

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL



**Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación
en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.)**

Llochegua, Huanta 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AGROFORESTAL**

PRESENTADO POR:

Cynthia Vanessa Delgadillo Aguilar

ASESOR:

Ing. Haroldo Satalaya Reátegui

Ayacucho – Perú

2023

*A mi querido madre: **Elsa Aguilar Huamán** y a mi querido padre: **Demetrio Delgadillo Ruiz** por su indeterminado apoyo durante el recorrido de mi vida, por los sabios consejos, las enseñanzas brindadas y sobre todo por la eterna paciencia.*

*A mi querido hermano **Willintong Delgadillo Aguilar** por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, principal casa de estudios para mi formación y desempeño profesional.

A Ing. Haroldo Satalaya Reátegui, profesor de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, por el aporte y asesoramiento durante la conducción y desarrollo del trabajo de investigación.

A Ing. Crispín Quispe Gutiérrez, dedicado a innovación agraria en los cultivos tropicales. Especialista en manejo integral del cultivo de cacao, Empresa Amazonas Trading Perú S.A.C.

A Sr. Juan Rubén Laura Torres, productor cacaotero del distrito de Pichari ganador de premios locales, regionales, nacionales e internacionales, por sus orientaciones durante el proceso de ejecución del proyecto de tesis.

A todos mis profesores una enorme gratitud por su esfuerzo y paciencia para enseñar y forjar profesionales en una carrera tan hermosa como la Ingeniería Agroforestal.

A mis mejores amigos, quienes me acompañaron y apoyaron durante los años de estudio.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE CACAO.....	4
1.1.1 Centro de origen y distribución geográfica.....	4
1.1.2 Clasificación taxonomía.....	4
1.1.3 Valor nutricional.....	5
1.2 TIPOS DE CACAO.....	6
1.2.1. Cacao criollo o dulce.....	6
1.2.2. Cacao forastero o amargo.....	6
1.2.3. Cacao variedad trinitaria.....	7
1.3 CLONES DE CACAO.....	7
1.3.1. Clon CCN-51 (Colección Castro Naranjal).....	7
1.3.2. Clon VRAE-99 (Valle del Río Apurímac y Ene).....	8
1.4 RENDIMIENTO POR HECTÁREA.....	8
1.5 MANEJO DE COSECHA Y POST COSECHA.....	8
1.6 FERMENTACIÓN DEL CACAO.....	12
1.6.1. Cambios en la fermentación.....	13
1.6.2. Fases de la fermentación.....	14
1.6.3. Factores en el proceso de fermentación.....	16
1.7 SECADO DE GRANOS DE CACAO.....	17
1.7.1. Métodos de secado.....	19
1.7.2. Envasado y almacenamiento.....	19
1.8 CALIDAD DE GRANOS DE CACAO.....	20
CAPÍTULO II.....	23

METODOLOGÍA.....	23
2.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO	23
2.2. CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS.....	24
2.2.1. Características climáticas	24
2.2.2. Características fisiográficas.....	24
2.2.3. Características meteorológicas	24
2.3. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	25
2.3.1 Materiales y equipos.....	25
2.3.2 Herramientas	25
2.3.3 Reactivos	26
2.3.4 Otros	26
2.4. PLANEAMIENTO DEL EXPERIMENTO	26
2.4.1 Factores en estudio	26
2.4.2 Tratamientos en estudio	27
2.4.3 Croquis del diseño experimental	27
2.4.4 Diseño estadístico experimental.....	27
2.5. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	28
2.5.1. Factores ambientales	28
2.5.2. Características físicas	28
2.5.3. Características químicas	29
2.6. CONDUCCIÓN DEL ENSAYO	31
2.6.1. Reconocimiento de parcelas con cacao.....	31
2.6.2. Cosecha selectiva	31
2.6.3. Quiebre de mazorcas	31
2.6.4. Pre secado de cacao.....	32
2.6.5. Transporte de masa de granos al lugar de fermentación	33
2.6.6. Fermentación de masa de granos	33
2.6.7. Remoción de masa de granos	34
2.6.8. Secado de granos	34
2.6.9. Almacenamiento de granos	35
2.7. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	35
CAPÍTULO III	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. FACTORES AMBIENTALES	36

3.1.1. Tiempo de fermentación.....	36
3.1.2. Temperatura de masa de granos en fermentación	37
3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	40
3.2.1. Pérdida de peso de granos después de escurrido.....	40
3.2.2. Pérdida de peso de granos después de pre secado.....	40
3.2.3. Pérdida de peso de granos después de la fermentación.....	41
3.2.4. Pérdida de peso de granos después de secado.....	43
3.2.5. Cambios de color externo de granos	44
3.2.6. Cambios de color interno de granos	46
3.2.7. Cambios de forma de granos.....	48
3.2.8. Pérdidas post cosecha de granos	49
3.2.9. Perdidas post cosecha de granos - peso inicial 1000 gramos.....	51
3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	54
3.3.1. pH de la masa en fermentación	54
3.3.2. Contenido de azúcares de masa en fermentación.....	60
3.3.3. Desarrollo de aroma y sabor de granos secos	67
3.3.4. Porcentaje de grasa.....	68
3.3.5. Porcentaje de acidez	70
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Clasificación taxonómica del cacao	5
Tabla 1.2. Composición nutricional de 100 g de pulpa y semilla de cacao.....	5
Tabla 1.3. Parámetros de evaluación en diferentes variedades de cacao	10
Tabla 1.4. Características de las principales enzimas activas durante la fermentación de granos de cacao	14
Tabla 1.5. Características de cacao fermentado	21
Tabla 2.1. Descripción de los tratamientos en estudio	27
Tabla 2.2. Croquis del ensayo experimental	27
Tabla 3.1. Tiempo de fermentación de granos de variedades después del pre secado y frecuencia de remoción de masa en fermentación	36
Tabla 3.2. Análisis de variancia de temperatura promedio de masa de granos en fermentación a los cinco días	38
Tabla 3.3. Prueba de Tukey de temperatura de masa en fermentación de efectos simples de variedades y tiempo de pre secado, en promedio de la frecuencia de remoción.....	38
Tabla 3.4. Análisis de variancia de pérdida de peso de granos después del pre secado .	40
Tabla 3.5. Prueba de Tukey de pérdida de peso de granos después del pre secado en variedades.....	41
Tabla 3.6. Análisis de variancia de pérdida de peso de granos después de la fermentación.	41
Tabla 3.7. Prueba de Tukey de pérdida de peso de granos del efecto simple en variedades y tiempo de pre secado en promedio de la frecuencia de remoción.....	42
Tabla 3.8. Análisis de variancia de pérdida de peso de granos después del secado.....	43
Tabla 3.9. Características cualitativas de cambios de color externo de granos de variedades de cacao después del tiempo de pre secado y frecuencia de remoción	45
Tabla 3.10. Características cualitativas de cambios de color interno de granos de variedades después del tiempo de pre secado y frecuencia de remoción durante la fermentación.....	46
Tabla 3.11. Cambios de forma de granos de variedades después del pre secado y frecuencia de remoción de masa en fermentación	48

