en comparación con los métodos de secado más controlados, ya que los períodos de secado más prolongados exponen los granos al crecimiento de moho (Foster et al., 2024). Algunos agricultores mal informados secan sus granos de cacao en el suelo desnudo exponiéndolos a la contaminación por piedras, suelo y organismos de la superficie, algunos en los costados de carreteras asfaltadas exponiéndolos a la contaminación por compuestos

cancerígenos (Misnawi, 2012). Aunque este método es el más barato y el que está más disponible para todos los agricultores, en la práctica no es viable durante períodos de fuertes lluvias y alta humedad (Komolafe et al., 2020)

Considerando el secado como una operación unitaria clave que determina la calidad en la cadena de procesamiento del cacao, en la parcela, los métodos de secado y los parámetros de calidad de los granos de cacao. El contenido de humedad, el moho, el color del grano, el pH, la acidez titulable, el contenido de grasa y la concentración de ácido acético son los parámetros de calidad del grano más evaluados (Dzelagha, Ngwa y Nde Bup, 2020)

En la actualidad, se investiga métodos de secado solar, horno, microondas y liofilización en varios niveles en el secado de los granos de cacao con el objetivo de mejorar las propiedades de secado y la calidad final de los granos de cacao. (Dzelagha, Ngwa y Nde Bup, 2020).

Debido a que la temperatura de secado depende de la intensidad solar, los materiales del secador y la ubicación de las bandejas de secado son los parámetros ideales para mejorar las tasas de secado en el método a abierto sol. Los materiales, los ángulos de elevación, los calentadores y los ventiladores se modifican en los secadores solares para maximizar la absorción de energía y los parámetros de secado. Los sistemas electrónicos controlan directamente el aire de secado en hornos y microondas. (Streule et al., 2022).

2.2.8. Licor de cacao

El licor de cacao es una pasta que se produce al descascarillar y moler los granos de cacao fermentados, secos y tostados. Esta pasta sirve como base para las formulaciones de chocolate. El análisis del licor de cacao es importante porque se puede probar la calidad de los procesos poscosecha. Así, las condiciones establecidas en los procesos poscosecha deben ser ideales para el producto final (Velásquez-Reyes et al., 2023).

Los licores de cacao son la materia prima industrial para la fabricación del chocolate. Se produce tras la cosecha del cacao, la rotura del grano, la fermentación y el secado, seguidos del tostado para obtener los nibs de cacao

y la molienda, que origina el licor de cacao o masa de cacao, prensando el licor para obtener manteca de cacao y cacao en polvo (Engeseth y Ac Pangan, 2018).

Una de las principales preocupaciones en las industrias chocolateras es la dificultad para estandarizar el licor de cacao, que es muy importante para conseguir un producto de alta calidad, y los atributos sensoriales son una de las principales preocupaciones. Los compuestos responsables de este atributo son compuestos heterocíclicos de nitrógeno y oxígeno, aldehídos, cetonas, ésteres, alcoholes, hidrocarburos, nitrilos, sulfuros, pirazinas, éteres, furanos, tiazoles, pironas, ácidos, fenoles, iminas, aminas, oxazoles y pirroles (Cemin et al., 2022).

Las semillas tostadas se muelen para crear licor de cacao. Las partículas de cacao que están suspendidas en la manteca de cacao son lo que hace el licor de cacao. La temperatura y el grado de fresado varía según el tipo de nibs utilizada y el producto requerido. Los fabricantes de chocolate suelen utilizar en sus productos cacao más de un origen y, por lo tanto, los diferentes licores extraídos de las diferentes semillas deben mezclarse según la fórmula requerida (Stadler, Hughes y Guillaume-Gentil, 2014).

El licor de cacao se puede usar directamente en la fabricación de chocolate o se puede prensar en dos partes después de procesarlo: manteca de cacao y torta prensada de cacao. La manteca de cacao se utiliza en la fabricación de chocolate, mientras que la torta prensada de cacao se descompone para formar cacao en polvo, que se utiliza principalmente en bebidas, repostería y postres (Herrera-Rocha et al., 2023).

Los fabricantes de chocolate dependen principalmente del licor de cacao para el sabor de su producto y no pueden permitir que ningún "sabor desagradable" pase al producto. A medida que las fábricas siguen comprando más productos de cacao, el cuidado de la calidad del licor se vuelve más importante. Lamentablemente, los sabores ahumados, ácidos, a moho no son desconocidos en los licores de cacao (Melo, Orjuela y Guerrero, 2022).

Si bien existen procesos disponibles que pueden reducir los sabores no deseados, dichos métodos también pueden disminuir el aroma del chocolate y no pueden usarse para licores que tienen un alto grado de sabores desagradables. Estos procesos constan de dos tipos básicos: calentar el licor y usar vapor de agua para eliminar el sabor no deseado, o calentar el licor al vacío. Determinar qué sistema es mejor depende del tipo de cacao, el sabor no deseado del licor y el sabor del producto requerido (Dand, 2011).

El chocolate de dos ingredientes resalta las propiedades químicas del licor de cacao que influyen en la percepción sensorial. Estos incluyen el sabor y el aroma de los compuestos químicos volátiles, el amargor y la astringencia de los compuestos químicos no volátiles y la sensación en boca y la fusión de la manteca de cacao (Brown et al., 2023).

2.2.9. Perfil sensorial de licor de cacao.

La evaluación sensorial de los productos del cacao requiere la definición y comprensión uniforme de cada uno de los atributos sensoriales seleccionados. La evaluación sensorial cuantitativa por parte de panelistas entrenados de un producto de cacao líquido o en polvo se basa en el aroma como el primer factor crucial. El sabor, precedido por el aroma, va acompañado de una evaluación de si existe un equilibrio entre el amargor y la acidez, o si uno de ellos es preponderante. Por último, se evalúan todas las notas de sabor específicas del cacao y los sabores extraños (Engeseth y Ac Pangan, 2018).

El perfil sensorial y la composición química y de los granos de cacao son factores esenciales que determinan la calidad de los productos a base de cacao. Los perfiles sensoriales de las muestras de licor de cacao se describen mediante intensidades débiles de aspectos de sabor y aroma a afrutadas, florales, especiadas y dulces. La concentración de ácido acético, ácido láctico y algunos aminoácidos (ácido glutámico, prolina y metionina) se asocia con la fruta fresca, la fruta dorada y la nota tostada del licor de cacao, respectivamente. La variación de las condiciones ambientales y de las prácticas poscosecha puede contribuir con la diversidad de las características químicas y sensoriales del cacao en grano (Fang et al., 2020).

Los perfiles de sabor ideales para el cacao y el chocolate son aquellos que tienen cantidades equilibradas de astringencia y amargor (no astringentes), un agradable sabor a cacao y notas delicadas como frutales, florales, especiadas, herbáceas y de nuez. (Loayza L., 2014).

Se han identificado más de 600 compuestos aromáticos volátiles que, combinados, se perciben como la quintaesencia del "sabor a chocolate". Los compuestos volátiles se derivan de los llamados precursores del sabor que se forman durante la fermentación y el secado del cacao cuando la levadura y las bacterias actúan sobre los péptidos y los azúcares reductores (Engeseth y Ac Pangan, 2018)

Los aromas y sabores característicos del cacao y el chocolate, compuestos por una mezcla de cientos de compuestos, están determinados tanto por compuestos orgánicos volátiles principalmente por aldehídos, ésteres, ácidos orgánicos y pirazinas, como por compuestos orgánicos no volátiles especialmente aminoácidos, otros ácidos orgánicos, sacáridos y proantocianidinas. También hay compuestos de mal sabor, como el ácido acético, el ácido butanoico, el ácido 2-metilpropanoico y el ácido 3-metilbutanoico, que imparten rancidez o acidez, junto con otros ácidos carboxílicos de cadena corta, pueden considerarse malos olores (Perotti et al., 2020)

Varias revisiones bibliográficas han expuesto los compuestos químicos que contribuyen al sabor del chocolate, que incluyen alcoholes, aldehídos y cetonas, ésteres, pirazinas, ácidos y fenoles. Los compuestos químicos volátiles son captados por la nariz y percibidos en la vía olfativa del cerebro, junto con las vías del gusto, el tacto, el sonido, la visión y la percepción activa, todo lo cual se combina para formar la percepción del sabor a chocolate (Braga et al., 2018)

2.3. DEFINICION DE TERMINOS

- **Theobroma Cacao L.:** el nombre científico del árbol del cacao, también conocido como cacaotero, que es nativo de las regiones tropicales y subtropicales de América del Sur.

- **Fermentación:** El proceso bioquímico en el que un fermento transforma una sustancia orgánica en otra, generalmente más simple.
- **Secado:** El secado es el proceso de eliminar las sustancias volátiles, como la humedad, para producir un producto sólido y seco.
- **Licor de cacao:** Es el resultado de desintegrar mecánicamente los granos de cacao pelados y limpios, sin extraer ni agregar ningún componente.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE ESTUDIO.

Es una investigación de tipo cuantitativo de carácter experimental y aplicativo en el área de proceso, tecnología e ingeniería.

3.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

Los resultados de los experimentos se analizaron utilizando la media, la desviación estándar (SD), la prueba "t" de Student, análisis de varianza (ANOVA). La información obtenida del análisis del perfil sensorial del licor de cacao se realizó con análisis multivariado (MANOVA) seguido de Análisis discriminante. Los datos se analizaron con Software Microsoft Excel, OrigenPro versión 2021b (64-bit)SR1 y RStudio versión 3.4.0 (2017).

3.3. POBLACION Y MUESTRA.

3.3.1. Población: Es la producción mixta de (4 ha) de cacao aromático como el cacao TSH-565 y de Cacao ICS-39. Procedente de las parcelas perteneciente a socios de la empresa Cooperativa COOPASER de la provincia de Tambopata ubicado en el km 35 carretera Puerto Maldonado a Cusco.

3.3.2. Muestra: La investigación se realizó utilizando muestras no probabilísticas. Las mazorcas de cacao fueron recolectadas de las parcelas de la empresa cooperativa COOPASER, Tambopata región Madre de Dios. Para el experimento se utilizó 88.2 kg. de almendras frescas de las variedades de cacao TSH565 (Trinidad Selection Híbrida) y ICS39 (Imperial College Selection).

3.3.3. Codificación de las muestras

Las muestras se identificaron según la variedad de cacao (ICS-39, THS -565) y métodos (fermentación y secado), la codificación de las muestras se presenta en la tabla 2.

Tabla 2: Codificación de muestras

N°	Variedad de cacao	Tratamiento	Código de muestra
1	TSH-565	Fermentado en cajón, secado en parihuela	TM-1
2	TSH-565	Fermentado en saco, secado en parihuela	TM-2
3	TSH-565	Fermentado en cajón, secado en manta	TM-3
4	TSH-565	Fermentado en saco, secado en manta	TM-4
5	ICS-39	Fermentado en saco, secado en parihuela	TM-5
6	ICS-39	Fermentado en cajón, secado en manta	TM-6
7	ICS-39	Fermentado en saco, secado en manta	TM-7
8	ICS-39	Fermentado en cajón , secado en parihuela	TM-8

3.4. METODOS Y TECNICAS

3.4.1. Lugar de ejecución

Los experimentos de fermentación y secado se ejecutaron en la planta de procesamiento de cacao de la cooperativa COOPASER ubicado en el km 39 carretera Puerto Maldonado-Cusco, las pruebas se hicieron en el laboratorio de “Procesos Agroindustriales” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios –UNAMAD y el perfil sensorial se evaluó en las instalaciones de CITE-productivo MADRE DE DIOS, situado en el km 16 de la carretera Puerto Maldonado-Cusco, Madre de Dios.

3.4.2. Materiales equipos y reactivos.

3.4.2.1. Materia prima

La materia prima utilizada fue recogida de la parcela perteneciente al Sr. Pedro Villa, socio de la cooperativa COOPASER, quien cuenta con 4 ha de cultivo mixto de cacao (*theobroma cacao L.*), localizado en el Km 35 carretera hacia Cusco, Tambopata región Madre de Dios.

3.4.2.2. Materiales:

a) De campo

- Tijera de poda
- machete
- baldes de plástico
- sacos de polipropileno.
- bolsas de plástico
- cajón fermentador de madera
- Mantas de polipropileno (PP)
- sacos de yute, hojas de plátano
- paletas y rastrillo de madera
- cutter, plumón, lapicero, cinta maskin tape.
- Cuaderno de registros.

b) De laboratorio

- Campanas desecadoras al vacío
- vasos de precipitación 50, 100 y 200 ml.
- matraz Erlenmeyer 50 y 100 ml.
- agitador de vidrio.
- placas Petri
- probetas graduadas 100 ml
- pipetas, embudos, papel filtro, papel toalla.

c) Instrumentos

- Termómetro de 0°C-100°C, marca HANNA –HI145
- refractómetro
- Calibrador vernier
- Higo-termometro

3.4.2.3. Equipos

- Potenciómetro con rango de pH de 0-14, marca OHAUS, modelo ST3100
- Estufa con temperatura máx. de 200° C, marca DUROCELL
- Molino de granos de cacao, descascarilladora.

- Licuadora para granos, marca cocoatown
- Balanza digital gramera: modelo PCE-JS 500 PCE-JS.
- Determinador de humedad, marca KAMIII Aqua-Boy.
- Balanza mecánica tipo reloj de capacidad 20 kg.
- Determinador de humedad, modelo Draminski portátil para granos, con límite inferior de humedad 4.0%, y un límite superior de humedad 20%.
- Guillotina

3.4.2.4. Reactivos

- hidróxido de sodio al O, 1 N
- fenolftaleína al 1%.
- Agua destilada

3.5. METODOS

3.5.1. Preparación de muestras de cacao

Las mazorcas de cacao se cosecharon por métodos tradicionales, posteriormente se seleccionaron según la variedad de cacao ICS-39 y TSH-565, seguidamente se separan las mazorcas con signos de enfermedad fúngica, luego se aplicaron corte para la apertura de la baya y extraer los granos para propósito de llevar a cabo la operación de fermentación.

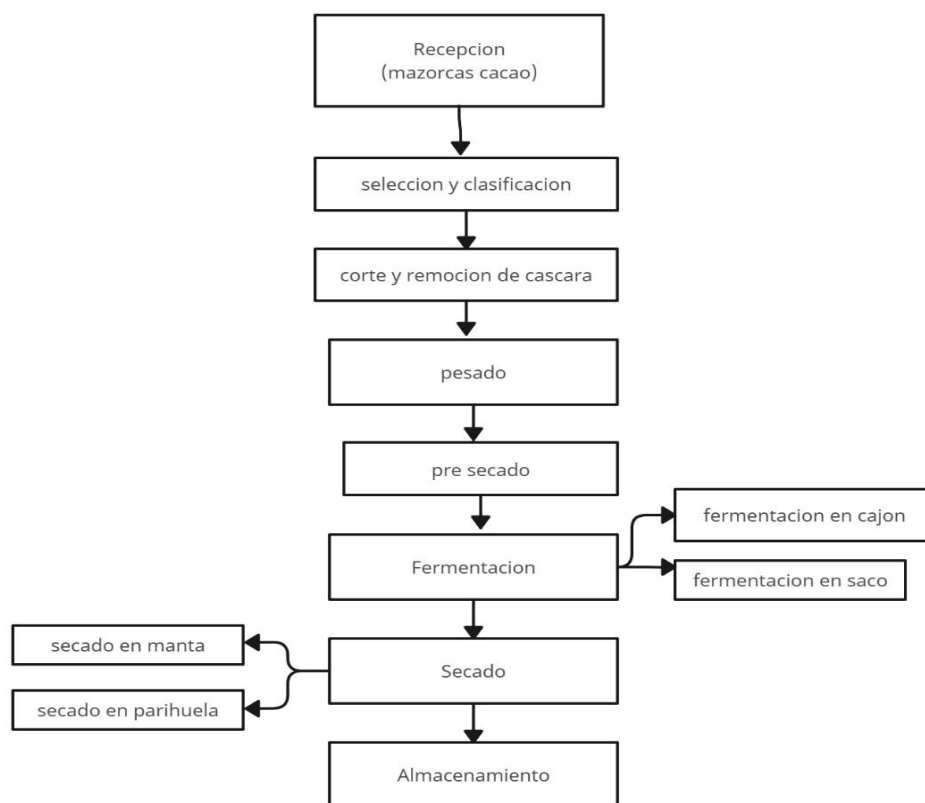


Figura 1:Diagrama de proceso de beneficio de cacao



Figura 2:Fruto en estado inmaduro de cacao ICS-39



Figura 3: Fruto en estado inmaduro de cacao THS -565

3.5.2. Clasificación y selección: Las Fig. 4 y 5 evidencian la clasificación de acuerdo a la variedad de cacao THS -565 y ICS-39, en la selección se efectuaron la separación de las mazorcas inmaduras, también las mazorcas enfermas el cual es caracterizado por manchas negras.



Figura 4: Mazorca de cacao TSH-565



Figura 5: Mazorca de cacao ICS-39

3.5.3. Quiebra de mazorcas: para abrir las bayas se utilizó un machete sin filo, así se previene el corte de las semillas, luego de extraer las semillas se depositaron en baldes (ver Fig. 6 y 7), posteriormente se experimentaron la etapa de fermentación.



Figura 6:Desgrane de cacao



Figura 7: Granos frescos de cacao

3.5.4. Fermentación de granos de cacao variedad ICS-39 y THS -565

Se experimentó dos métodos de fermentación: a) fermentación en cajas de madera y b) fermentación en bolsas de yute, en ambos métodos se experimentaron con las variedades de cacao ICS-39 y THS -565.

a) Fermentación en cajón. Este proceso se llevó a cabo en cajón de madera con dos compartimentos de, 40 cm de ancho, 40 cm de largo y 45 cm de profundidad, (Fig. 8). Para eliminar los lixiviados de la masa de mucilago, los cajones disponen de orificios de 0.5mm diámetro en la base, separados a cada 5cm. El cajón para fermentación fue construido con madera de la especie Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) debido a las propiedades de baja absorción de humedad, además evita transferir olores a la masa de cacao durante la fermentación. Durante el proceso se evaluó la variación de la temperatura, pH y grado de fermentación mediante la prueba de corte.



Figura 8: Fermentador tipo cajón

b) Fermentación en sacos.

Para ello se utilizó sacos de yute, así como de polietileno, ver (fig. 9), primero se puso los granos frescos de cacao en saco de yute, y sobre ello se acondiciono en sacos de polietileno.



Figura 9: Fermentación en saco

3.5.5. Secado de los granos de cacao variedad ICS-39 y TSH -565

Al final de la fermentación, se experimentaron dos métodos de secado conectivo natural:

a) Las semillas de cacao se dispusieron en manta de polipropileno de color negro, luego se extendieron en plataforma de concreto instalados bajo techo traslucido construido con láminas ondeadas de polipropileno, el secado se realizó 9 h diarias (de 8 am a 5 pm) durante cuatro días, removiendo a intervalo de 2 horas para generar la evaporación del agua.

b) Los granos de cacao se extendieron en parihuelas de madera instalados bajo techo traslucido construido con láminas ondeadas de polipropileno, el secado se realizó repitiéndose las mismas operaciones de secado en manta, se expusieron los granos de cacao a la radiación 9 h diarias (de 8 am a 5 pm) durante cuatro días, removiendo cada 2 h con fines de la evaporación de la humedad

Al finalizar el secado los granos de cacao se almacenaron en lugar fresco y limpio, envasado en bolsas de polietileno de alta densidad, para propósito de ensayo experimental posteriores.

3.5.6. Elaboración de licor de cacao

Se elaboró ocho muestras de licor de cacao basado en la metodología de fermentación y secado, las muestras de licor de cacao elaborado con la variedad TSH-565 se rotularon como TM1, TM2, TM3, TM4 y el licor de caco

elaborado con la variedad ICS-39, se rotularon como muestras TM5, TM6, TM7, TM8. Las muestras para preparar licor de cacao se elaboró en el marco del protocolo establecido por el Programa de Desarrollo de Cooperativas (CDP) de USAID, Equal Exchange y TCHO (Burgos M. et al., 2019). La descripción de las operaciones desarrolladas para la obtención de licor de cacao se describe en la figura 10.



Figura 10: Flujograma de proceso de obtención de licor de cacao

3.6. Técnicas de análisis

3.6.1. Determinación de pH

El pH de la semilla de cacao húmedo y seco, en la testa y cotiledón se determinaron por la técnica potenciométrica descrito por (Meyer et al., 1989), (Bariah, 2014), (Sulaiman et al., 2014). Se tomaron 10 almendras de cacao, en seguida se trituró con licuadora agregando 100 ml de agua destilada, luego de dos a tres minutos de reposo, se filtró y se leyó el pH utilizando potenciómetro digital, el ensayo se realizó por triplicado. Para el análisis de cacao fresco se separó la testa y mucilago del cotiledón, las lecturas de pH se realizaron por separado para testa y cotiledón, repitiéndose el procedimiento para cacao fermentado y seco.

3.6.2. Control de Temperatura durante la fermentación

Para poder determinar las variación de temperatura durante la fermentación de los granos de cacao, se realizó cada 24 horas, para ello, se midió la temperatura en la parte superficial, en el centro e inferior de la masa de cacao, utilizando un termómetro calibrado, según el procedimiento recomendado por (Portillo, Grazziani y Betancourt, 2005).

3.7. Evaluación de calidad de granos de cacao

La calidad de los granos de cacao secos se evaluaron siguiendo la técnica propuesto por (Camacho S., 2014) las muestras de los granos cacao se obtuvo mediante el método del cuarteo, luego se determinaron la calidad física

3.7.1. Índice de grano

El índice de grano se determinó tomando al azar 100 granos de cacao entero y seco, luego se pesaron en una balanza analítica y se expresaron como numero de granos de cacao en 100 gramos de masa, la forma como se practica en la comercialización de cacao.

3.7.2. Prueba de corte:

Se tomaron al azar un total de 100 granos fermentados y secos. los granos de cacao secos se cortaron en dos mitades en orientación longitudinal con la finalidad de exponer la superficie de corte de los cotiledones para inspección visual. Ambas mitades de cada grano se examinaron a plena luz del día, según el color de la sección transversal de los granos (Caporaso et al., 2018).

3.7.3. Porcentaje de fermentación

Se estimaron mediante la ecuación 2, se tomaron como referencia 100 granos de cacao seco, se cogieron aleatoriamente los granos de la unidad experimental desarrollada.

$$\text{Granos fermentados} = \frac{\text{Numero de granos fermentados}}{100 \text{ granos}} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Siguiendo la metodología desarrollado por (Sulaiman et al., 2014) y (Caporaso et al., 2018), los granos fermentados se observaron el color interno de los granos de cacao seco partidos en dos mitades y se categorizaron como granos de cacao totalmente marrón (TM), parcialmente marrón (PM), parcialmente púrpura (PP), totalmente púrpura (TP) y pizarroso (P). El Porcentaje Equivalente Completamente Marrón (PECM), se estimó mediante la ecuación 3.

$$\text{PECM} = [(1 \times \% \text{TM}) + (0.7 \times (\% \text{PM} + \% \text{TP})) + (0.5 \times (\% \text{PP})) + (0.3 \times (\% \text{P}))] \quad (\text{Ec. 3})$$

3.7.4. Determinación de humedad

Para determinar la humedad de los granos de cacao se realizó en dos fases:

- a) Cuando los granos de cacao contienen mayor a 20% de humedad, es decir, los primeros días de secado, la humedad se determinó con el método A.O.A.C 1995. Exponiendo 5g de muestras de cacao a temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5$ en una estufa con circulación de calor por convección, hasta obtener peso constante.
- b) Cuando los contenidos de humedad de los granos de cacao son $\leq 20\%$, la humedad se determinó con higrómetro análogo marca KAMIII Aqua boy. Los granos secos se incorporaron en el recipiente recolector, luego de cerrar la tapa, se efectuaron la lectura.

3.8. Evaluación sensorial del licor de cacao

Los perfiles sensoriales del licor de cacao se evaluaron con 5 panelistas entrenados, el análisis sensorial se realizó basado en la valoración de la intensidad de descriptores de sabores básico (aroma, acides, amargor, astringencia, defectos y posgusto) y sabores específicos (cacao, dulce, nuez, fruta fresca, floral y especias) medido en la escala de 0 a 5; en el que 0

simboliza ausente, 1 apenas detectable, 2 presente, 3 caracteriza la muestra, 4 dominante y 5 extremo. Los atributos de calidad general se evaluaron usando una escala ordinal de 0 a 10, donde 0 significa ausencia, 1 a 2 baja intensidad, 3 a 5 intensidad media, 6 a 8 intensidad alta y 9 a 10 intensidad muy alta (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018), (Sari et al., 2022). La ficha de evaluación sensorial se muestra en el (Anexo 3).

3.9. Diseño experimental y análisis estadístico.

Los datos adquiridos de los resultados de los experimentos se analizaron mediante la media, desviación estándar (SD), la prueba "t" de Student, análisis de varianza (ANOVA). Se analizaron con análisis multivariado (MANOVA) seguido de Análisis discriminante ecuación. Las hipótesis (Ho) se verificaron con nivel de significancia ($p \leq 0,05$). Para análisis de los datos se utilizó el Software Microsoft Excel, OrigenPro versión 2021b (64-bit)SR1 y RStudio versión 3.4.0 (2017). A continuación, se muestra el modelo estadístico utilizado para explicar las fuentes de variación:

El estadístico t para probar si las medias de pH fermentado en cajón y saco son diferentes, ecuación 4.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_{x_1 x_2} \frac{\sqrt{2}}{n}} \quad (Ec. 4)$$

Dónde: $\bar{X}_i$ media de los valores de pH, fermentado en cajón y saco, $S_{x_1 x_2}$ estimador de la desviación estándar de ambos grupos de muestras.

ANOVA de un factor (DCA) para probar si la media de la temperatura de fermentación en cajón y saco, así mismo, si la media de secado en parihuela y manta son diferentes para las variedades de cacao ICS-39 y TSH-565. El modelo aditivo lineal de DCA, se expresa en la ecuación 5.

$$y = \mu_{ij} + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (Ec. 5)$$

Dónde y variables de respuesta: pH, temperatura, prueba de corte; contenido de humedad en cacao seco; μ_{ij} media general de la población, τ_i efecto del tratamiento evaluado, ε_{ij} error experimental.

El análisis multivariado de la varianza (MANOVA), se aplicó para determinar si existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las respuestas categóricas emitidos por los panelistas respecto a la apreciación de los perfiles de sabores básicos, específicos y calidad de licor de cacao elaborados con las muestras TM1, TM2, TM3, TM4 de la variedad de cacao TSH-565 y muestras TM5, TM6, TM7, TM8 variedad de cacao ICS-39. Las k variables de sabores básico (aroma, acides, amargor, astringencia, defectos, posgusto) y sabores específicos (dulce, nuez, fruta seca, fruta fresca, floral y especias) se presentan como un vector, la media de cada vector X_1, X_2, X_n de k variables y n observaciones se expresan mediante la ecuación 6.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1}{n} X'j \quad (\text{Ec. 6})$$

Análisis discriminante (AD), las observaciones individuales del perfil sensorial de cada muestra del licor de cacao (TM1 a TM8) en función de k variables de respuesta (sabores básicos, específico y calidad) se evaluaron con la técnica de AD. Las variables de respuesta se agruparon mediante la búsqueda de combinación lineal y se identificaron la contribución relativa de cada variable de respuesta. La combinación lineal de las variables de respuesta se presenta en la ecuación 7 denominado función discriminante canónica (FD) para separar en grupos de k variables de respuesta con n observaciones.

$$Z = a_1 Y_1 + a_2 Y_2 + \dots + a_k Y_k \quad (\text{Ec.7})$$

Dónde: a representa coeficiente asociado con cada variable, Y variables medidas de cada grupo (sabores básico, específico y calidad).

CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

En este capítulo se exponen los resultados de las variables estudiados respecto a la fermentación, secado y su repercusión en las características sensoriales de licor de cacao.

4.1. pH de fermentación de granos de cacao

En la caracterización de pH de las semillas de cacao sin fermentar se pudo observar pH 6.6 y pH 5.9 cotiledón y testa respectivamente para la variedad TSH 565, de modo similar pH 6.5 y 4.01 cotiledón y testa respectivamente se observaron en la variedad ICS 39, los resultados obtenidos son coincidentes con los valores de pH de las semillas de cacao sin fermentar caracterizados por (Deus et al., 2021).

Al iniciar la fermentación se observó pH 4.24 y pH 4.01 en la testa de los granos de cacao variedad TSH-565 y ICS-39 respectivamente, esos valores de pH, se debe al contenido de ácido cítrico de 1-2% en la pulpa (Afoakwa, 2010), así mismo, antes de inicio de la fermentación se detectó valores de pH 3.96 a 4.81 en la pulpa. Durante cinco días de proceso de fermentación el pH en la testa fue incrementando hasta alcanzar pH 7.23 de los granos fermentados en cajón y saco variedad de cacao ICS-39, sin embargo, se observó incremento de valores de pH 4.56 a 5.22 y 5.15 en proceso de fermentación en cajón y saco de la variedad TSH-565. En las (figuras 11,12 ,13 y 14) se muestra la evolución de pH de fermentación de los granos de cacao.

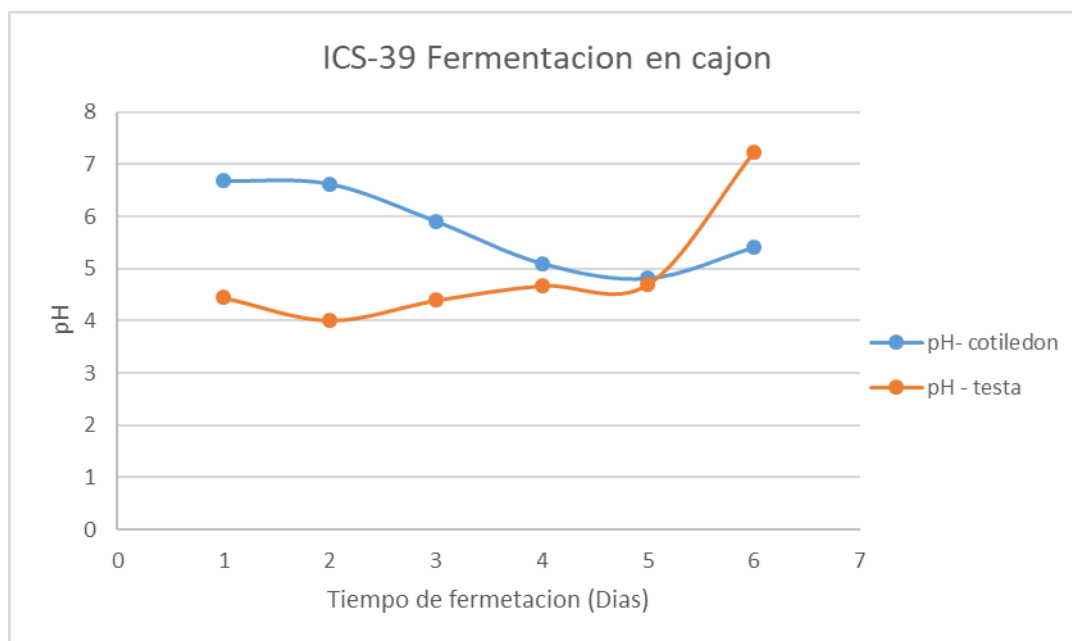


Figura 11: Variación de pH en cotiledón y testa del cacao ICS-39 fermentado en cajón.

Fuente: elaboración propia (2022)

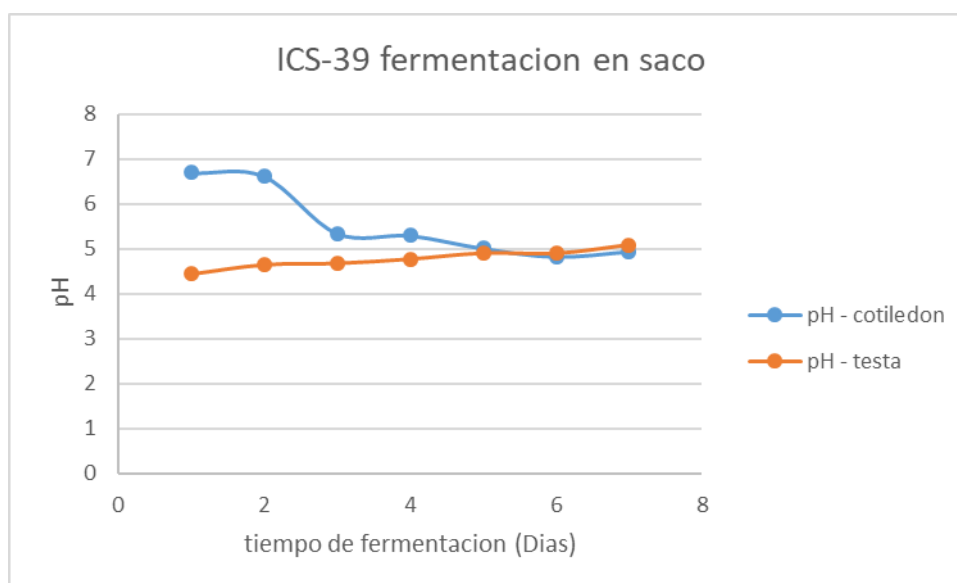


Figura 12: Variación de pH en cotiledón y testa del cacao ICS-39 fermentado en saco.