Tabla 3.12.	Descripción cualitativa y porcentual de pérdida post cosecha de granos (g) a partir del peso inicial de 1000 gramos	49
Tabla 3.13.	Análisis de variancia del porcentaje de pérdida de peso de granos post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos.....	51
Tabla 3.14.	Análisis de variancia del peso de granos selecto a partir de 1000 gramos.....	52
Tabla 3.15.	Análisis de variancia del pH al primer volteo de la masa en fermentación ...	54
Tabla 3.16.	Prueba de Tukey del pH al primer volteo de masa en fermentación de efectos simples de tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de variedades.....	54
Tabla 3.17.	Análisis de variancia del pH al segundo volteo de masa de granos en fermentación.....	55
Tabla 3.18.	Prueba de Tukey del pH al segundo volteo de masa de granos en fermentación en variedades y tiempo de pre secado en promedio de frecuencia de remoción	56
Tabla 3.19.	Análisis de variancia del pH al tercer volteo de la masa de granos en fermentación.....	56
Tabla 3.20.	Prueba de Tukey del pH al tercer volteo de masa de granos en fermentación del efecto simple en tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de variedades	57
Tabla 3.21.	Análisis de variancia del pH al cuarto volteo de masa de granos en fermentación.....	57
Tabla 3.22.	Prueba de Tukey del pH al cuarto volteo de masa de granos en fermentación de efectos simples de variedades y tiempos de pre secado en promedio de frecuencia de remoción	58
Tabla 3.23.	Análisis de variancia del pH al momento de retirar la masa de granos en fermentación para el secado final.....	59
Tabla 3.24.	Prueba de Tukey del pH al retirar la masa de granos fermentado del efecto simple en tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de las variedades.....	59
Tabla 3.25.	Análisis de variancia del contenido de azúcares antes del primer volteo de masa de granos en fermentación.....	60
Tabla 3.26.	Análisis de variancia del contenido de azúcares al primer volteo de la masa de granos en fermentación	62

Tabla 3.27. Prueba de Tukey del contenido de azúcares al primer volteo del efecto simple en variedades y frecuencia de remoción en la fermentación.....	62
Tabla 3.28. Análisis de variancia del contenido de azúcares al segundo volteo de masa de granos en fermentación	63
Tabla 3.29. Análisis de variancia del contenido de azúcar al tercer volteo de masa de granos en fermentación	64
Tabla 3.30. Prueba de Tukey del contenido de azúcares al tercer volteo de efectos simples de variedades y frecuencias de remoción en promedio del tiempo de pre secado	65
Tabla 3.31. Análisis de variancia del contenido de azúcares al cuarto volteo de masa de granos en fermentación	65
Tabla 3.32. Análisis de variancia del contenido de azúcares en el momento de retiro de masa de granos fermentado para el secado final	66
Tabla 3.33. Características cualitativas del aroma y sabor de granos secos de variedades de cacao.....	67
Tabla 3.34. Análisis de variancia del porcentaje de grasa de grasa en granos de cacao ...	68
Tabla 3.35. Análisis de variancia del porcentaje de acidez en granos de cacao	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Fermentador de cacao tipo caja de madera escalonada	12
Figura 1.2. Cambios en el grano de cacao durante la fermentación	13
Figura 1.3. Secado natural de cacao en tarimas	19
Figura 2.1. Mapa del centro poblado de Periavente Alta, distrito Llochegua	23
Figura 2.2. Vista panorámica de labores post cosecha de cacao en Periavente Alta	24
Figura 2.3. Cosecha y quiebra de mazorcas de CCN-51	32
Figura 2.4. Escurrido del mucílago de la masa de granos	32
Figura 2.5. Pre secado de masa con granos antes del ingreso a la caja de fermentación .	33
Figura 2.6. Fermentación de masa de granos en cajas y registro de temperatura (T°: 39.1/FR:48H/PH:4.1/DIA 3)	33
Figura 2.7. Remoción de masa de granos y registro de temperatura	34
Figura 2.8. Secado de masa de granos en tendales de cemento y cobertizo.....	34
Figura 2.9. Ensacado y almacenamiento de granos de cacao	35
Figura 3.1. Tendencia de temperatura promedio de masa de granos en fermentación en variedades después del pre secado y frecuencia de remoción.....	37
Figura 3.2. Prueba de Tukey de pérdida de peso (kg) de granos después del secado	43
Figura 3.3. Prueba de Tukey de pérdida de peso de granos post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos	51
Figura 3.4. Prueba de Tukey de pérdida de peso en granos selecto en las frecuencias de remoción durante la fermentación.....	53
Figura 3.5. Prueba de Tukey del contenido de azúcares antes del primer volteo de masa de granos en fermentación de variedades de cacao.....	61
Figura 3.6. Prueba de Tukey de contenido de azúcares al segundo volteo en los efectos principales de variedades y la frecuencia de remoción	64
Figura 3.7. Prueba de Tukey contenido de azúcares al cuarto volteo del efecto principal tiempo de pre secado	66
Figura 3.8. Prueba de Duncan del contenido de grasa del efecto de primer orden tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de variedades de cacao ..	69
Figura 3.9. Prueba de Duncan de porcentaje de acidez del efecto de primer orden de tiempo de pre secado y variedades en promedio de frecuencia de remoción.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Panel fotográfico de fermentación de variedades de cacao	78
Anexo 2. Evaluación de parámetros físicos y químico de variedades de cacao	79

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la localidad de Periavente Alta, distrito de Llochegua y provincia de Huanta, Ayacucho, con los objetivos de determinar el tiempo de fermentación después del pre secado y frecuencia de remoción de granos de cacao y la descripción de cambios en las características físicas y químicas de granos de cacao al final de pre secado, fermentación y secado de granos de CCN-51 y VRAE-99, empleándose el Diseño Completo Randomizado (DCR) con arreglo factorial de 2 variedades, 3 tiempos de pre secado y 2 frecuencias de remoción del grano durante la fermentación, constituyendo 12 tratamientos con 3 repeticiones. En los resultados, el tiempo de fermentación después pre secado (2, 4 y 6 horas) y frecuencias de remoción (24-48-24-24 y 48-24-24-24) de granos de cacao CCN-51 y VRAE-99 ocurre entre 5 a 6 días, con temperatura entre 42.92 °C y 43.15 °C. Los cambios en características físicas, la pérdida de peso de granos después de escurrido es de 90 kg; la pérdida de peso después de pre secado de 72.5 a 79.8 kg; la pérdida de peso después de la fermentación de 72.17 a 74.69 kg; la pérdida de peso después de secado en VRAE-99 con 35.61 kg y CCN-51 con 33.68 kg. Los cambios de color externo e interno de granos son cualitativos y cuantitativos durante la fermentación, presentando en el secado final el color rojo oscuro y color marrón chocolate oscuro, respectivamente. Los cambios de forma de granos al secado final en CCN-51 y VRAE- 99 presentan forma ovoidal hinchados, y ovoidal y elipsoidal hinchados, respectivamente. Las pérdidas post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos varía de 152.55 (15.24%) y 174.06 (17.4%) gramos. Los cambios en características químicas, el pH de masa de granos en fermentación en el primer volteo después de pre secado y frecuencias varía de 4.0 a 4.20, en el momento de retiro para el secado final varía de 4.52 a 4.81; en contenido de azúcares, antes del primer volteo CCN-51 con 17.25 % y VRAE-99 con 13.06 % y en el momento de retiro para secado final con 4.79 % a 4.89 %. En desarrollo de aroma y sabor de CCN-51 y VRAE-99 con aroma agradable fuerte a chocolate y sabor ligeramente amargo; en contenido de grasa de granos secos de 42.59 % a 53.04%; en contenido de acidez, CCN-51 con 0.32% a 0.48% y VRAE-99 con 0.33% a 0.36%.

Palabras clave: Cacao, pre secado, frecuencias de remoción, fermentación.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*), para el Perú es considerado un cultivo importante porque es el segundo mayor exportador mundial de cacao orgánico, proporcionando empleos e ingresos económicos a miles de agricultores. Según el MINAGRI, existen unas 63,000 hectáreas de cacao a nivel nacional, con una producción promedio de 35 toneladas anuales, que provienen del Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), que tiene una superficie cultivada de 20,000 hectáreas y una producción total de 11 toneladas.

El distrito de Llochegua es uno de los distritos del VRAEM, considerado uno de los principales productores de cacao de la provincia de Huanta, Ayacucho; la producción procede de plantaciones instaladas con diferentes variedades, que en lo que corresponde al manejo agronómico, cosecha y post cosecha de mazorcas y granos se viene realizando de manera deficiente; siendo el problema identificado “*el deficiente proceso de pre secado y frecuencia de remoción en la fermentación de granos de cacao*”. Las razones del problema son la falta de conocimiento de los productores sobre el comportamiento fisiológico de los granos de cacao CNN-51 y VRAE-99 después del pre secado, frecuencia de remoción y fermentación de los granos, tiempo de pre secado, tiempo de remoción y fermentación. de frijoles, etc. El efecto es la baja calidad del frijol en términos de propiedades físicas y químicas, bajos precios del grano para asegurar la calidad, pocas innovaciones tecnológicas.

El cultivo del cacao es una de las actividades agrícolas más importantes del VRAEM. Esto se debe a la creciente demanda de granos de cacao en los mercados nacionales e internacionales. Los productores de cacao individuales y asociados están trabajando para mejorar la calidad del grano debido a las condiciones agroecológicas favorables para la producción de cacao. Por lo tanto, se debe priorizar la expansión de las fronteras agrícolas a través del mejoramiento y propagación de plantas, el establecimiento de bancos de recursos genéticos y el establecimiento de jardines por parte de las

plantaciones locales de cacao, y sobre todo para mejorar el tratamiento de cosecha y post cosecha del producto.

En el cacao, la fermentación de cacao en grano es un proceso clave en el que se producen una serie de cambios bioquímicos para desarrollar los precursores del aroma y sabor del chocolate. Las variedades de cacao CCN-51 y VRAE-99 tienen más propiedades organolépticas únicas que otras que la industria del chocolate necesita para producir chocolate de primera calidad, por lo que la fermentación y el secado del grano afectan directamente la calidad del cacao.

Asimismo, las masas de granos de cacao después del pre secado son sometidos a un proceso de fermentación y con frecuencias de remoción durante la fermentación, debiendo conocerse el tiempo de fermentación de los granos y los cambios externos e internos que se generan en los granos y los contenidos de grasa, acidez y la formación de precursores de aroma y sabor en los granos. Los granos de cacao debidamente fermentados se evalúan en cuanto a las características físicas y químicas cualitativas y cuantitativas del color externo e interno de los granos de cacao para determinar el color marrón y el color que es diferente al del chocolate amargo típico, caracterizado por tener un tono de color específico. Por ello el presente trabajo de investigación se ha considerado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Llochegua a 570 msnm-Huanta.