Fuente: elaboración propia (2022)

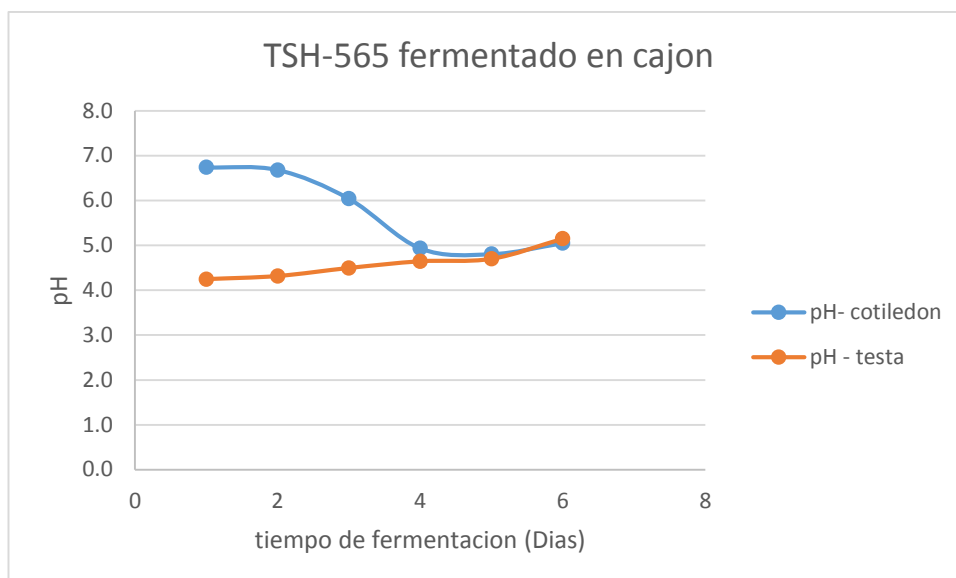


Figura 13: Variación de pH de cacao THS -565 fermentado en cajón

Fuente: Elaboración propia (2022)

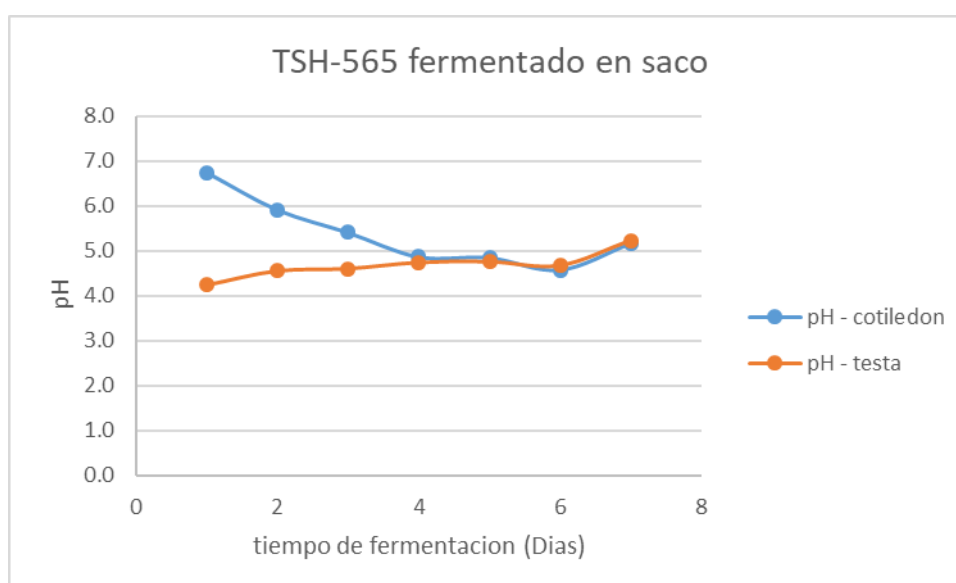


Figura 14: Variación de pH del cacao THS -565 fermentado en saco.

Fuente: Elaboración propia (2022)

Los resultados obtenidos son similares a los valores de pH reportados por (Sánchez, 2007), el incremento de pH en la testa y cotiledón de los granos de cacao refleja los cambios generados por los microorganismos durante la fermentación (Ac Pangan, 2021)

El análisis estadístico de resultados de evaluación de pH, en la tabla 3 se presenta contraste de dos medias de los valores de pH del cotiledón y testa de los granos de cacao variedad TSH-565 fermentados en caja y saco, de

modo similar en la tabla 4 se muestra el análisis de la diferencia de media entre los valores de pH del cotiledón y testa de los granos de cacao variedad ISC-39 fermentado en caja y saco; así mismo, en la tabla 5 se exhibe la diferencia media de los valores de pH del cotiledón y testa de los granos de cacao de las variedades TSH-565 y ICS-39 fermentado en caja, del mismo modo, en la tabla 6 se muestra la diferencia de media de los valores de pH del cotiledón y testa de los granos de cacao de las variedades TSH-565 y ICS-39 fermentado en saco. En la tabla 7 se expone resultados de la diferencia de media de valores de pH de los granos de cacao de las variedades TSH-565 y ICS-39 fermentado en caja y saco (es decir variedades diferentes y métodos diferentes de fermentación), finalmente, de modo análogo en la tabla 8 se revela la diferencia de media de los valores de pH de los granos de cacao de las variedades TSH-565 y ICS-39 fermentado en caja y saco en momentos diferentes, los datos obtenidos de la experimentación se presenta en los Anexos (5,6,7,8,9 y 10). Los resultados fueron sometidos a la prueba "t" de Student para determinar diferencia de medias de dos grupos a un nivel de confianza de 95% ($p \leq 0.05$)

Tabla 3: Prueba de t de student para el contraste de dos medias pH fermentado en caja y saco de la variedad THS 565

Grupos de experimento		min	max	mean	Ds	prueba de hipótesis
Cotiledón	Fc TSH-565	4.80	6.74	5.71	0.89	0.1891
	Fs TSH-565	4.58	5.91	5.13	0.48	
testa	Fc TSH-565	4.24	5.15	4.59	0.33	0.3342
	Fs TSH-565	4.56	5.22	4.76	0.24	

Tabla 4: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de la variedad ISC 39.

Grupos de experimento		min	max	mean	Ds	Prueba de hipotesis
Cotiledón	Fc ICS-39	4.81	6.69	5.76	0.79	0.3425
	Fs ICS-39	4.82	6.62	5.34	0.66	
Testa	Fc ICS-39	4.01	7.23	4.91	1.16	0.8723
	Fs ICS-39	4.64	5.08	4.83	0.16	

Tabla 5: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco y cajón de las variedades THS 565 y ICS 39.

Grupos de experimento		min	max	mean	Ds	prueba de hipotesis
cotiledon	Fc-TSH-565	4.80	6.74	5.71	0.89	0.9242
	Fc-ICS-39	4.81	6.69	5.76	0.79	
testa	Fc-TSH-565	4.24	5.15	4.59	0.33	0.5379
	Fc-ICS-39	4.01	7.23	4.91	1.16	

Tabla 6: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento		min	max	mean	Ds	prueba de hipotesis
cotiledon	Fs-TSH-565	4.58	5.91	5.13	0.48	0.5381
	Fs-ICS-39	4.82	6.62	5.34	0.66	
testa	Fs-TSH-565	4.56	5.22	4.76	0.24	0.5758
	Fs-ICS-39	4.64	5.08	4.83	0.16	

Tabla 7: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento		min	max	mean	Ds	prueba de hipotesis
cotiledon	Fc-TSH-565	4.80	6.74	5.71	0.89	0.432
	Fs-ICS-39	4.82	6.62	5.34	0.66	
testa	Fc-TSH-565	4.24	5.15	4.59	0.33	0.1445
	Fs-ICS-39	4.64	5.08	4.83	0.16	

Tabla 8: Prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco y cajon de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento		min	max	mean	Ds	prueba de hipotesis
cotiledón	Fs-TSH-565	4.58	5.91	5.13	0.48	0.1254
	Fc-ICS-39	4.81	6.69	5.76	0.79	
testa	Fs-TSH-565	4.56	5.22	4.76	0.24	0.7675
	Fc-ICS-39	4.01	7.23	4.91	1.16	

En la caracterización de pH de las semillas de cacao sin fermentar se pudo observar pH 6.6 y pH 5.9 cotiledón y testa respectivamente para la variedad TSH 565, de modo similar pH 6.5 y 4.01 cotiledón y testa respectivamente se observaron en la variedad ICS 39, los resultados obtenidos son coincidentes con los valores de pH de las semillas de cacao sin fermentar caracterizados por (Deus et al., 2021).

En el proceso de fermentación se pudo observar la reducción de pH de 6.4 hasta 4.2 en promedio, en periodo de seis días de fermentación, la disminución de pH se explica por el incremento de ácidos láctico y acético producidos durante la fermentación, considerada como eficiente el cambio de pH para el proceso hidrolítica de proteínas y liberación de aminos responsables de compuestos aromáticos (Pereira et al., 2020). Los valores de pH obtenidos en el proceso de fermentación en caja y saco no difieren significativamente a un nivel de confianza de 95% ($p \leq 0.05$), por consiguiente, se puede afirmar que la fermentación de cacao se puede llevar indistintamente en caja o saco en las zonas rurales de producción de cacao

4.2. Temperatura de fermentación de granos de cacao variedad TSH 565 y ICS 39

Los cambios de temperatura de fermentación en la masa de cacao se muestra en las Figura 15 (TSH 565) y 16 (ICS 39). La fermentación inicia a temperatura de 26.7°C instalados en cajón como en sacos, máximo incremento se pudo observar en el quinto día alcanzando a 46.1°C para los granos de cacao fermentados en cajón, sin embargo, los granos fermentados en saco alcanzaron a 45.9 °C en periodo de cinco, posteriormente se registra descenso de temperatura al sexto día de fermentación.

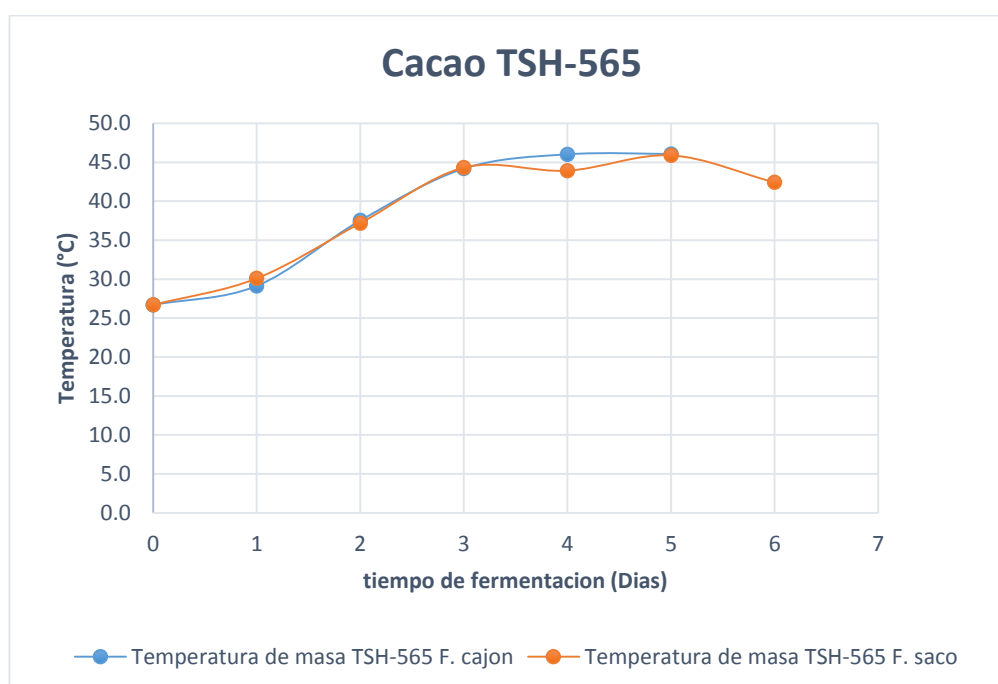


Figura 15: Temperatura de fermentación en cajón y saco de cacao THS -565

Fuente: Elaboracion propia (2022)

descenso de temperatura al sexto día. El incremento de temperatura en la masa del cacao es causado por la actividad microbiana en el que se generan una serie de reacciones bioquímicos.

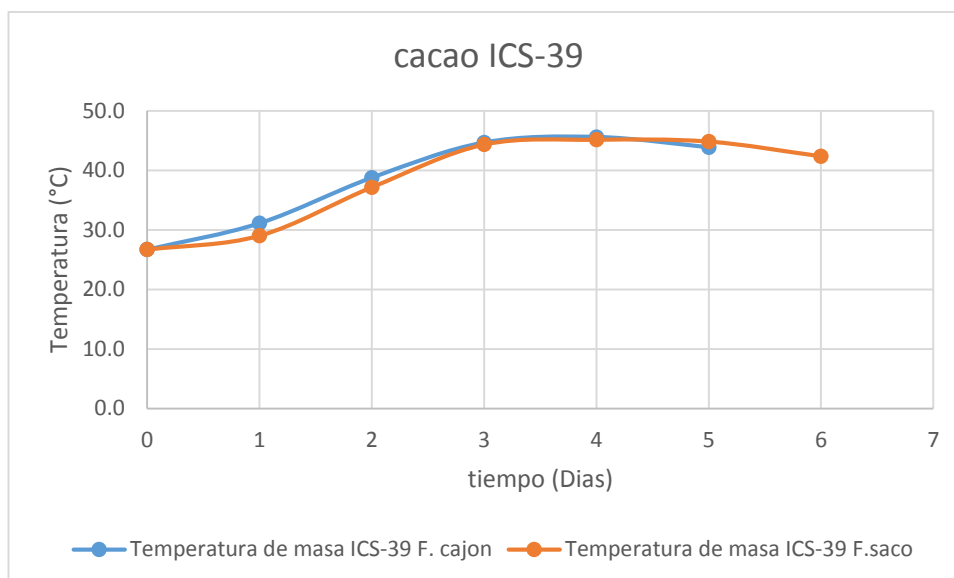


Figura 16: Temperatura de fermentación en cajón y saco de cacao ICS-39

Fuente: Elaboracion propia (2022)

La temperatura media en la masa de cacao al término de la fermentación (6 días) fue de $46,1 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ (media $\pm$ std), los resultados adquiridos de las mediciones de las temperaturas de fermentación en la masa de cacao en cajón y saco, se reafirman con los resultados reportado por (Peláez et al., 2016). En condiciones de fermentación artesanal la temperatura de la masa de cacao normalmente varían entre 45 y 50 °C (Santos et al., 2020), cuando la temperatura de la masa de cacao aumenta aproximadamente a 50 °C, el calor y el ácido inducen a reacciones químicas en los granos conocidas como curado, generando resultados con producción de ácidos orgánicos (ácidos oxálico, fosfórico, succínico, málico y acético) (García-Ríos et al., 2021), Sin embargo, las temperaturas de fermentación de la masa de cacao no fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$), por consiguiente, la fermentación en condiciones artesanales pueden ser llevado a cabo en cajón o saco, los datos de la temperatura de fermentación y ANOVA de datos en cajón y saco se presentan en los Anexos (11 y 12).

4.3. Grado de fermentación de granos de cacao

En las Figuras 17 y 18 se describen los resultados de la fermentación de los granos de cacao. En las características de los granos las pruebas de corte practicadas en los granos de cacao fermentado y seco se evidencian

mediante cambios de color de lila a marrón en el cotiledón, en los granos fermentados a la evaluación física visual se aprecia color marrón, por tanto, la tasa de fermentación se expresa en la puntuación del porcentaje equivalente completamente marrón (CM) de los granos de cacao,

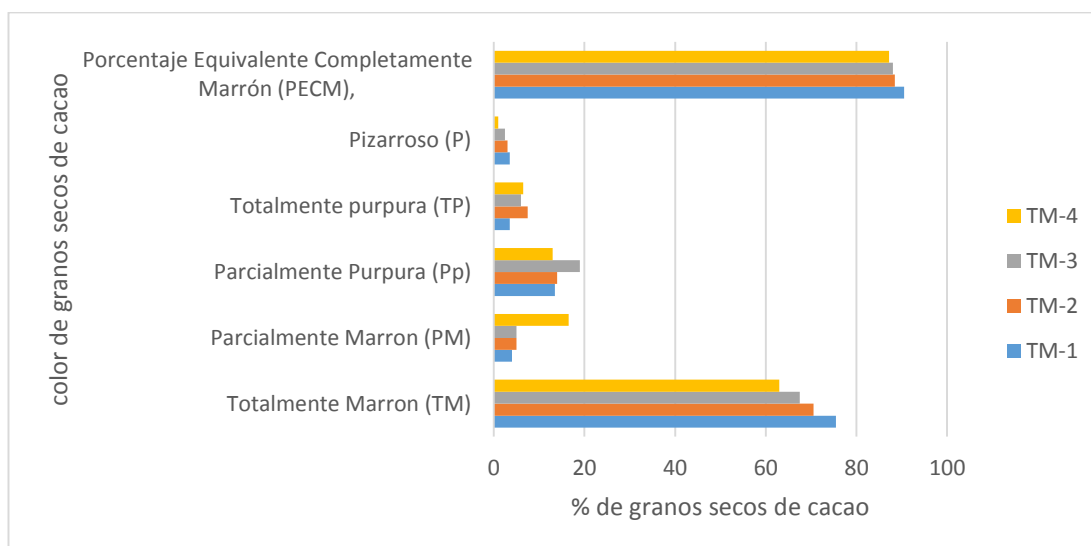


Figura 17: Grado de fermentación de granos de cacao variedad TSH -565

Fuente: elaboración propia (2022)

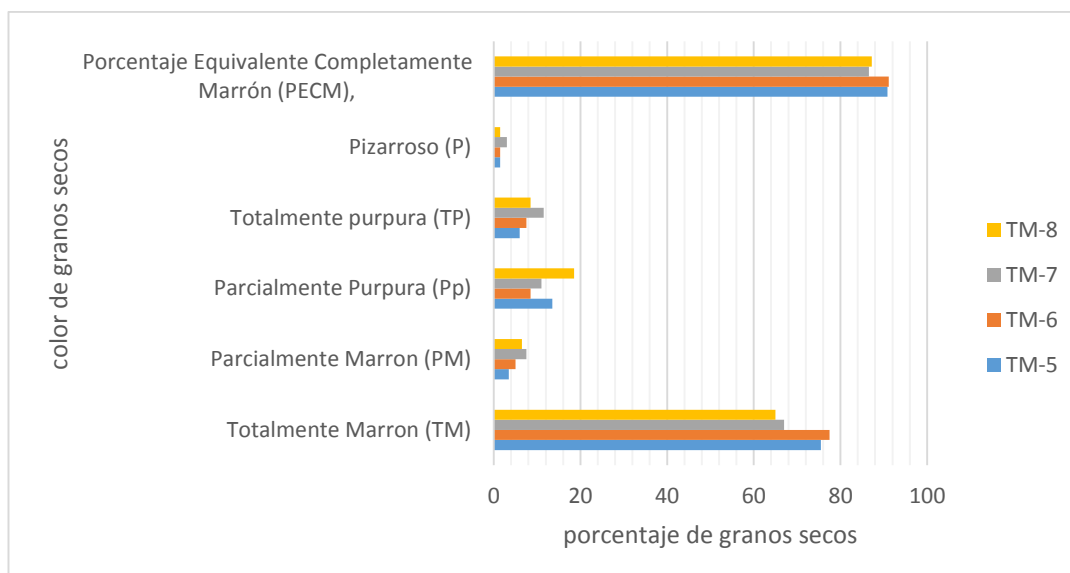


Figura 18: Grado de fermentación de granos de cacao variedad ICS – 39

Fuente: Elaboracion propia (2022)

los resultados de la fermentación artesanal de los granos de cacao durante 5 días en zona rural, muestran menores de 4% de granos de cacao pizarrosos

y defectuosos, así mismo, la puntuación del porcentaje de granos completamente marrón supera el 85% de los granos de cacao fermentado en cajón y saco de las variedades TSH-565 y ICS-39. Los requisitos de calidad exigidos en los granos de cacao bien fermentado significa que el lote no contiene mayor a 5% de granos pizarrosos y defectuosos (CAOBISCO/AEC/FCC, 2015), de modo similar, los granos con puntuaciones de 80% equivalente a completamente marrón, se consideran suficientemente fermentados (Bariah, 2014). El tiempo de la fermentación depende de la variedad de cacao, en efecto, la variedad TSH-565 requiere tres a cinco días de fermentación (Ooi, Ting y Siow, 2021), por consiguiente, los resultados obtenidos se reafirma con el resultado expuesto por (Febrianto y Zhu, 2019), por tanto, se puede concluir que las técnicas de fermentación artesanal realizadas durante la investigación permiten alcanzar las exigencias de la calidad física establecido para los granos de cacao. Los datos del grado de fermentación se presentan en el Anexo 13.

4.4. Resultados de secado de granos de cacao

Al cabo de cinco días de proceso de secado se alcanzaron a peso constantes con media de $8.43 \text{ kg} \pm 1.09$ a partir de peso inicial de 22kg de granos de cacao húmedo pos fermentación (ver datos Anexo 5), se obtuvo rendimiento de 42.34% de masa seca de cacao de la variedad TSH-565 fermentado en cajón y saco, sin embargo, se observó 32.73% y 35% de rendimiento de masa seca de cacao variedad de la variedad ICS 39, fermentado en cajón y saco respectivamente.

El tiempo y la reducción de humedad en condiciones de temperatura media de $29.4^{\circ}\text{C} \pm 11.19^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa (HR) media de $46\% \pm 0.25$, se describen en la Figura 19 secado de granos de cacao TSH-565 secado en manta y parihuela y Figura 20 secado de cacao ICS-39 secado en manta y parihuela.

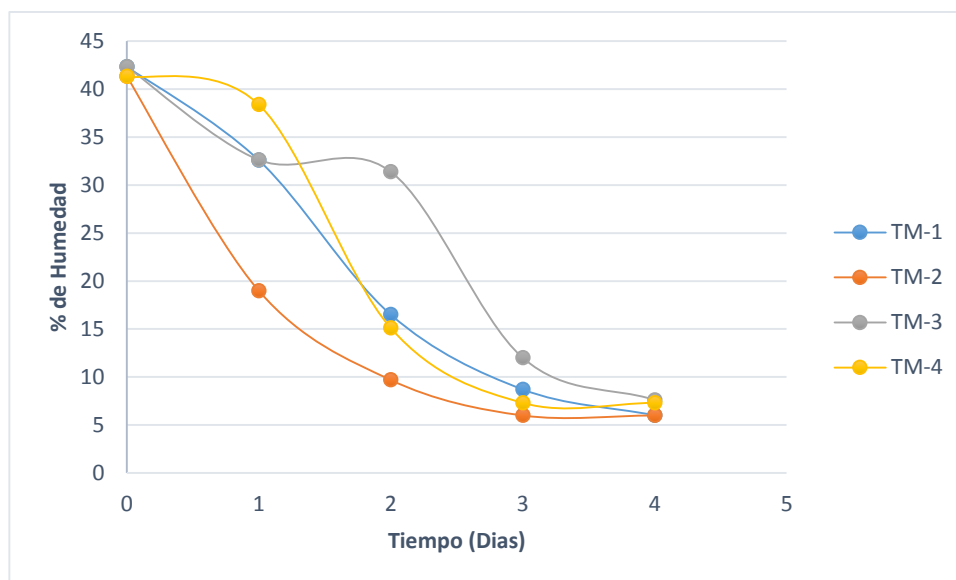


Figura 19: Curva de secado de granos THS -565 en manta y parihuela

Fuente: Elaboración propia (2022)

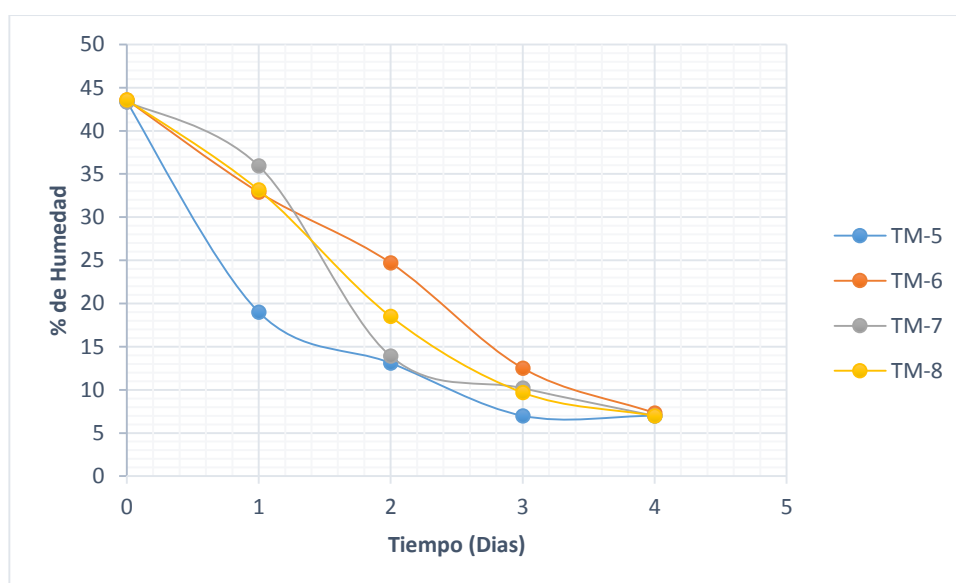


Figura 20: Curva de secado de cacao ICS-39 secado en manta y parihuela

Fuente: Elaboración propia (2022)

Se obtuvieron después del proceso de secado. granos secos de cacao fermentado en cajón y saco con contenido de humedad final media de $6.73\% \pm 0.85$ en base seca de las variedades TSH-565, así mismo, los granos secos de cacao fermentado en cajón y saco exhiben contenido de humedad final de $7.075\% \pm 0.15$ en base seca de las variedades ICS 39, los contenidos de

humedad entre 6% y 8% se consideran buenos para el almacenamiento (Banboye et al., 2020). Al ANOVA (ver Anexo 5 y 6) de un solo factor no existe deferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre las muestras (TM-1, TM-2, TM-3, TM-4) muestras fermentados en cajón y muestras fermentados en saco (TM-5, TM-6, TM-7, TM-8), por consiguiente, se puede concluir que los procesos de fermentación llevados a cabo en cajón o saco, del mismo modo la técnica de secado en manta o parihuela, así mismo, considerando la variedad de cacao no influyen en el proceso de secado para alcanzar la humedad estándar requerida para el almacenamiento de cacao (Banboye et al., 2020), (Tardzenyuy et al., 2020), (Komolafe et al., 2021).

4.5. Evaluación de características sensorial de licor de cacao

Los resultados del análisis sensorial evidencian las características del licor de cacao elaborado con granos fermentados en condición artesanal utilizando cajón y saco seguido de la evolución de secado natural expuesto a radiación solar utilizando manta y parihuela, finalmente tostado a 120°C. Los perfiles sensoriales analizados resaltan la intensidad de sabores y sensaciones percibidas por los panelistas mediante los descriptores de sabores básicos (Figura 21), descriptores de sabores específicos (Figura 22), potencial de la muestra del licor de cacao que caracteriza la calidad (Figura 23) (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018) (Barrientos et al., 2019). Las figuras son elaborados utilizando Software OrigenPro versión 2021b (64-bit)SR1, los datos, resultado del análisis sensorial se presenta en el Anexo 14.

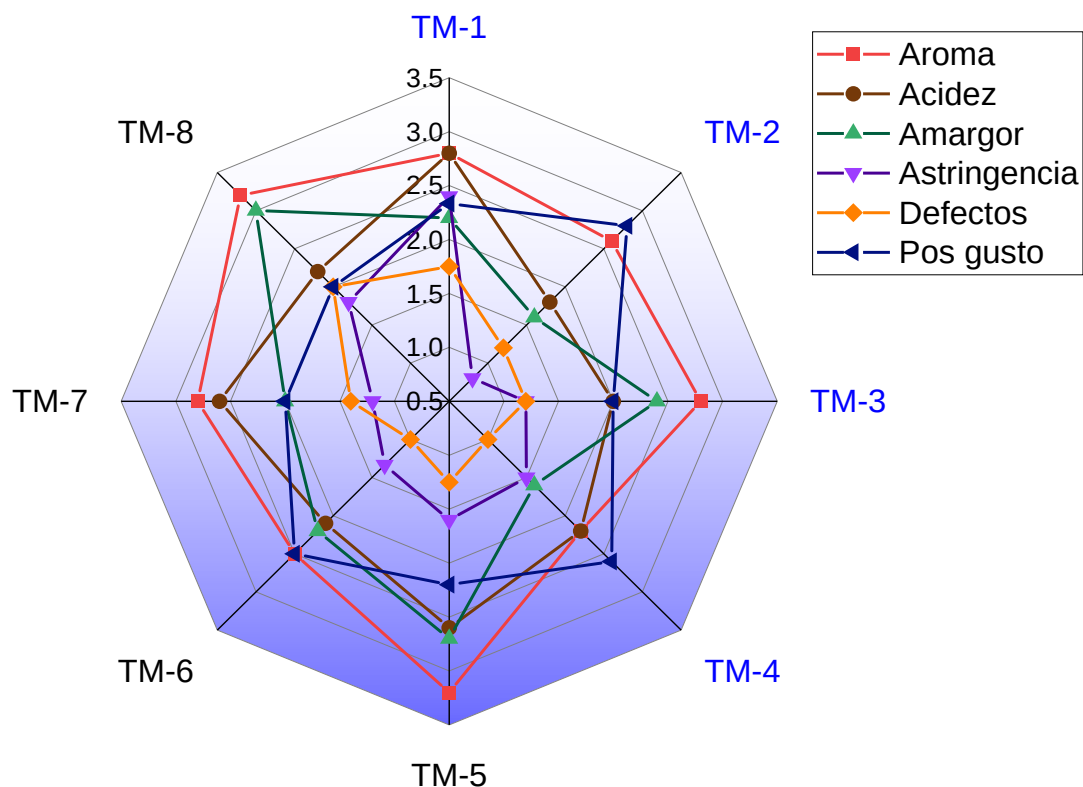


Figura 21: Intensidad de sabores básico de licor de cacao elaborado con variedad TSH-565 y ICS-39.

Fuente: Elaboración propia (2022)

El perfil de sabor amargo percibido por los panelistas en el licor de cacao elaborados con la variedad TSH-565 (muestras TM1, TM2, TM3 y TM4) se encuentra por debajo de la intensidad de 2.5 calificados en escala de 1 a 5, sin embargo, el licor de cacao elaborado con variedad ICS-39 (TM5 y TM8) se encuentra en rango de intensidad de 2.5 a 3, siendo estos superiores a las muestras TM6 y TM7 que expresan una baja intensidad para el sabor amargo (2) estos sabores amargos altos están relacionados con deficiente manejo pos cosecha (Vera Chang et al., 2014)(Guzman Duque y Gómez Prada, 2014), no obstante, el perfil de sabor astringente del licor de cacao de todas la muestras, los panelistas destacaron una intensidad de < 2 , respecto al perfil aroma se destaca mayor intensidad al licor de cacao elaborado con las muestras de la variedad ICS-39 que TSH-565, aroma característico a cacao y chocolate.

Los valores del perfil acidez se encuentra entre 1.5 a 2.8 en la escala de intensidad de 0 a 5 lo que indica que lo caracteriza a todas las muestras. Estos

valores son inferiores a los valores obtenidos por (Sánchez, 2007)(Solórzano Chavez et al., 2015) y (Vera Chang et al., 2014) los mismos indican que los valores altos en la intensidad de la acidez es debido a una mala práctica en la pos cosecha así mismo (Vera Chang et al., 2014) mencionan que el sabor ácido también está relacionado con el método de secado en el que se cierran las paredes de la testa interrumpiendo los cambios bioquímicos y enzimáticos dentro de almendra por ende la pasta tendría sabor ácido o amargo.