Objetivos específicos

1. Determinar el tiempo de fermentación después del pre secado y frecuencia de remoción de granos de cacao.
2. Describir los cambios en las características físicas de granos de cacao al final de pre secado, fermentación y secado.
3. Describir los cambios en las características químicas de granos de cacao al final de pre secado, fermentación y secado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE CACAO

1.1.1 Centro de origen y distribución geográfica

Canessa (2014) en su investigación titulada “La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma. Ediciones ESAN. Perú” reporta que:

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie cuyo origen se ubicaría hace más de 4 mil años en la cuenca del río Amazonas. Las más antiguas referencias históricas señalan que fue domesticado en América Central por la cultura Maya, que los consumían como bebida amarga. Fue descubierto durante las primeras exploraciones de América y se extendió como producto con éxito a través de Europa en el siglo XVII conforme fueron añadiendo edulcorantes y saborizantes. Asimismo, ANECACAO (2007) señala que el cacao es una especie endémica de América del sur, cuyo centro de origen se localiza en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas. (p.18)

En la cuenca amazónica, se distribuye en Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela, Surinam y Guyana. En la selva peruana se cultiva en los departamentos de Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Pasco, Madre de Dios, Cusco y Ayacucho. Como centro primario de la diversidad del cacao se encontraría en la región nororiental del Perú; sin embargo, la existencia de poblaciones silvestres y nativas dispersas en la región central y sur de la Amazonía alta, apoya la hipótesis de que el lugar de origen incluye la región centro y suroriental del Perú, las cuencas de los ríos Huallaga, Ucayali y Urubamba. (García, 2010, p. 14)

1.1.2 Clasificación taxonomía

El INIA (2009) afirma que la clasificación taxonómica del cacao es la siguiente:

Tabla 1.1. Clasificación taxonómica del cacao

Clasificación taxonómica del cacao	
Reino	Plantae (plantas)
Subreino	Tracheobionta (plantas vasculares)
División	Magnoliophyta (plantas con flores, angsiospermas)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Género	Theobroma
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L.

1.1.3 Valor nutricional

Collazos (1996) afirmó que la composición física y química del grano de cacao es muy compleja y cambia durante el crecimiento del grano y dependiendo de los procesos por los que pasa, indican.

Tabla 1.2. Composición nutricional de 100 g de pulpa y semilla de cacao

Elemento	Valor	Brack	
		100 gr pulpa	100 gr semilla
Energía (cal)	--	71,0 cal	404,0 cal
Calorías (Cal)	456	--	--
Agua (g)	3,6	79,2 g	8,7 g
Proteínas (g)	12,6	2,8 g	19,0 g
Lípidos (g)	--	0,3 g	17,1 g
Grasa (g)	46,3	--	--
Carbohidratos (g)	34,7	16,5 g	47,8 g
Fibra (g)	8,6	1,1 g	6,9 g
Ceniza (g)	3,4	1,2 g	7,4 g
Calcio (mg)	106	6,0 mg	200,0 mg
Fosforo (mg)	537	41,0 mg	801,0 mg
Hierro (mg)	3,6	0,7 mg	10,5 mg
Vitamina A (Retinol) (mcg)	2	32,0 mg	--
Vit. B1 (Tiamina) (mcg)	0,17	1,8 mg	0,02 mg
Vit. B2 (Riboflamina) (mcg)	0,14	0,15 mg	0,20 mg
Vit. B5 (Niacina) (mcg)	1,7	3,20 mg	2,50 mg
Ac. Ascórbico reduc. (mcg)	3,0	--	--
Vitamina C	--	21,00 mg	18,90 mg

Fuente: Collazos, 1996; Brack, A. 1999.

1.2 TIPOS DE CACAO

De acuerdo con García (2005) indica que “existen tres tipos de cacao muy definidos en cuanto a sus características cualitativas y cuantitativas, estos son los criollos, forasteros y trinitarios” (p. 33).

1.2.1. Cacao criollo o dulce

Dostert et al. (2012) en su boletín titulado “Hoja botánica: cacao (*Theobroma cacao* L.), menciona que:

Las formas Criollo fueron probablemente domesticadas primero por los Mayas hace más de 3000 años (27, 35, 40, 61). Hasta la mitad del siglo XVIII esta era la forma de cacao más frecuentemente cultivada. El cacao Criollo comprende árboles delgados; los frutos tienen típicamente una cubierta delgada y escultrada y una pigmentación rojiza. Las formas Criollo muestran signos de depresión endogámica y, frecuentemente, más bajos rendimientos y mayor susceptibilidad a plagas. En países de habla hispana de América, “Criollo” es frecuentemente traducido como “nativo” y comprende no sólo las formas típicas de Criollo, sino además todos los cultivares tradicionales. El cultivo comercial se desarrolla principalmente en las áreas de origen, en Venezuela, México, Nicaragua, Guatemala y Colombia. El 5—10 % de la producción mundial de cacao se origina de las formas Criollo. (p. 5)

1.2.2. Cacao forastero o amargo

Dostert et al. (2012) en su boletín titulado “Hoja botánica: cacao (*Theobroma cacao* L.), menciona que:

Las formas Forastero son originarias de la cuenca superior del Amazonas y comprenden las formas de cacao que no son Criollo ni de origen híbrido (27, 40, 45). Se caracteriza principalmente por su fruto verde, una cubierta del fruto (pericarpo) gruesa, un mesocarpo fuertemente lignificado, semillas redondeadas y ligeramente aplanadas y cotiledones de color violeta. La mayoría del cacao que se cultiva en Brasil, África Occidental, América Central y el Caribe pertenece a este grupo. Con cerca del 80% de la producción mundial de cacao, el grupo de cultivares Forastero es el grupo comercialmente más importante. (p. 5)

1.2.3. Cacao variedad trinitaria

Dostert et al. (2012) en su boletín titulado “Hoja botánica: cacao (*Theobroma cacao* L.), menciona que:

Estas formas de cacao son de origen híbrido entre formas Criollo y Forastero, las que desde mediados del siglo XVIII han surgido en los territorios de cultivo de cacao (40, 45). El grupo es correspondientemente muy heterogéneo genéticamente y, morfológicamente, muy polimorfo, no siendo posible delimitarlo a través de características comunes. Las plantas son normalmente muy robustas con frutos verdes o pigmentados y con semillas violeta claro a violeta oscuro. El 10—15 % de la producción mundial de cacao se origina en las formas Trinitario. (p. 5)