Al análisis de MANOVA de un factor, las pruebas estadísticas de *Wilks*, *Hotelling-Lawley*, *Pillai* y *Roy* muestran diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre los resultados de los valores de la intensidad de los atributos de sabores básico de las muestras TM1 a TM8 de licor de cacao (ver **Anexo 16**). El análisis de la función discriminante demuestra el 63.80% de la varianza de los resultados con respecto a los atributos de los sabores básico de licor de cacao. La relación de interacción y la jerarquía de la diferencia entre las variables de los atributos de intensidad de sabores básico de licor de cacao se presenta en las ecuaciones (8, 9, 10 y 11) explicada como la función discriminante de mayor varianza (63.80%) como se muestra los datos en el anexo 18.

$$Z1 = 0.93 \text{ Posg} + 0.70 \text{ Def} + 0.66 \text{ Ac} + 0.55 \text{ Ar} + 0.30 \text{ As} + 0.18 \text{ Am} \quad (\text{Ec.8})$$

$$Z2 = 1.17 \text{ Def} - 0.80 \text{ Am} + 0.73 \text{ As} - 0.63 \text{ posg} - 0.62 \text{ Ac} - 0.018 \text{ Ar} \quad (\text{Ec.9})$$

$$Z3 = 1.00 \text{ Am} - 0.76 \text{ As} + 0.49 \text{ Def} - 0.28 \text{ Ar} + 0.08 \text{ posg} + 0.04 \text{ Ac} \quad (\text{Ec.10})$$

$$Z4 = 0.75 \text{ Ac} - 0.63 \text{ Ar} + 0.43 \text{ As} - 0.31 \text{ Posg} - 0.24 \text{ Def} - 0.00 \text{ Am} \quad (\text{Ec.11})$$

El más significativo contribuye con la pertinencia del grupo

Donde.

Posgusto =posg.; Defectos =Def.;Acidez =Ac;Aroma = Ar; Astringencia = As;Amargor =Am

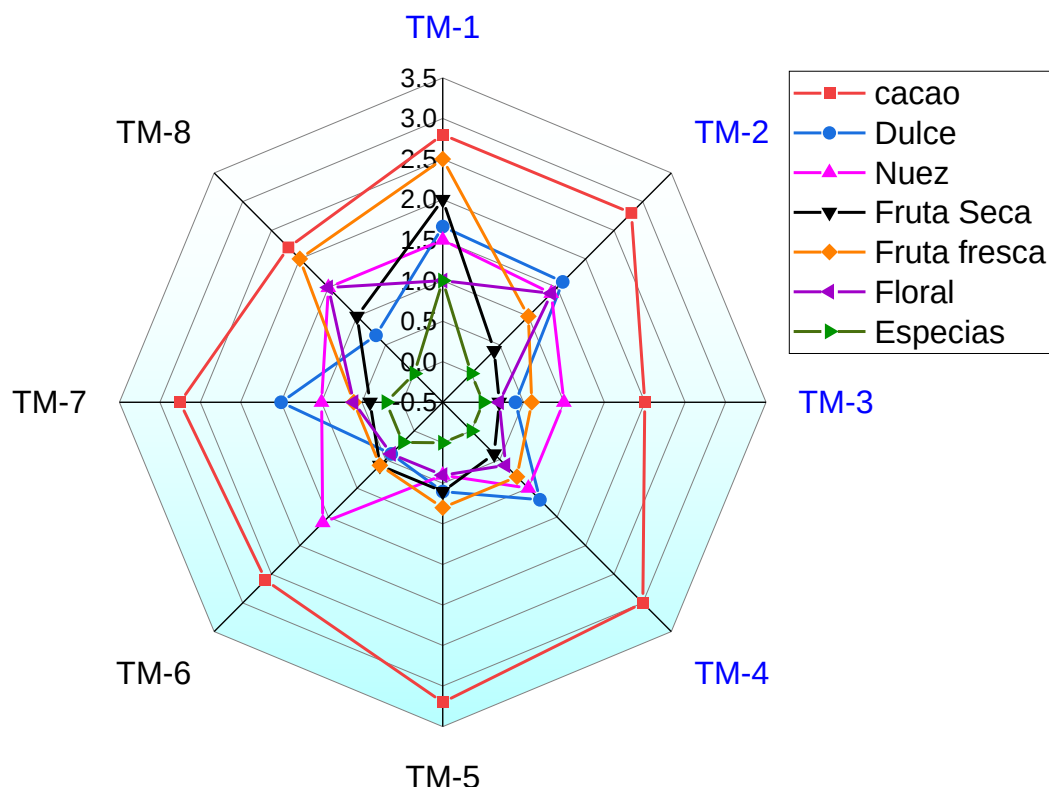


Figura 22: Perfil de sabores específicos variedad THS -565 y ICS-39

Fuente: Elaboración propia (2022)

En cuanto a los resultados de sabores específicos del licor de cacao todas las muestras tienen una puntuación de intensidad de sabor cacao entre 2.5 a 3.2 en la escala de intensidad de 0 a 5. El perfil de cacao describe el sabor natural de los granos de cacao fermentados, secos y tostados. (Solórzano Chavez et al., 2015) en cuanto al perfil fruta fresca, fruta seca se notó con mayor intensidad en los tratamientos TM-1 y TM-8 con respecto al perfil de sabores dulce, nuez y floral muestran los tratamientos TM-1, TM-2. Para los demás perfiles como dulce, nuez, fruta seca, floral y especias tienen una puntuación más baja (menor a 2) en todos los tratamientos.

Al análisis de MANOVA de un factor, las pruebas estadísticas de *Wilks*, *Hotelling-Lawley*, *Pillai* y *Roy* muestran diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre los resultados de los valores de la intensidad de los atributos de sabores básico de las muestras TM1 a TM8 de licor de cacao (ver **Anexo 19**). El análisis de la función discriminante demuestra el 66.37% de la varianza de los resultados con respecto a los atributos de los sabores específico de licor de

cacao. La relación de interacción y la jerarquía de la diferencia entre las variables de los atributos de intensidad de sabores específico de licor de cacao se presenta en las ecuaciones (12-15) explicada como la función discriminante de mayor varianza (66.37 los datos se muestran en el (Anexo 21).

$$Z1 = 1.07 C - 0.62D + 0.43 Fl + 0.28 N + 0.24Ff + 0.22Fs - 1.17 Es \quad (\text{Ec. 12})$$

$$Z2 = 0.81 C + 0.81 D - 0.61N + 0.50 Fs - 0.00Ff - 1.00Fl + 0.36 Es \quad (\text{Ec. 13})$$

$$Z3 = 2.70 Es + 0.64 Fl + 0.57 Ff - 0.42 Fs - 0.28 N - 0.27 D - 0.06 C \quad (\text{Ec.14})$$

$$Z4 = 2.54Es - 0.66 D - 0.52 Ff + 0.45 C + 0.32 Fs - 0.04 N - 0.08 Fl \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde.

Cacao = C; Dulce = D; Nuez = N; Fruta Seca = Fs; Fruta Fresca = Ff; Floral =Fl; Especis = Es

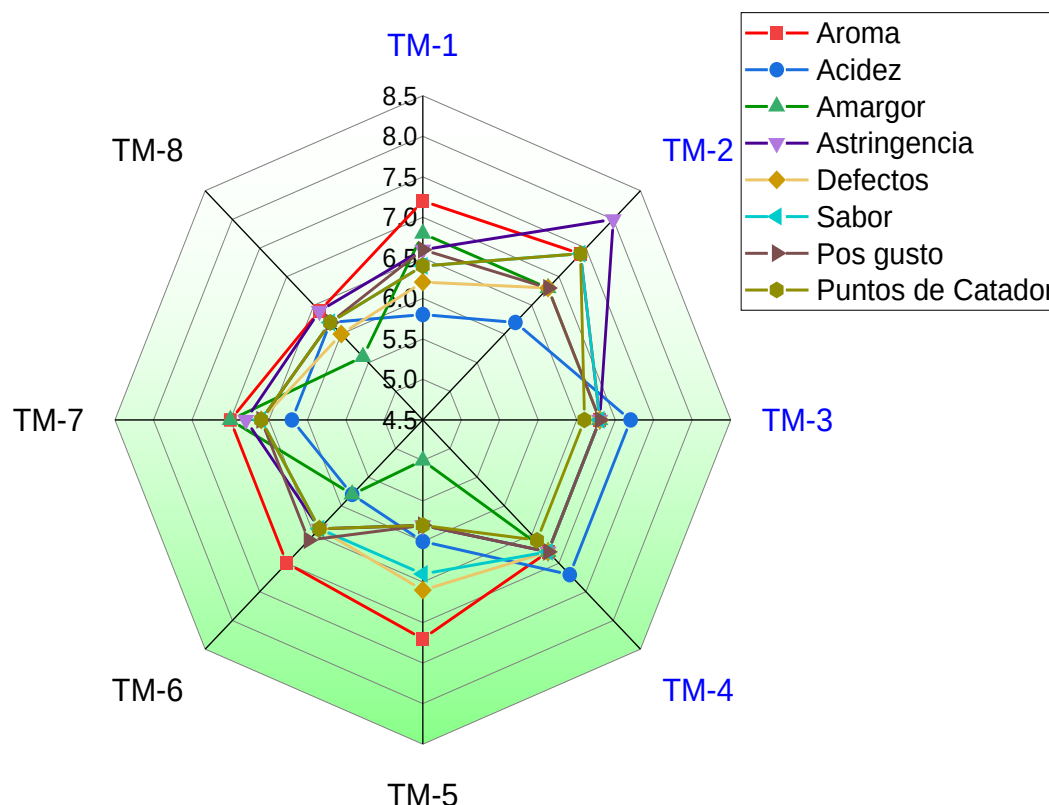


Figura 23: Perfil de calidad de sabores básico y específico variedad THS - 565 y ICS-39.

Fuente: Elaboración propia (2022)

En la valoración de la calidad sensorial del licor de cacao, los panelistas resaltaron el “aroma propio a cacao” otorgando valor > 7 en la escala valoración de 1 a 10 para todas las muestras (TM1 a TM8), la evidencia se corrobora con la percepción de la intensidad de sabores básico y específico Figura 22 y Figura 23 respectivamente. Por otro lado, el amargor y astringencia son características propias del cacao, el amargor presente con intensidad de 2 puede ser valorado entre Bueno y Excelente en calidad (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018).

Al análisis de MANOVA de un factor, las pruebas estadísticas de *Wilks*, *Hotelling-Lawley*, *Pillai* y *Roy* muestran diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre los resultados de la valoración de la calidad de los atributos de licor de cacao correspondiente a las muestras TM1 a TM8 (ver **Anexo 22**). El análisis de la función discriminante demuestra el 75.75% de la varianza de los resultados con respecto a los atributos de los sabores básico y específico de licor de cacao. La relación de interacción y la jerarquía de la diferencia entre las

variables de los atributos de la valoración de la calidad de licor de cacao se presenta en las ecuaciones (16,17,18 y 19) explicada como la función discriminante con mayor varianza (75.75%), los datos se muestran en el (Anexo 24).

$$Z1 = 1.41 Pc - 0.55 Def - 0.48 Am - 0.39 Ar - 0.39 Sa - 0.34 Ac - 0.27 Posg - 0.12 As \quad (16)$$

$$Z2 = 0.74 Ac - 1.39 Posg - 0.89 Sa + 0.59 Def + 0.55Pc - 0.29 Ar + 0.24 Ac - 0.27 As \quad (17)$$

$$Z3 = 0.81 Pc - 1.00 Posg - 0.51 Ar + 0.51 Def + 0.44 As - 0.34 Ac + 0.32 Ar + 0.13Sa \quad (18)$$

$$Z4 = 1.04 Posg - 0.71Ac - 0.66Pc - 0.65 Sa + 0.44Def + 0.36 As + 0.34 Ar - 0.07 Am \quad (19)$$

Donde:

Aroma = Ar; Acidez =Ac; Amargor =Am; Astringencia = As;
Defectos = Def; Sabor = Sa; Pos gusto = posg; Puntos de
catador = Pc

CONCLUSION

- ✓ Los granos fermentados en cajón del cacao tipo THS -565 el pH final fue de 4.80 en el cotiledón y 5.15 de pH final en testa. Y una temperatura de fermentación de 46.1°C durante la fermentación, el aumento de la temperatura en masa de fermentación dependerá del volumen a fermentar, a mayor cantidad se generará más concentración de temperatura por la acción de los microorganismos. sin embargo, los granos de cacao tipo THS -565 fermentados en saco se obtuvo un pH final de 4.58 en cotiledón y 4.56 en testa. Alcanzando una temperatura de 45.9 °C como máximo. Los granos de cacao ICS-39 fermentados en cajón se obtuvo un pH final de 4.81 en cotiledón y 4.01 en testa, llegando a una temperatura de fermentación máxima de 45.6 °C. así mismo los granos fermentados en saco alcanzo un pH final de 4.82 en cotiledón y 4.64 en testa. Alcanzando una temperatura de fermentación máxima de 45.1°C.
- ✓ Al finalizar el proceso de secado se obtuvieron granos secos de cacao fermentado en cajón y saco con contenido de humedad final media de $6.73\% \pm 0.85$ en base seca de la variedad THS-565, así mismo los granos secos de cacao fermentado en cajón y saco exhiben contenido de humedad final de $7.075\% \pm 0.15$ en base seca de la variedad ICS 39.
- ✓ En las características de los granos las pruebas de corte practicadas en los granos de cacao fermentado y seco se evidencian mediante cambios de color de lila a marrón en el cotiledón, en los granos fermentados a la evaluación física visual se aprecia color marrón, por tanto, la tasa de fermentación se expresa en la puntuación del porcentaje equivalente completamente marrón (PECM) de los granos de cacao, por lo que se obtuvo un 90.55% de granos bien fermentados en cacao tipo TSH-565 (TM1) fermentados en cajón y secado en parihuela. y los granos secados en manta obtuvieron en un 87.20% a 88.45 % de granos bien fermentados. La puntuación del porcentaje de granos completamente marrón supera el 85% de los granos de cacao

ICS-39 fermentado en cajón y saco .Los requisitos de calidad exigidos en los granos de cacao bien fermentado significa que el lote no contiene mayor a 5% de granos pizarrosos y defectuosos (CAOBISCO/AEC/FCC, 2015), de modo similar, los granos con puntuaciones de 80% equivalente a completamente marrón, se consideran suficientemente fermentados (Bariah, 2014).

- ✓ Los resultados del análisis sensorial evidencian las características del licor de cacao elaborado con granos fermentados en condición artesanal utilizando cajón y saco seguido de la evolución de secado natural expuesto a radiación solar utilizando manta y parihuela, finalmente tostado a 120°C. Los perfiles sensoriales analizados resaltan la intensidad de sabores y sensaciones percibidas por los panelistas mediante los descriptores de sabores básicos, descriptores de sabores específicos, potencial de la muestra del licor de cacao que caracteriza la calidad.
- ✓ La percepción de los perfiles de sabores específicos (dulce, nuez, fruta seca, fruta fresca, floral y especias), los panelistas destacaron características similares de intensidad < 2 para licores de cacao elaborados con todas las muestras (TM1 a TM8); por tanto, se infiere que la fermentación pudo ser llevado a cabo en cajón o saco, así mismo, el secado se puede realizar en manta o parihuela considerando las variedades de cacao TSH-565 y ICS-39

En la valoración de la calidad sensorial del licor de cacao, los panelistas resaltaron el “aroma propio a cacao” otorgando valor > 7 en la escala valoración de 1 a 10 para todas las muestras (TM1 a TM8), la evidencia se corrobora con la percepción de la intensidad de sabores básico y específico. Por otro lado, el amargor y astringencia son características propias del cacao, el amargor presente con intensidad de 2 puede ser valorado entre Bueno y Excelente en calidad (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018).