1.3 CLONES DE CACAO

“Son plantas o grupos de plantas, con idéntico componente hereditario, derivado de una planta madre seleccionada, a través de la propagación asexual por estacas, acodos o injertos” (García, 2010). Coronado (2009) coincide indicando que “es un material genéticamente uniforme derivado de un solo individuo y que se propagan de modo exclusivo por medios vegetativos” (p.7). Las principales características de los clones usados en el presente trabajo son:

1.3.1. Clon CCN-51 (Colección Castro Naranjal)

García (2005) en su trabajo de investigación titulada “Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú” menciona que:

Es un híbrido forastero obtenido en el Ecuador, con un promedio de 57 óvulos por ovario, color rojo en estado inmaduro, forma básica, forma oblonga, ligera constricción basal, grosor de cáscara intermedia, surcos profundos, 44 semillas por fruto, peso seco de semilla 1.4 g, índice de mazorca 16, rendimiento de 2760 kg/ha y contenido de grasa de 54%. Es susceptible a la pudrición parda, moderadamente resistente a la escoba de bruja y moderadamente susceptible a moniliasis. Este clon es reconocido por su tolerancia a enfermedades de la raíz y el tallo, buena habilidad combinatoria y amplia adaptación a diferentes ambientes. Forma de semilla en sección longitudinal es elíptica; forma de en sección transversal es intermedia; fruto grande y fuertemente rugoso (p. 32).

1.3.2. Clon VRAE-99 (Valle del Río Apurímac y Ene)

García (2005) en su trabajo de investigación titulada “Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú” menciona que:

Es una colección forastera, el clon promisorio adaptado a suelos secos de la selva; color de mazorca verde en estado inmaduro, amarillo en estado maduro, mazorcas pequeñas y redondas, peso de semilla 0.9 gr, considerada como semilla pequeña, en comparación con las semillas de otros clones estudiados. Forma de semilla en sección longitudinal elíptica y la forma de semilla en sección transversal: intermedia; fruto grande y ligeramente rugoso. El clon es tolerante a las enfermedades de escoba de bruja, moniliasis y pudrición parda. Cultivados en alta densidad y conducidos con buen manejo agronómico se puede obtener un rendimiento de 3000 kg/ha; es una variedad con semilla de aroma media. (p. 32)

1.4 RENDIMIENTO POR HECTÁREA

MINAGRI-DEVIDA (2014) informó que en los valles de los ríos Apurímac y Ene, la producción de cacao no es igual para todas las parcelas y depende principalmente del nivel de tecnología utilizada. Así, 75 productores lograron rendimientos entre 400 y 600 kg, el 20% logró rendimientos por encima de los 600 kg y el 5% logró rendimientos por debajo de los 400 kg. Se logró un rendimiento de 2000 kg.ha-1 en el tercer año de producción, empleando un paquete técnico de rehabilitación, reacondicionamiento y siembra de nuevos campos de cacao. MINAGRI-DEVIDA (2014) señala que la productividad promedio de las diferentes regiones productoras de cacao en el Perú se mantuvo baja hasta el año 2000, fluctuando entre 300 y 400 kg.ha-1. Actualmente se logran rendimientos de más de 1000 kg.ha-1 en promedio, con Tumbes por ejemplo logrando 1034 kg.ha-1. Hernández (1991) encontró que es posible lograr rendimientos de 2000 a 3000 kg.ha en el primer año en sitios con suelos muy fértiles usando variedades de alto rendimiento y prácticas culturales mejoradas.

1.5 MANEJO DE COSECHA Y POST COSECHA

1.5.1. Manejo de cosecha

Índice de madurez

Hernández (1991), sobre el índice de madurez indica que “es el grado de maduración de las mazorcas que se aprecia cuando presenta cambios de color verde pasa a color amarillo y del rojo al anaranjado, siendo un indicador que facilita el momento

de la cosecha de mazorcas” (p. 45).

ANACAFE (2013) en la revista titulada “El cafetal – la revista del caficultor” recomienda:

No cosechar mazorcas sobre maduras por la fermentación deficiente y con riesgos de podredumbre y germinación de semillas, facilitando la entrada de hongos e insectos al interior del grano, resultando un cacao de baja calidad. En la fermentación se evita la presencia de cáscaras, ramas, placentas de cacao, hojas y piedras, que además de darle muy mala presentación, genera problemas durante el proceso de fermentación. El quebrado o picado de mazorcas se debe realizar con mucho cuidado para evitarse el corte de los granos. (p. 11)

García (2005) en su trabajo de investigación titulada “Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú” menciona que:

El índice de mazorca es un valioso indicador del potencial de rendimiento del cacao. Un bajo índice de mazorca resulta con buen número de semillas y tamaño (peso) de las mismas. Asimismo, el índice de mazorca es el número de mazorcas necesarias para obtener un kilogramo de cacao comercial. Este índice de mazorcas, para los forasteros está comprendido generalmente de 20 a 25 mazorcas. (p. 37)

1.5.2. Características de mazorcas y granos

Peso de mazorcas

Carrillo (2011) dice que las mazorcas según sus dimensiones y forma pueden pesar de 200gr a más de 1 kg. En los forasteros, el peso medio de una mazorca está comprendido entre 400 a 500 gramos.

Tamaño de mazorcas

Quevedo (2017) reporta que la “forma, el tamaño y color de mazorcas depende de los genotipos así la forma está relacionada entre longitud y ancho”.

Peso de granos secos

Gutiérrez (2012) afirma que, para los parámetros de calidad del grano de cacao exigidos por la Unión Europea y el comercio internacional, el peso mínimo del grano es

de 1 gramo por grano. Hernández (1991) afirma que la granularidad es importante en la industria. Los granos que pesan menos de 1 gramo tienen un mayor porcentaje de cáscara y un contenido de grasa reducido.