RECOMENDACIONES

- Determinar las propiedades de la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos totales del licor de cacao fermentado y secado en condiciones artesanales con la variedad TSH-565 y ICS-39.
- Para realizar un análisis sensorial del licor de cacao, es necesario establecer los estándares adecuados para el proceso de tostado del grano, lo que permitirá crear las propiedades sensoriales del producto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AC PANGAN, M.F., 2021. *Perfiles de fermentación para contribuir con el mejoramiento de la calidad del cacao (Theobroma cacao L.) de la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. S.l.: s.n.

ADEMOLA, S.M., ESAN, V.I. y SANGOYOMI, T.E., 2024. Assessment of pesticide knowledge, Safety Practices and postharvest handling among cocoa farmers in South Western Nigeria. *Heliyon* [en línea], vol. 10, no. 11, pp. e31724. ISSN 2405-8440. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31724>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024077557>.

AFOAKWA, E.O., 2010. *Chocolate Science and Technology*. S.l.: s.n. ISBN 9781405199063.

AFOAKWA, E.O., QUAO, J., TAKRAMA, F.S., BUDU, A.S. y SAALIA, F.K., 2012. Changes in the Polyphenol in Fermented Beans. , vol. 19, no. 3, pp. 1071-1077.

AKOA, S.P., ONOMO, P.E., NDJAGA, J.M., ONDOBO, M.L. y DJOCGOUE, P.F., 2021. Impact of pollen genetic origin on compatibility, agronomic traits, and physicochemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Scientia Horticulturae* [en línea], vol. 287, pp. 110278. ISSN 0304-4238. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110278>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442382100385X>.

ALVAREZ-VILLAGOMEZ, K.G., LEDESMA-ESCOBAR, C.A., PRIEGO-CAPOTE, F., ROBLES-OLVERA, V.J. y GARCÍA-ALAMILLA, P., 2022. Influence of the starter culture on the volatile profile of processed cocoa beans by gas chromatography–mass spectrometry in high resolution mode. *Food Bioscience* [en línea], vol. 47, pp. 101669. ISSN 2212-4292. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101669>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429222001286>.

BALA, B.K. y JANJAI, S., 2012. Solar Drying Technology: Potentials and Developments. En: M.A. UQAILI y K. HARIJAN (eds.), *Energy, Environment and Sustainable Development* [en línea]. Vienna: Springer Vienna, pp. 69-98. ISBN 978-

3-7091-0109-4. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0109-4_10.

BANBOYE, F.D., NGWABIE, M.N., ENEIGHE, S.A. y NDE, D.B., 2020. Assessment of greenhouse technologies on the drying behavior of cocoa beans. *Food Science and Nutrition*, vol. 8, no. 6, pp. 2748-2757. ISSN 20487177. DOI 10.1002/fsn3.1565.

BARIAH, K., 2014. Impact of Fermentation Duration on the Quality of Malaysian Cocoa Beans Using Shallow Box. *KKU Research Journal*, vol. 19, no. supplement, pp. 74-80.

BARIAH SULAIMAN, K., WAN IBRAHIM, W.A. y ARIS YAN, T., 2014. Effect of Fermentation Duration Using Shallow Box on Ph, Equivalent Percent Fully Brown and Flavour Attributes of Malaysian Cocoa Beans. , no. November, pp. 7-12.

BARIŠIĆ, V., KOPJAR, M., JOZINOVIĆ, A., FLANJAK, I., AČKAR, Đ., MILIČEVIĆ, B., ŠUBARIĆ, D., JOKIĆ, S. y BABIĆ, J., 2019. The Chemistry behind Chocolate Production. *Molecules* [en línea], vol. 24, no. 17. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules24173163. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/17/3163>.

BARRIENTOS, L.D.P., OQUENDO, J.D.T., GARZÓN, M.A.G. y ÁLVAREZ, O.L.M., 2019. Effect of the solar drying process on the sensory and chemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivated in Antioquia, Colombia. *Food Research International*, vol. 115, no. 52, pp. 259-267. ISSN 18737145. DOI 10.1016/j.foodres.2018.08.084.

BISIW, G., 2018. *Assessing the Impact of a Mixed Solar Dryer on the Quality of Heap Fermented Cocoa Beans* [en línea]. S.l.: KNUST, Kumasi. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95703-2>.

BRAGA, S.C.G.N., OLIVEIRA, L.F., HASHIMOTO, J.C., GAMA, M.R., EFRAIM, P., POPPI, R.J. y AUGUSTO, F., 2018. Study of volatile profile in cocoa nibs, cocoa liquor and chocolate on production process using GC × GC-QMS. *Microchemical Journal* [en línea], vol. 141, pp. 353-361. ISSN 0026-265X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.05.042>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X18304041>.

BROWN, A.L., WARREN, E.R., INGRAHAM, B.W., ZIEGLER, G.R. y HOPFER, H., 2023. The effect of fat content on sensory perception and consumer acceptability of 70% cacao dark chocolate made from reconstituted cocoa liquor. *Journal of Sensory Studies* [en línea], vol. 38, no. 5, pp. e12864. DOI <https://doi.org/10.1111/joss.12864>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/joss.12864>.

BURGOS M., D.E., CHOY P.MEY., LIBERATI, C., SAAVEDRA G., Z.E. y SWEITZSER, L., 2019. Protocolo para la preparacion Licor de Cacao para el Análisis Sensorial 1. *USAID-EQUAL EXCHANGE-TCHO*, vol. 1.

CAMACHO S., C., 2014. *Influencia del porcentaje del clon CCN 51 en las características fisicoquímicas y organolépticas del licor de cacao procedente de Pucacaca y Huingoyacu*. S.l.: s.n.

CAOBISCO/AEC/FCC, 2015. *Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao*. Cuarta Edi. S.l.: s.n. ISBN 9782960181722.

CAPORASO, N., WHITWORTH, M.B. y FISK, I.D., 2021. Total lipid prediction in single intact cocoa beans by hyperspectral chemical imaging. *Food Chemistry* [en línea], vol. 344, pp. 128663. ISSN 0308-8146. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128663>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620325255>.

CAPORASO, N., WHITWORTH, M.B., FOWLER, M.S. y FISK, I.D., 2018. Hyperspectral imaging for non-destructive prediction of fermentation index, polyphenol content and antioxidant activity in single cocoa beans. *Food Chemistry*, vol. 258, no. November 2017, pp. 343-351. ISSN 18737072. DOI [10.1016/j.foodchem.2018.03.039](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.039).

CASTRO-ALAYO, E.M., IDROGO-VÁSQUEZ, G., SICHE, R. y CARDENAS-TORO, F.P., 2019. Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa. *Heliyon*, vol. 5, no. 1. ISSN 24058440. DOI [10.1016/j.heliyon.2019.e01157](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01157).

CEMIN, P., REIS RIBEIRO, S., DE CANDIDO DE OLIVEIRA, F., LEAL LEÃES, F., REGINA DOS SANTOS NUNES, M., WAGNER, R. y SANT'ANNA, V., 2022.

Chocolates with Brazilian cocoa: Tracking volatile compounds according to consumers' preference. *Food Research International* [en línea], vol. 159, pp. 111618. ISSN 0963-9969. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111618>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996922006767>.

CORTEZ, D., FLORES, M., CALAMPA, L.I., OLIVA-CRUZ, M., GOÑAS, M., MELÉNDEZ-MORI, J.B. y CHAVEZ, S.G., 2024. From the seed to the cocoa liquor: Traceability of bioactive compounds during the postharvest process of cocoa in Amazonas-Peru. *Microchemical Journal* [en línea], vol. 201, pp. 110607. ISSN 0026-265X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110607>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X24007197>.

CUBILLOS BOJACÁ, A.F., GARCÍA MUÑOZ, M.C., CALVO SALAMANCA, A.M., CARVAJAL ROJAS, G.H. y TARAZONA-DÍAZ, M.P., 2019. Study of the physical and chemical changes during the maturation of three cocoa clones, EET8, CCN51, and ICS60. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [en línea], vol. 99, no. 13, pp. 5910-5917. DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.9882>. Disponible en: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9882>.

DAND, R., 2011. 9 - Cocoa bean processing and the manufacture of chocolate. En: R. DAND (ed.), *The International Cocoa Trade (Third Edition)* [en línea]. Third Edition. S.l.: Woodhead Publishing, pp. 268-289. ISBN 978-0-85709-125-3. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857091253500094>.

DE NAZARÉ DO CARMO BRITO, B., CAMPOS CHISTÉ, R., DA SILVA PENA, R., ABREU GLORIA, M.B. y SANTOS LOPES, A., 2017. Bioactive amines and phenolic compounds in cocoa beans are affected by fermentation. *Food Chemistry* [en línea], vol. 228, pp. 484-490. ISSN 0308-8146. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.004>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617301930>.

DE SOUZA, P.A., MOREIRA, L.F., SARMENTO, D.H.A. y DA COSTA, F.B., 2018. Cacao—Theobroma cacao. En: S. RODRIGUES, E. DE OLIVEIRA SILVA y E.S. DE BRITO (eds.), *Exotic Fruits* [en línea]. S.l.: Academic Press, pp. 69-76. ISBN 978-0-12-803138-4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031384000101>.

DEUS, V.L., BISPO, E.S., FRANCA, A.S. y GLORIA, M.B.A., 2021. Understanding amino acids and bioactive amines changes during on-farm cocoa fermentation. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 97, no. July 2020, pp. 103776. ISSN 08891575. DOI 10.1016/j.jfca.2020.103776.

DÍAZ-VALDERRAMA, J.R., LEIVA-ESPINOZA, S.T. y CATHERINE AIME, M., 2020. The history of cacao and its diseases in the Americas. *Phytopathology*, vol. 110, no. 10, pp. 1604-1619. ISSN 19437684. DOI 10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW.

DOMÍNGUEZ-PÉREZ, L.A., BELTRÁN-BARRIENTOS, L.M., GONZÁLEZ-CÓRDOVA, A.F., HERNÁNDEZ-MENDOZA, A. y VALLEJO-CORDOBA, B., 2020. Artisanal cocoa bean fermentation: From cocoa bean proteins to bioactive peptides with potential health benefits. *Journal of Functional Foods* [en línea], vol. 73, pp. 104134. ISSN 1756-4646. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104134>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464620303583>.

DZELAGHA, B.F., NGWA, N.M. y NDE BUP, D., 2020. A Review of Cocoa Drying Technologies and the Effect on Bean Quality Parameters. *International Journal of Food Science* [en línea], vol. 2020, no. 1, pp. 8830127. DOI <https://doi.org/10.1155/2020/8830127>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2020/8830127>.

ENGESETH, N.J. y AC PANGAN, M.F., 2018. Current context on chocolate flavor development — a review. *Current Opinion in Food Science*, vol. 21, pp. 84-91. ISSN 22147993. DOI 10.1016/J.COFS.2018.07.002.

FANG, Y., LI, R., CHU, Z., ZHU, K., GU, F. y ZHANG, Y., 2020. Chemical and flavor profile changes of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) during primary fermentation. *Food Science & Nutrition* [en línea], vol. 8, no. 8, pp. 4121-4133. DOI <https://doi.org/10.1002/fsn3.1701>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/fsn3.1701>.

FEBRIANTO, N.A. y ZHU, F., 2019. Intravariety Diversity of Bioactive Compounds in Trinitario Cocoa Beans with Different Degrees of Fermentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 67, no. 11, pp. 3150-3158. ISSN 15205118.

DOI 10.1021/acs.jafc.8b06418.

FERNANDES, F.A.N., RODRIGUES, S., LAW, C.L. y MUJUMDAR, A.S., 2011. Drying of Exotic Tropical Fruits: A Comprehensive Review. *Food and Bioprocess Technology* [en línea], vol. 4, no. 2, pp. 163-185. ISSN 1935-5149. DOI 10.1007/s11947-010-0323-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0323-7>.

FOSTER, K.A., SUAREZ-GUZMAN, L.M., MEZA-SEPULVEDA, D.C., BARIBUTSA, D. y ZURITA, C.A., 2024. Effects of alternative hermetic bag storage on fermented and dried cocoa bean (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Stored Products Research* [en línea], vol. 107, pp. 102351. ISSN 0022-474X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102351>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X24001085>.

GARCÍA-RÍOS, E., LAIRÓN-PERIS, M., MUÑIZ-CALVO, S., HERAS, J.M., ORTIZ-JULIEN, A., POIROT, P., ROZÈS, N., QUEROL, A. y GUILLAMÓN, J.M., 2021. Thermo-adaptive evolution to generate improved *Saccharomyces cerevisiae* strains for cocoa pulp fermentations. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 342, no. September 2020. ISSN 18793460. DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109077.

GUZMAN DUQUE, J. y GÓMEZ PRADA, S., 2014. *Evaluación sensorial de cacao cultivado en la región del sur del departamento de Bolívar*. 2014. S.l.: s.n.

HARUNA, L., ABANO, E.E., TEYE, E., TUKWARLBA, I., ADU, S., AGYEI, K.J., KUMA, E., YEBOAH, W. y LUKEMAN, M., 2024. Effect of partial pulp removal and fermentation duration on drying behavior, nib acidification, fermentation quality, and flavor attributes of Ghanaian cocoa beans. *Journal of Agriculture and Food Research* [en línea], vol. 17, pp. 101211. ISSN 2666-1543. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101211>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154324002485>.

HERRERA-ROCHA, F., FERNÁNDEZ-NIÑO, M., CALA, M.P., DUITAMA, J. y BARRIOS, A.F.G., 2023. Omics approaches to understand cocoa processing and chocolate flavor development: A review. *Food Research International* [en línea], vol. 165, pp. 112555. ISSN 0963-9969. DOI

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112555>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399692300100X>.

HERRERA-ROCHA, F., LEÓN-INGA, A.M., AGUIRRE MEJÍA, J.L., RODRÍGUEZ-LÓPEZ, C.M., CHICA, M.J., WESSJOHANN, L.A., GONZÁLEZ BARRIOS, A.F., CALA, M.P. y FERNÁNDEZ-NIÑO, M., 2024. Bioactive and flavor compounds in cocoa liquor and their traceability over the major steps of cocoa post-harvesting processes. *Food Chemistry* [en línea], vol. 435, pp. 137529. ISSN 0308-8146. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137529>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814623021477>.

HERRMANN, L., FELBINGER, C., HAASE, I., RUDOLPH, B., BIERMANN, B. y FISCHER, M., 2015. Food Fingerprinting: Characterization of the Ecuadorean Type CCN-51 of *Theobroma cacao* L. Using Microsatellite Markers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en línea], vol. 63, no. 18, pp. 4539-4544. ISSN 0021-8561. DOI 10.1021/acs.jafc.5b01462. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01462>.

HINNEH, M., VAN DE WALLE, D., TZOMPA-SOSA, D.A., DE WINNE, A., TERMOTE, S., MESSENS, K., VAN DURME, J., AFOAKWA, E.O., DE COOMAN, L. y DEWETTINCK, K., 2019. Tuning the aroma profiles of FORASTERO cocoa liquors by varying pod storage and bean roasting temperature. *Food Research International* [en línea], vol. 125, pp. 108550. ISSN 0963-9969. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108550>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996919304284>.

HORTA-TÉLLEZ, H.B., SANDOVAL-ALDANA, A.P., GARCIA- MUÑOZ, M.C. y CERON- SALAZAR, I.X., 2019. Evaluation of the fermentation process and final quality of five cacao clones from the department of Huila , Colombia Evaluación de la fermentación y calidad final de cinco clones de cacao proveniente del departamento del Huila , Colombia. *DYNA*, vol. 86, no. 210, pp. 233-239.

INEI, 2019. PRODUCCIÓN DE CACAO SE EXPANDIÓ 33,3% EN ENERO DE PRESENTE AÑO. . LIMA-PERU:

KOMOLAFE, C.A., WAHEED, M.A., KUYE, S.I., ADEWUMI, B.A. y DANIEL ADEJUMO, A.O., 2021. Thermodynamic analysis of forced convective solar drying

of cocoa with black coated sensible thermal storage material. *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 26, no. May, pp. 101140. ISSN 2214157X. DOI 10.1016/j.csite.2021.101140.

KOMOLAFE, C.A., WAHEED, M.A., KUYE, S.I., ADEWUMI, B.A., OLUWALEYE, I.O. y OLAYANJU, T.M.A., 2020. Sun drying of cocoa with firebrick thermal storage materials. *International Journal of Energy Research* [en línea], vol. 44, no. 8, pp. 7015-7025. DOI <https://doi.org/10.1002/er.5364>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/er.5364>.

KONGOR, J.E., HINNEH, M., DE WALLE, D. Van, AFOAKWA, E.O., BOECKX, P. y DEWETTINCK, K., 2016. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review. *Food Research International* [en línea], vol. 82, pp. 44-52. ISSN 0963-9969. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996916300163>.

KRÄHMER, A., ENGEL, A., KADOW, D., ALI, N., UMAHARAN, P., KROH, L.W. y SCHULZ, H., 2015. Fast and neat - Determination of biochemical quality parameters in cocoa using near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, vol. 181, pp. 152-159. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2015.02.084.

LEÓN-ROQUE, N., ABDERRAHIM, M., NUÑEZ-ALEJOS, L., ARRIBAS, S.M. y CONDEZO-HOYOS, L., 2016. Talanta Prediction of fermentation index of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) based on color measurement and artificial neural networks. *Talanta*, vol. 161, pp. 31-39. ISSN 0039-9140. DOI 10.1016/j.talanta.2016.08.022.

LEPIDO, B., 2009. Guía técnica: El Cultivo de Cacao. *Guía técnica: El Cultivo de Cacao*. S.l.: s.n., pp. 185.

LOAYZA L., W., 2014. Influencia de la frecuencia de remoción, durante la fermentación, en la calidad sensorial del cacao (*Theobroma cacao*, L.) de Satipo. , pp. 1-87.

MELO, L.J., ORJUELA, A. y GUERRERO, E., 2022. Improvement of industrial processes in Colombia. Case study: Cocoa pressing process in a chocolate factory. *Chemical Engineering Research and Design* [en línea], vol. 183, pp. 307-317. ISSN 0263-8762. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.05.013>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026387622200226X>.

MENEZES, A.G.T., BATISTA, N.N., RAMOS, C.L., DE ANDRADE E SILVA, A.R., EFRAIM, P., PINHEIRO, A.C.M. y SCHWAN, R.F., 2016. Investigation of chocolate produced from four different Brazilian varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) inoculated with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Research International*, vol. 81, pp. 83-90. ISSN 09639969. DOI 10.1016/j.foodres.2015.12.036.

MEYER, B., BIEHL, B., SAID, M. Bin y SAMARAKODDY, R.J., 1989. Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 48, no. 3, pp. 285-304. ISSN 10970010. DOI 10.1002/jsfa.2740480305.

MISNAWI, M., 2012. Effect of cocoa bean drying methods on polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in cocoa butter. , vol. 19, no. 4, pp. 1589–1594. ISSN 2231-7546 1985-4668.

MOHAMADI ALASTI, F., ASEFI, N., MALEKI, R. y SEHIEDLOUHERIS, S.S., 2019. Investigating the flavor compounds in the cocoa powder production process. *Food Science & Nutrition* [en línea], vol. 7, no. 12, pp. 3892-3901. DOI <https://doi.org/10.1002/fsn3.1244>. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/fsn3.1244>.

MORENO-ROJAS, J.M., YADIRA ERAZO SOLORZANO, C., TUÁREZ GARCÍA, D.A., PEREIRA-CARO, G., ORDÓÑEZ DÍAZ, J.L., MUÑOZ-REDONDO, J.M. y RODRÍGUEZ-SOLANA, R., 2023. Impact of the pre-drying process on the volatile profile of on-farm processed Ecuadorian bulk and fine-flavour cocoa varieties. *Food Research International* [en línea], vol. 169, pp. 112938. ISSN 0963-9969. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112938>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923004830>.

OOI, T.S., TING, A.S.Y. y SLOW, L.F., 2020. Influence of selected native yeast starter cultures on the antioxidant activities, fermentation index and total soluble solids of Malaysia cocoa beans: A simulation study. *LWT* [en línea], vol. 122, pp. 108977. ISSN 0023-6438. DOI <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108977>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643819313192>.

OOI, T.S., TING, A.S.Y. y SLOW, L.F., 2021. *Physicochemical properties, antioxidant content, volatile organic compounds and sensory profile of cocoa beans fermented with yeast starter cultures*. S.l.: s.n. ISBN 0000000213.

PAPALEXANDRATOU, Z., KAASIK, K., KAUFFMANN, L.V., SKORSTENGAARD, A., BOUILLON, G., ESPENSEN, J.L., HANSEN, L.H., JAKOBSEN, R.R., BLENNOW, A., KRYCH, L., CASTRO-MEJÍA, J.L. y NIELSEN, D.S., 2019. Linking cocoa varieties and microbial diversity of Nicaraguan fine cocoa bean fermentations and their impact on final cocoa quality appreciation. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 304, no. December 2018, pp. 106-118. ISSN 18793460. DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.012.

PEDAN, V., FISCHER, N., BERNATH, K., HÜHN, T. y ROHN, S., 2017. Determination of oligomeric proanthocyanidins and their antioxidant capacity from different chocolate manufacturing stages using the NP-HPLC-online-DPPH methodology. *Food Chemistry*, vol. 214, pp. 523-532. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2016.07.094.

PELÁEZ, P.P., GUERRA, S. y CONTRERAS, D., 2016. Changes in physical and chemical characteristics of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans with manual and semi-mechanized transfer, between fermentation boxes. *Scientia Agropecuaria*, vol. 07, no. 02, pp. 111-119. ISSN 20779917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.02.04.

PEREIRA, A.P.M., STELLARI, H.A., VILELA, L.F., SCHWAN, R.F. y SANT'ANA, A.S., 2020. Dynamics of *Geobacillus stearothermophilus* and *Bacillus cereus* spores inoculated in different time intervals during simulated cocoa beans fermentation. *Lwt*, vol. 120, no. December 2019, pp. 108941. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2019.108941.

PEROTTI, P., CORDERO, C., BORTOLINI, C., RUBIOLO, P., BICCHI, C. y

LIBERTO, E., 2020. Cocoa smoky off-flavor: Chemical characterization and objective evaluation for quality control. *Food Chemistry* [en línea], vol. 309, pp. 125561. ISSN 0308-8146. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125561>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619316851>.

PINEDA, R. del P., ECHEVERRI, L.F., ORTIZ, A., OLARTE, H.H. y CHICA, M.J., 2012. INFLUENCIA DE LA FERMENTACIÓN Y EL SECADO AL SOL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL GRANO DE CACAO TSH 565 E ICS 60. *vitae*,

PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARIÑAS, L. y CROS, E., 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía (Luz)*, vol. 23, no. 1, pp. 51-59. ISSN 0378-7818.

PORTILLO, E., GRAZZIANI, L. y BETANCOURT, E., 2005. Efecto de los Tratamientos post-cosecha sobre la Temperatura y el Índice de Fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L .) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, pp. 388-399.

QUEVEDO, J.N., ROMERO, J.A. y TUZ, I.G., 2018. calidad fisico quimica y sensorial de ganos y licor de cacao (*theobroma cacao* L.) usando cinco metodos de fermentacion. , no. May.

ROJAS, R., RODRÍGUEZ, C., RUIZ, C., PORTALES, R., NEYRA, E. y PATEL, K., 2017. Cacao Chuncho del Cusco. *Universidad Peruana Cayetano Heredia* [en línea], no. February, pp. 14-30. Disponible en: https://issuu.com/jerimo/docs/cacao_chuncho_del_cusco.

ROMERO-CORTES, T., SALGADO-CERVANTES, M.A., GARCÍA-ALAMILLA, P., GARCÍA-ALVARADO, M.A., DEL C RODRÍGUEZ-JIMENES, G., HIDALGO-MORALES, M. y ROBLES-OLVERA, V., 2013. Relationship between fermentation index and other biochemical changes evaluated during the fermentation of Mexican cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [en línea], vol. 93, no. 10, pp. 2596-2604. DOI <https://doi.org/10.1002/jsfa.6088>. Disponible en: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.6088>.

ROMERO, C.A., 2016. Estudio del CACAO en el Perú y en el Mundo. *MINAGRI*-

DEEIA., pp. 1-90.

SÁNCHEZ, V., 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. , pp. 52-55.

SANDHYA, M.V.S., YALLAPPA, B.S., VARADARAJ, M.C., PURANAİK, J., RAO, L.J., JANARDHAN, P. y MURTHY, P.S., 2016. Inoculum of the starter consortia and interactive metabolic process in enhancing quality of cocoa bean (*Theobroma cacao*) fermentation. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 65, no. October 2017, pp. 731-738. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2015.09.002.

SANTOS, D.S., REZENDE, R.P., SANTOS, T.F. dos, MARQUES, E. de L.S., FERREIRA, A.C.R., SILVA, A.B. de C. e., ROMANO, C.C., SANTOS, D.W. da C., DIAS, J.C.T. y TAVARES BISNETO, J.D., 2020. Fermentation in fine cocoa type Scavina: Change in standard quality as the effect of use of starters yeast in fermentation. *Food Chemistry*. S.l.

SARBU, I. y CSUTAK, O., 2019. *The microbiology of cocoa fermentation*. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9781617798030.

SARI, I.A., MURTI, R.H., MISNAWI, PUTRA, E.T.S. y SUSILO, A.W., 2022. Sensory profiles of cocoa genotypes in Indonesia. *Biodiversitas*, vol. 23, no. 2, pp. 648-654. ISSN 20854722. DOI 10.13057/biodiv/d230205.

SCHWAN, R.F., PEREIRA, G.V. de M. y FLEET, G.H., 2014. Microbial activities during cocoa fermentation. *Cocoa and coffee fermentations*, no. January 2014, pp. 129-92. DOI 10.1016/b978-0-12-384730-0.00074-4.

SOLÓRZANO CHAVEZ, E., NICKLIN, C., AMORES PUYUTAXI, F., JIMÉNEZ BARRAGAN, J. y BARZOLA MIRANDA, S., 2015. Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, vol. 8, no. 1, pp. 37. ISSN 1390-4051. DOI 10.18779/cyt.v8i1.198.

SPIZZIRRI, U.G., IERI, F., CAMPO, M., PAOLINO, D., RESTUCCIA, D. y ROMANI, A., 2019. Biogenic Amines, Phenolic, and Aroma-Related Compounds of Unroasted and Roasted Cocoa Beans with Different Origin. *Foods* [en línea], vol. 8,

no. 8. ISSN 2304-8158. DOI 10.3390/foods8080306. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/8/306>.

SRIKANTH, V., RAJESH, G.K., KOTHAKOTA, A., PANDISELVAM, R., SAGARIKA, N., MANIKANTAN, M.R. y SUDHEER, K.P., 2020. Modeling and optimization of developed cocoa beans extractor parameters using box behnken design and artificial neural network. *Computers and Electronics in Agriculture* [en línea], vol. 177, pp. 105715. ISSN 0168-1699. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105715>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169920315143>.

STADLER, R.H., HUGHES, G. y GUILLAUME-GENTIL, O., 2014. Safety of Food and Beverages: Coffee, Tea and Herbals, Cocoa and Derived Products. En: Y. MOTARJEMI (ed.), *Encyclopedia of Food Safety* [en línea]. Waltham: Academic Press, pp. 371-383. ISBN 978-0-12-378613-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123786128002882>.

STAGNATI, L., SOFFRITTI, G., MARTINO, M., BORTOLINI, C., LANUBILE, A., BUSCONI, M. y MAROCCO, A., 2020. Cocoa beans and liquor fingerprinting: A real case involving SSR profiling of CCN51 and “Nacional” varieties. *Food Control* [en línea], vol. 118, pp. 107392. ISSN 0956-7135. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107392>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671352030308X>.

STREULE, S., FREIMÜLLER LEISCHTFELD, S., GALLER, M. y MIESCHER SCHWENNINGER, S., 2022. Monitoring of cocoa post-harvest process practices on a small-farm level at five locations in Ecuador. *Heliyon* [en línea], vol. 8, no. 6, pp. e09628. ISSN 2405-8440. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09628>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022009161>.

SULAIMAN, K.B., AIDAH, W., IBRAHIM, W. y YANG, T.A., 2014. Effect of fermentation duration using shallow box on ph, Equivalent Percent Fully Brown and Flavour Attributes of Malaysian Cocoa Beans. *Journal of Applied Science and Agriculture*, vol. 9, no. 11, pp. 104-108.

TARDZENYUY, M.E., JIANGUO, Z., AKYENE, T. y MBUWEL, M.P., 2020. Improving cocoa beans value chain using a local convection dryer: A case study of Fako division Cameroon. *Scientific African*, vol. 8, pp. e00343. ISSN 24682276. DOI 10.1016/j.sciaf.2020.e00343.

TURNBULL, C.J., DAYMOND, A.J., GUTIERREZ, O., HADLEY, P., LIVINGSTONE, D., MOTAMAYOR, J.-C., PHILLIPS-MORA, W. y UMAHARAN, P., 2017. Adopting Reference Genotypes to Identify Off-types in Cacao Collections. *Paper presented at International Symposium on Cocoa Research, 13-17 November 2017, Lima, Peru*, no. November, pp. 13-17.

USAID, TCHO y EXCHANGE, E., 2018. Guía Ficha de Catación para Análisis Sensorial de Cacao. *Ciencia y Tecnología*, vol. 7, no. 2, pp. 1-65. ISSN 0883-4237.

VÁSQUEZ, Z.S., DE CARVALHO NETO, D.P., PEREIRA, G.V.M., VANDENBERGHE, L.P.S., DE OLIVEIRA, P.Z., TIBURCIO, P.B., ROGEZ, H.L.G., GÓES NETO, A. y SOCCOL, C.R., 2019. Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, vol. 90, pp. 72-83. ISSN 18792456. DOI 10.1016/j.wasman.2019.04.030.

VELÁSQUEZ-REYES, D., RODRÍGUEZ-CAMPOS, J., AVENDAÑO-ARRAZATE, C., GSCHAEGLER, A., ALCÁZAR-VALLE, M. y LUGO-CERVANTES, E., 2023. Forastero and Criollo cocoa beans, differences on the profile of volatile and non-volatile compounds in the process from fermentation to liquor. *Heliyon* [en línea], vol. 9, no. 4, pp. e15129. ISSN 2405-8440. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15129>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023023368>.

VERA CHANG, J., VALLLEJO TORRES, C., PÁRRAGA MORAN, D., MORALES RODRÍGUEZ, W., MACÍAS VÉLIZ, J. y RAMOS REMACHE, R., 2014. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las Almendras de quince clones de cacao nacional. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Pichilingue*, vol. 7, no. 2, pp. 21-34.