Tabla 1.3. Parámetros de evaluación en diferentes variedades de cacao

Clon	Peso de mazorca(gr)	Longitudde mazorca (cm)	Diámetrode mazorca (cm)	N° de semillas por mazorca	Peso desemilla seca (g)	Índice de mazorca
ICS-1	661.5	18.97	9.26	36	1.84	15.09
ICS-6	858.2	19.86	9.98	39	2.23	11.49
ICS-39	667.12	20.06	8.96	34	2.49	11.81
ICS-95	524.1	19.42	7.87	30	1.39	23.93
IMC- 67	939.6	21.02	9.95	47	1.30	16.36
P-12	523.5	16.31	8.35	40	1.31	19.08

Fuente: Collazos, 1975; Brack, A. 1999

1.5.3. Cosecha de mazorcas

Según Cros (2000) el tiempo de cosecha está íntimamente relacionado con el aumento o disminución de las precipitaciones. La recolección del cacao se realiza durante todo el año. Esta actividad consiste en cortar las espigas maduras del árbol, transferirlas al partadero y extraer los granos de las espigas que están adheridas internamente a la pulpa y la placenta.

Consiste en cosechar solo las mazorcas maduras, ya que las inmaduras generan granos deficientemente fermentados, porque la pulpa no tiene la cantidad suficiente de azúcares necesarios para la fermentación satisfactoria; además, con las mazorcas inmaduras se obtiene un exceso de granos color violeta, aplastados, arrugados y pizarrosos, siendo el producto final de baja calidad.

1.5.4. Manejo post cosecha

Beneficio de manejo post cosecha

El manejo post cosecha es una parte fundamental y crítica para obtener la calidad de grano deseada y promover una comercialización adecuada. Los precios de los productos y la rentabilidad de los cultivos están aumentando con buenos rendimientos (siempre que haya incentivos para producir granos de calidad) y son tareas que representan entre el 15 y el 20 % de los costos directos de producción. El verdadero placer

se contagia con las almendras, ya que el sabor y aroma del cacao viene determinado por el proceso de fermentación y secado, que es la alta calidad del producto final.

INTECO (2009) refieren que el manejo post cosecha trae consigo el “beneficio como el conjunto de prácticas interrelacionadas con la transformación biológica que deben sufrir las almendras una vez cosechadas. El beneficio comprende: cosecha, fermentación, secado y almacenamiento” (p. 29).

1.5.5. Pre secado de cacao

TechnoServe (2016) en su libro titulado “*manejo de post cosecha de cacao. Metodología DPC para fermentación de cacao*” indica que el pre secado consta de dos etapas:

El escurrido, consiste en colocar la jaba de plástico, recipiente, malla o material a utilizar para el escurrido de granos, sobre una parihuela o tarima, evitando el contacto directo con el suelo, Luego colocar la masa de granos sobre la malla para permitir el rápido escurrido de la mayor cantidad de baba o mucílago y se evacúe correctamente el mucilago que será drenado. Por lo general, el proceso de escurrido requiere de 15 horas, por lo que, si llega la baba de cacao al centro de fermentación en la tarde, deberá dejarse hasta la mañana del día siguiente en un ambiente protegido contra la lluvia. (p. 65)

Pre secado propiamente dicho, después de haber realizado el escurrido de la masa de granos y en un ambiente favorable de insolación y temperatura si se realiza el pre secado, se realiza la limpieza del espacio a utilizar para eliminar los residuos contaminantes y se coloca los granos en una superficie plana, que puede ser un tendal o una losa de cemento. Si la condición del tiempo no es favorable para el pre secado, se deben dejar en el mismo sitio donde se realizó el escurrido, durante un día como máximo, libre de animales para prevenir la contaminación. El tiempo de permanencia de los granos en la superficie de tendales, dependerá de la intensidad de rayos solares, de 5 horas en pleno sol y de 8 horas en condiciones nubladas. La remoción se realiza cada dos horas con un rastillo de madera para homogenizar el desbabado de los granos. Para certificar la correcta eliminación del exceso de mucilago, después de 5 u 8 horas según las condiciones ambientales, se debe coger un puñado de granos de cacao y presionarlos, si al abrir el puño se mantiene los granos juntos, se debe proseguir con el presecado. (p. 66)

1.6 FERMENTACIÓN DEL CACAO

Según Navia y Pazmiño (2012), La fermentación es una de las etapas postcosecha que más afecta la calidad de los productos derivados del cacao y su principal objetivo es iniciar las transformaciones bioquímicas necesarias para la formación de los precursores del sabor a chocolate.

Díaz y Pinoargote (2012) que la fermentación del cacao varía mucho de un país a otro dependiendo del volumen de producción. El porcentaje de cacao más alto del mundo se fermenta en montones cubiertos de hojas de plátano en canastas, bolsas o cajones horizontales o en forma de escalera.



Figura 1.1. Fermentador de cacao tipo caja de madera escalonada

Fuente: Mikkelsen (2010)

La fermentación del cacao es un proceso que se realiza típicamente en cajas de madera y dura entre 2 y 8 días, dependiendo de la variedad y la temperatura ambiente. Comienza con la extracción de la masa viscosa por los 'shards' del matraz y los granos de cacao. Una vez extraídas las semillas, se envuelven en una pulpa blanca y viscosa que contiene 40 μ l de peso húmedo de cacao fresco. (Schwan & Wheals, 2004).

García (2010), menciona que para la fermentación de cacao se establece seis consideraciones cualitativas antes del inicio de secado.

- Tiempo calendarizado
- Pruebas de corte y criterios de color del cotiledón
- Color externo de las almendras
- Aroma de la masa fermentativa

- Descenso de la temperatura
- Hinchamiento de los granos.

1.6.1. Cambios en la fermentación

Según Rodríguez (2011), la fermentación del grano de cacao es un proceso importante para el desarrollo adecuado de los precursores del sabor; siendo dos los objetivos principales.

- Remover el mucilago.
- Proveer el calor y el ácido acético.

De igual forma, Díaz y Pinoargote (2012) reportaron cambios químicos y enzimáticos en granos de cacao como resultado de la fermentación de la pulpa. Después de la fermentación, los componentes solubles del grano son lixiviados por la cubierta de la semilla y se pierden en las aguas residuales.