ANEXOS

ANEXO 1:MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título : “EFECTO DE LOS MÉTODOS DE FERMENTACIÓN Y SECADO EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LICOR DE CACAO (<i>THEOBROMA CACACO L.</i>) DEL TIPO ICS 39 y TSH 565”				
Nombre de tesista: Matilde QUISPE VASQUEZ				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES /INDICADORES	METODOLOGIA
¿En qué medida influye los métodos de fermentación en cajón y saco, y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao (<i>Theobroma Cacaco L</i>) del tipo ICS 39 y TSH 565?	OBJETIVO GENERAL Evaluar el efecto de los métodos de fermentación; y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao (<i>Theobroma Cacaco L</i>) del tipo ICS 39 y TSH 565. OBJETIVOS ESPECIFICOS 1. Evaluar el pH y la temperatura de la masa de cacao en proceso de fermentación en cajón y	H0: No influyen los métodos de fermentación en cajón y saco, y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao (<i>Theobroma Cacaco L</i>) del tipo ICS 39 y TSH 565 . H1: Existe influencia de los métodos de fermentación en cajón y saco, y el método de secado en las características sensoriales de licor de cacao	Variable independiente: Fermentación y secado de cacao Dimensiones: - Fermentación en cajón - Fermentación en saco - Secado en manta - secado en parihuela Indicadores: - Tiempo de fermentación (días) - Temperatura de fermentación (C) - Humedad final	Evaluación de la calidad de los granos. La calidad de los granos de cacao secos se evaluaron siguiendo la técnica propuesto por (Camacho S., 2014) Determinación de pH. determinaron por la técnica potenciométrica descrito por (Meyer et al., 1989), (Bariah, 2014), (Sulaiman et al., 2014) control de temperatura. según el procedimiento recomendado por (Portillo, Grazziani y Betancourt, 2005). Determinacion de porcentaje de fermentación. Siguiendo la metodología desarrollado por (Sulaiman

	saco de las variedades ICS 39 y TSH 565. 2. Determinar la humedad final, la calidad física de los granos de cacao de la variedad TSH-565 y ICS-39 secado al sol expuesto en manta y parihuela. 3. Evaluar características sensoriales del licor cacao variedad TS-H565 y ICS-39 fermentado en cajón y saco, y secado al sol expuesto en manta y parihuela.	(<i>Theobroma Cacao</i> L) del tipo ICS 39 y TSH 565.	Variable dependiente: - Físicoquímica de granos fermentados - Características sensoriales Dimensiones: - Físicos - Químicos - Sabores Básicos - Sabores específicos Indicadores: Grano bien fermentado Grano parcialmente fermentado. Grano no fermentado pH Aroma, Acidez, Amargor, Astringencia, Defectos, Sabor (específicos), Post gusto	et al., 2014) y (Caporaso et al., 2018). Determinacion de humedad. la humedad se determinó con el método A.O.A.C 1995. Evaluación sensorial del licor de cacao. La evaluación sensorial se realizó con 5 panelistas entrenados siguiendo la metododologia descrita por (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018).
--	---	--	---	---

ANEXO 2:Formato de análisis físico de granos secos de cacao

ANALISIS FISICO							
ACOPAGRO							
Prueba de corte & control de proceso							
Fecha de analisis							
Nombre de muestra							
Fecha de inicio de Fermentacion							
Fecha de fin de fermentacion							
fecha de completar secado							
					Promedio		Indice de grano
Humedad							
Peso							
Fermentacion	50 Granos	50 Granos	50 Granos	50 Granos	Total %	Promedio	
Bien Fermentado (marron oscuro)							Bien Fermentado
Bien Fermentado (marron)							
Bien fermentado (marron ligero)							
Parcial Ferment./ Parcial Violeta							Parcial Fermentado
Parcialmente Fermentado- Marfil							
No Fermentado-Violeta							No Fermentado
No Fermentado-Marfil							
No Fermentado-Pizarroso							
Granos Defectuosos							
Roto + Mutiples+ Planos							Total defectos
Mohosos							
Dañados por insectos							
Germinados							

ANEXO 3: Formato de análisis sensorial



ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Ficha de Catación

MUESTRA _____

CATADOR _____

FECHA _____

CATEGORÍAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma					x1 =
Acidez					x1 =
Amargor	INTENSIDAD 0 a 2.5: + 5 en calidad 2.5 a 5: + 5 en calidad				x1 =
Astringencia					x1 =
Defectos					x2 =
Sabor	Cocoa/Cacao				x2 =
	Dulce				
	Nuez				
	Frutas secas				
	Frutas frescas				
	Floral				
	Especies				
	Otros				
Pos gusto					x1 =
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATADOR		x1 =
				PUNTAJE FINAL	

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.

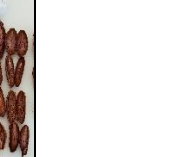
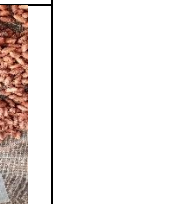
Relación inversa:
Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.



Licencia Creative Commons Atribución NoComercial CompartirIgual. No se permite un uso comercial de la obra ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Proyecto de Desarrollo de Cooperativas USAID Equal Exchange-TCO, Versión 2017

Fuente: (USAID, TCHO y EXCHANGE, 2018)

ANEXO 4: imágenes tomados durante la fermentación en saco y cajón de cacao ICS 39 y THS 565.

THS- 565 FERMENTADO EN SACO					
					
DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
					
					
TSH-565 FEMENTADO EN CAJON					
					
DIA 0	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5
					
					

Fuente: imágenes tomados por la autora (2021)

ANEXO 5: prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de la variedad THS 565

Grupos de experimento		n	media	ds	mediana	mad	min	max	rango	p-value
cotiledón	Fc TSH-565	6	5.71	0.89	5.54	1	4.8	6.74	1.94	0.1891
	Fs TSH-565	6	5.13	0.48	5.01	0.42	4.58	5.91	1.33	
testa	Fc TSH-565	6	4.59	0.33	4.57	0.29	4.24	5.15	0.91	0.3342
	Fs TSH-565	6	4.76	0.24	4.71	0.11	4.56	5.22	0.66	

ANEXO 6: prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de la variedad ISC 39.

Grupos de experimento		n	media	ds	mediana	mad	min	max	rango	p-value
cotiledón	Fc ICS-39	6	5.76	0.79	5.66	1.05	4.81	6.69	1.88	0.3425
	Fs ICS-39	6	5.34	0.66	5.15	0.3	4.82	6.62	1.79	
testa	Fc ICS-39	6	4.91	1.16	4.56	0.23	4.01	7.23	3.22	0.8723
	Fs ICS-39	6	4.83	0.16	4.83	0.17	4.64	5.08	0.44	

ANEXO 7: prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento		n	media	ds	mediana	mad	min	max	rango	p-value
cotiledón	Fc TSH-565	6	5.71	0.89	5.54	1.00	4.8	6.74	1.94	0.9242
	Fc ICS-39	6	5.76	0.79	5.66	1.05	4.81	6.69	1.88	
testa	Fc TSH-565	6	4.59	0.33	4.57	0.29	4.24	5.15	0.91	0.5379
	Fc ICS-39	6	4.91	1.16	4.56	0.23	4.01	7.23	3.22	

ANEXO 8: prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento		n	media	ds	mediana	mad	min	max	rango	p-value
cotiledón	Fs TSH-565	6	5.13	0.48	5.01	0.42	4.58	5.91	1.33	0.5381
	Fs ICS-39	6	5.34	0.66	5.15	0.3	4.82	6.62	1.79	
testa	Fs TSH-565	6	4.76	0.24	4.71	0.11	4.56	5.22	0.66	0.5758
	Fs ICS-39	6	4.83	0.16	4.83	0.17	4.83	5.08	0.44	

ANEXO 9: prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en caja y saco de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento		n	media	ds	mediana	mad	min	max	rango	p-value
cotiledón	Fc TSH-565	6	5.71	0.89	5.54	1	4.8	6.74	1.94	0.432
	Fs ICS-39	6	5.34	0.66	5.15	0.3	4.82	6.62	1.79	
testa	Fc TSH-565	6	4.59	0.33	4.57	0.29	4.24	5.15	0.91	0.1445
	Fs ICS-39	6	4.83	0.16	4.83	0.17	4.64	5.08	0.44	

ANEXO 10: prueba de t de estudent para el contraste de dos medias de pH fermentado en saco y cajón de las variedades THS 565 y ICS 39

Grupos de experimento	n	media	ds	mediana	mad	min	max	rango	p-value
cotiledón	Fs TSH-565	6	5.13	0.48	5.01	0.42	4.58	5.91	1.33
	Fc ICS-39	6	5.76	0.79	5.66	1.05	4.81	6.69	1.88
testa	Fs TSH-565	6	4.76	0.24	4.71	0.11	4.56	5.22	0.66
	Fc ICS-39	6	4.91	1.16	4.56	0.23	4.01	7.23	3.22

ANEXO 11: Análisis de varianza para temperatura en fermentador cajon y saco de cacao THS -565.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Gl	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.4649654	1	0.4649654	0.007111149	0.93430954	4.84433567
Dentro de los grupos	719.205291	11	65.3822992			
Total	719.670256	12				

ANEXO 12:Análisis de varianza de temperatura de fermentación en cajón y saco de variedad ICS-39.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Gl	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0094098 5	1	0.0094098 5	0.0001534 5	0.9903382 1	4.8443356 7
Dentro de los grupos	674.53195 8	11	61.321087 1			
Total	674.54136 8	12				

ANEXO 13: datos obtenidos de grado de fermentación de granos de cacao

	TSH-565								ICS-39							
	TM-1		TM-2		TM-3		TM-4		TM-5		TM-6		TM-7		TM-8	
repeticiones	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Totalmente Marron (TM)	77	74	69	72	67	68	59	67	74	77	78	77	67	67	69	61
Parcialmente Marron (PM)	3	5	3	7	6	4	23	10	2	5	5	5	8	7	8	5
Parcialmente Purpura (Pp)	12	15	18	10	19	19	10	16	12	15	8	9	12	10	12	25
Totalmente purpura (TP)	4	3	6	9	6	6	6	7	10	2	7	8	10	13	10	7
Pizarroso (P)	4	3	4	2	2	3	2	0	2	1	2	1	3	3	1	2
Porcentaje Equivalente Completar	90.7	90.4	87.9	89	88.1	88	85.7	88.7	89.4	92.3	91.2	91.1	86.9	86.3	88.3	86.1

ANEXO 14: Resultado de la evaluación sensorial perfil de sabores

TRATAMIENT O	PANELISTAS	Sabores Basicos						Sabores Especificos						
		Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Pos gusto	cacao	Dulce	Nuez	Fruta Seca	Fruta fresca	Floral	Espicias
TM-1	1	2	3	3	3	2	2	2	1	1	3			
	2	3	1	2	1	1		2	2	1	1			
	3	2	2	1	3			2		2				1
	4	3	3	3	3	3	3	4	2			1	1	
	5	4	5	2	2	1	2	4		2	2	4	1	1
TM-2	1	2	2	1	2	1	4	3	2	2	2	0	3	0
	2	1	1	1	0	1	2	1	1	0	0	1	0	0
	3	1	2	3	0	1	3	2	1	3	0	0	0	0
	4	5	3	2	1	2	2	4	1	2	0	3	2	0
	5	4	1	1	1	1	3	4	3	0	0	1	2	0
TM-3	1	2	2	4	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	2	2	1	3	2	1	2	2	1	1	0	2	0	0
	3	4	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	3	3	3	2	3	2	4	0	1	0	1	1	0
	5	3	1	1	1	1		3	1	2	1	0	0	0
TM-4	1	2	2	1	1	1	2	3	2	2	0	2	0	0
	2	2	2	1		1	1	2	1	0	0	0	0	0
	3	2	3	2	2		3	2	0	1	0	0	0	0
	4	2	3	2	2		3	4	2	1	1	2	3	0
	5	3	1	2	1	1	4	4	1	1	1	0	0	0
TM-5	1	3	3	1.5	1	2	1	4	1	0	0	2	0	0
	2	2	1	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0
	3	2	3	3	1	0	3	3	0	0	0	0	2	0
	4	4	4	4	3		2	3	0	1	2	2	0	0
	5	5	2	3	2	1	4	4	1	1	1	0	0	0
TM-6	1	1.5	1.5	2	1	1	3	2	0	1	0	0	0	0
	2	2	2	1		1	1	2	1	1	0	0	0	1
	3	3	1	3		0		2	1	3	2	0	0	0
	4	3	2	4	2	2	3	4	0	1	0	0	2	0
	5	3	4	1	1	1	3	3	0	2	1	3	0	0
TM-7	1	3	3	1	1	1	1	2	2	0	0	2	0	0
	2	3	2	1	0	1	2	2	2	0	0	1	0	1
	3	2	1	3	2	0	2		0	1	0	0	0	0
	4	4	3	3	2	3	3	4	2	2	0	0	2	0
	5	2	4	2	1	2	2	3		2	2	0	1	0
TM-8	1	4	2	3	1	2	2	1	0	2		2		
	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1				
	3	3	2	4	1	3	2	1						
	4	3	3	3	3	3	2	4					2	
	5	4	3	3	3	1	3	3	1		1		1	

ANEXO 15: datos de análisis sensorial calidad de sabores y sensaciones

DESCRIPTOR	CALIDAD DE SABORES Y SENSACIONES							
	TM-1	TM-2	TM-3	TM-4	TM-5	TM-6	TM-7	TM-8
Aroma	7.2	7.4	7.0	6.8	7.2	7.0	7.0	6.4
Acidez	5.8	6.2	6.8	7.2	6.0	5.8	6.2	6.2
Amargor	6.8	6.8	5.6	6.8	5.0	5.8	7.0	5.6
Astringencia	6.6	8.0	6.4	6.8	5.8	6.4	6.8	6.4
Defectos	6.2	6.8	6.4	6.8	6.6	6.4	6.6	6.0
Sabor	6.4	7.4	6.4	6.8	6.4	6.4	6.6	6.2
Pos gusto	6.6	6.8	6.2	6.8	5.8	6.6	6.6	6.2
Puntos de Catador	6.4	7.4	6.4	6.6	5.8	6.4	6.6	6.2
puntaje final	63.6	71	64.8	66.6	59.6	63.6	65.8	60.6

ANEXO 16: MANOVA para intensidad de sabores Básicos

sabores Básicos						
	test Value	f value	NumDF	DenDF	Pr(>F)	Sig
Lambda de Wilks	0.093276	3.0218	24	74.47	0.0001424	0
Traza de Hotelling	4.1109	3.3401	24	78	3.03E-05	0
Traza de Pillai	1.5525	2.5373	24	96	0.0007298	0
Raiz mayor de Roy	2.6226	10.49	6	24	9.90E-06	0

ANEXO 17: coeficientes de discriminantes lineales

	LD1	LD2	LD3	LD4
Aroma	0.5530487	-0.01787882	-0.28454257	-0.6300946400
Acidez	0.6632313	-0.61824244	0.04307715	0.7527323199
Amargor	0.1823608	-0.80189152	1.00059952	-0.0003307592
Astringencia	0.3063670	0.73433497	-0.75941145	0.4250694612
Defectos	0.7000173	1.17266246	0.48827737	-0.2377807989
Pos.gusto	0.9390639	-0.63272013	0.08108219	-0.3054181828

ANEXO 18: análisis discriminante para intensidad de sabores básicos

varianza de la función discriminante de los grupos			
LD1	LD2	LD3	LD4
0.638	0.2666	0.0812	0.0143

ANEXO 19: MANOVA para intensidad de sabores específicos.

sabores Específicos						
	test Value	f value	NumDF	DenDF	Pr(>F)	Sig
Lambda de Wilks	0.13028	2.1164	24	64.005	0.009141	0.001
Traza de Hotelling	3.3482	2.3019	24	66	0.004072	0.001

Traza de Pillai	1.3891	1.8622	24	84	0.02008	0.01
Raiz mayor de Roy	2.2825	7.9889	6	21	0.0001425	0

ANEXO 20: coeficientes de discriminantes lineales

	LD1	LD2	LD3	LD4
cacao	1.0665257	0.805700011	-0.06472904	0.44875611
Dulce	-0.6266917	0.812269949	-0.26780358	-0.65511176
Nuez	0.2820919	-0.614101063	-0.28375868	-0.04844571
Fruta.Seca	0.2242860	0.503687785	-0.42183398	0.31695924
Fruta.fresca	0.2466993	-0.001980558	0.56696743	-0.52101673
Floral	0.4256821	-1.007032486	0.63673039	-0.07976351
Especias	-1.1733929	0.356070243	2.70508022	2.53794334

ANEXO 21: analisis discriminante para intensidad de sabores especificos

varianza de la funcion discriminante de los grupos			
LD1	LD2	LD3	LD4
0.6637	0.2001	0.1097	0.0265

ANEXO 22: MANOVA para perfil de calidad de sabores

Calidad de sabores						
	test Value	f value	NumDF	DenDF	Pr(>F)	Sig
Lambda de Wilks	0.21173	2.0369	28	105.98	0.005108	0.001
Traza de Hotelling	2.5236	2.4786	24	110	0.000435	0
Traza de Pillai	1.0723	1.6744	28	128	0.0289	0.01
Raiz mayor de Roy	2.0334	9.2956	7	32	3.07E-06	0

ANEXO 23: coeficientes de discriminantes lineales

	LD1	LD2	LD3	LD4
Aroma	-0.3949611	-0.2927301	0.3209270	0.33815377
Acidez	-0.3437799	0.7379001	-0.3412454	-0.71466935
Amargor	-0.4849206	0.2398702	-0.5111087	-0.06623257
Astringencia	-0.1162526	-0.2749344	0.4385049	0.35907973
Defectos	-0.5493664	0.5941980	0.5122491	0.43762979
Sabor	-0.3950740	-0.8902593	0.1335131	-0.64795743
Pos.gusto	-0.2690478	-1.3955928	-1.0005920	1.04518052
Puntos.de.Catador	1.4092278	0.5551275	0.8121060	-0.66487965

ANEXO 24: análisis discriminante para calidad de sabores

varianza de la funcion discriminante de los grupos			
LD1	LD2	LD3	LD4
0.7575	0.1451	0.0632	0.0341

ANEXO 25: proceso de tostado de granos
de cacao



ANEXO 26: nibs de cacao



ANEXO 27: proceso de obtención de licor de cacao



ANEXO 28: muestras de licor de cacao