Según Contreras, et al. (2002) reportan que la fermentación de cacao es el proceso más importante del beneficio de cacao, durante la fermentación ocurre dos fenómenos diferentes no independientes:

- 1) La fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginoso presente en los granos.
- 2) La reacción bioquímica interna en los cotiledones que produce la modificación de la composición química de los granos y la formación de precursores del aroma.

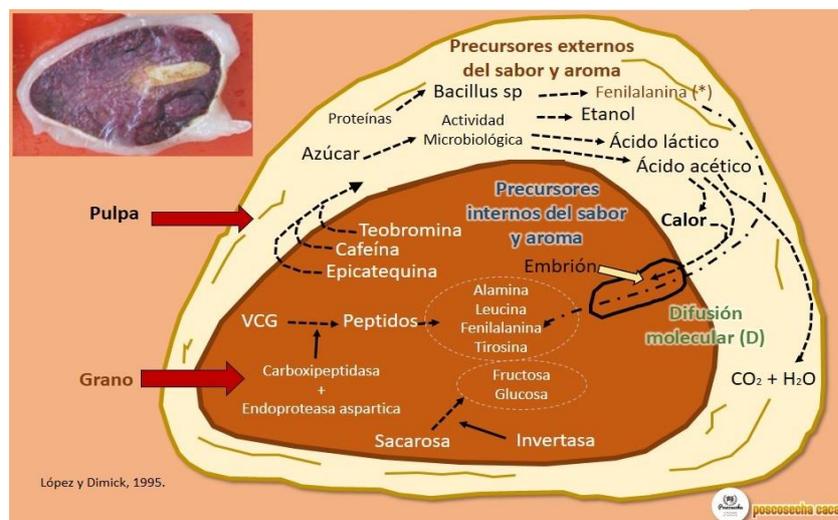


Figura 1.2. Cambios en el grano de cacao durante la fermentación

Fuente: López y Dimick, citados por Navia y Pazmiño (2012)

Según Rivera et al. (2012) es importante las recomendaciones para una buena fermentación de cacao:

- Cosechar mazorcas sanas y maduras.
- No mezcle el cacao, ya que fermenta de manera diferente.
- Limpie a fondo el tipo de recipiente en el que se lleva a cabo la fermentación para eliminar hongos, insectos u otros residuos de la fermentación.
- La pasta de almendras se debe cubrir bien con hojas de plátano o plátano o con bolsas de plástico para evitar la pérdida de calor. Los desagües del fermentador deben facilitar la evacuación de los líquidos vertidos durante el proceso y facilitar la entrada de aire para evitar un aumento excesivo de la temperatura.
- La agitación frecuente de la masa de almendras en fermentación asegura la aireación necesaria.
- El cacao típicamente reduce la calidad del producto final.

1.6.2. Fases de la fermentación

Fermentación anaerobia

En el exterior del grano de cacao se contempla la formación de etanol y ácido láctico por levaduras y bacterias lácticas respectivamente (García, 2010). Mientras que, dentro del grano de cacao, ocurre la mayor parte de reacciones hidrolíticas como la formación de péptidos, aminoácidos libres y azúcares por acción de proteasas y glicosidasas, respectivamente.

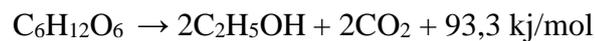
Tabla 1.4. Características de las principales enzimas activas durante la fermentación de granos de cacao

Enzimas	Ubicación	Sustrato	Producto	pH	Temp. (°C)
Invertasa	Testa	Sucrosa	Glucosa y fructosa	4,0 - 5,25	52 - 37
Glucosidasa (βgalactosidasa)	Almendra	Glucósidos (3-β-Dgalactosidyl cyanidin y 3α-Larabiosidyl cyanidin)	Cianidinas y azúcares	3,8 - 4,5	45
Proteasas	Almendra	Proteínas	Péptidos y aminoácidos	4,7	55
Policlonal fenol-oxidasa	Almendra	Policlonal fenoles	Quinonas y diquinonas	6,0	31,5 - 34,5

Fuente: Thompson et al. (2001), citado por Díaz y Pinoargote (2012)

El primer día de fermentación predominan las levaduras existiendo varias especies involucradas (García, 2010). Las levaduras más importantes en el proceso fermentativo, aislados son: “*Hanseniaspora guilliermondii*, *Hanseniaspora valbyensis*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* como productores principales de etanol y *Pichia fermentans*, *Yarrowia lipolytica* y *Candida zeylanoides*” (Lagunes-Gálvez et al. 2007, p. 22).

Como oxidantes del ácido cítrico, la reacción principal durante esta etapa se muestra a continuación:



A medida que se expulsa parte de la mucosidad y la levadura comienza a disminuir, los lactobacilos comienzan a multiplicarse (García, 2010). Del mismo modo, Lagunes-Gálvez et al. (2007) Aíslan cuatro especies de bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, *L. paracasei* y *L. Brevis* (Schwan & Wheals, 2004), ya que estas bacterias se vuelven dominantes en el segundo día de la fermentación y las poblaciones disminuyen cuando las condiciones ambientales se vuelven aeróbicas.

Fermentación aerobia

Con respecto a la fermentación aeróbica García (2010) dice que la acción principal es:

La formación de ácido acético a partir de etanol, esta condición es inducida por la remoción de granos de cacao, favoreciendo la proliferación de bacterias acéticas. Estas bacterias oxidan el etanol producido durante la fermentación alcohólica a ácido acético y acetato de etilo. La reacción es altamente exotérmica generando el aumento de temperatura de la masa del grano de cacao que alcanza hasta los 50°C. (p. 48)

La reacción que da lugar a la formación de ácido acético que se muestra a continuación.



Además, también menciona García (2010), que la producción de acidez en las almendras de cacao y el incremento de temperatura se debe a:

La serie de procesos en la masa de fermentación, que origina la difusión e

hidrólisis de proteínas en los cotiledones y esta función se le atribuye al metabolismo de las bacterias acéticas. Por lo tanto, la contribución de estas bacterias es de importancia para la formación de precursores de sabor como los azúcares reductores, pirazinas y aminoácidos libres. Estos compuestos son modificados por la reacción de Maillard durante el tostado de las almendras secas, contribuyendo con el sabor característico de chocolate. (p. 49)

1.6.3. Factores en el proceso de fermentación

Temperatura durante el proceso de fermentación

El aumento de temperatura se debe a la levadura, un microorganismo mesofílico que impulsa la fermentación hasta alcanzar varias temperaturas que van desde los 13-14°C hasta los 33-35°C. A mayor temperatura, más rápido es el proceso de fermentación (Quevedo, 2017). La temperatura sube más de 10°C en las primeras 24 horas, llegando a superar los 30°C con una fermentación vigorosa. En el segundo día, a medida que la pulpa comienza a descomponerse y excretarse, la cantidad de bacterias aumenta, produciendo ácido láctico, exponiendo a las bacterias del ácido acético a condiciones ligeramente anaeróbicas y oxidando rápidamente el alcohol a ácido acético. Por lo tanto, cuando se alcanzan temperaturas superiores a los 40 °C, la ventilación en este punto es fundamental para una buena actividad microbiana, ya que la temperatura aumenta para facilitar el proceso de fermentación y permitir la degradación de las células del cotiledón (Romero et al. 2010). El aumento de temperatura de 45-50°C que se produce durante los tres primeros días de fermentación disminuye en el cuarto día ($\pm 28^\circ\text{C}$). El cacao y el proceso de fermentación (Portillo & Villasmil, 2014). Las condiciones climáticas favorables y los genotipos durante todo el año juegan un papel importante en la fermentación y el secado. En zonas con climas cálidos la fermentación toma menos tiempo, mientras que en climas más cálidos la fermentación tiene que esperar y las condiciones ambientales afectan la calidad final del producto. (Jiménez et al., 2011)

El pH en el proceso de fermentación

Con respecto a la influencia del pH en el proceso de fermentación Jimenez et al. (2011) en su estudio “Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao” indica que:

La calidad de granos de cacao debe tener un rango de 5,1 a 5,4 de pH, cualquier cacao con un pH menor de 5,0 indica la presencia de ácidos no volátiles

indeseables que generan aromas desagradables al producto, perjudicando la producción del chocolate. Durante la fermentación, los ácidos acético y láctico son producidos por la degradación microbiana de la pulpa y difundidos hacia el interior del cotiledón aumentando los niveles de acidez y disminuyendo durante el secado de los granos. En el transcurso de la fermentación, el valor pH del grano baja al final, lo que nos indica que los ácidos generados por las bacterias que se encuentran en el interior de las almendras provocan una reacción química, bajando el pH, mientras que cuando el pH inicial presenta un incremento, nos favorece al desarrollo de las bacterias lácticas y acéticas. (p. 37)

Remoción de la masa en fermentación

Portillo y Villasmil (2014) en su trabajo de investigación titulado “Características sensoriales del cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) de Venezuela en función del tratamiento post cosecha”. Indica que:

La regularidad de la remoción es un factor clave, ya que permite la oxigenación de la masa de cacao que ayuda la fermentación acética lo que ocurre después de la fermentación alcohólica. Esto implica que cuando la masa de cacao se agita cada 12 horas, no se consigue una temperatura adecuada para lograr la fermentación acética, la remoción es sumamente importante para obtener la calidad de cacao esperado, ya que se estaría ayudando a la fermentación láctica, que finalmente afecta la calidad del cacao comercial. (p. 24)

1.7 SECADO DE GRANOS DE CACAO

Contreras et al (2002) en un trabajo de investigación titulado “*Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumbote*” indica que:

El secado consiste en exponer las almendras ya fermentadas a la acción del calor, ya sea por medios naturales o artificiales, para reducir su contenido de humedad interior a menos del 7%, con el objetivo de facilitar su manipulación, conservación y evitar daños en la calidad del cacao por acción de hongos y mohos. El secado tiene como objetivo eliminar el exceso de humedad y acidez de las almendras recién fermentadas de aproximadamente 55 % al 7 %, como garantía para su respectivo almacenaje y comercialización. El secado del grano tiene como objetivo detener la actividad enzimática, ya que durante este proceso ocurren las reacciones químicas que disminuyen el amargor y la astringencia del grano de

cacao. Una de las principales características del secado permite que la humedad se reduzca del 45-60% al finalizar la fermentación hasta obtener el 7 a 8% necesario para su almacenamiento y conservación. Si la humedad final es menor, la semilla se torna quebradiza, y si es mayor puede sufrir infestaciones futuras y permitir la proliferación de bacterias y hongos. (p. 76)

Jiménez et al. (2011) en su estudio “Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao” señala que:

El proceso de secado se debe realizar en forma gradual, se inicia por pocas horas de exposición al sol durante los primeros días y se aumenta progresivamente hasta la plena exposición en los últimos días; mientras que, con el secado rápido, no se logra un secado uniforme y se generan granos violetas con sabor astringente; además, la testa del grano se endurece rápidamente. La testa seca impide la salida o difusión de ácidos volátiles, los cuales se concentran en el grano y producen el incremento de acidez. El proceso de secado se basa en el movimiento de aire para eliminar el agua de los granos de cacao. El aire penetra a las almendras a través de la cutícula o testa, oxidando una parte de los policiclonal fenoles que quedan en el grano. (p. 41)

Calidad de granos de cacao

Según Amores (2009) la calidad es “el conjunto de propiedades y características de un producto que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades declaradas e implícitas de los usuarios” (párr. 3). Mientras que García (2007) señala que “la calidad puede considerarse como una característica compleja de los alimentos que determina su valor o aceptabilidad entre los consumidores” (p.42).

Cros (2000) en su investigación importancia ambiental y socioeconómica de las micorrizas en el cultivo de cacao, señalan que la calidad de cacao depende de:

Las exigencias de cada mercado y del fin a que se destine, siendo el cacao la materia prima del chocolate, la calidad comprende las características físicas referidas al tamaño, el color de almendras y las características organolépticas (sabor y aroma) que posee una determinada muestra de cacao, que asegure su fabricación. (p. 31)

García (2010) y Gutiérrez (2012), están de acuerdo en que la calidad del cacao es uno de los aspectos más importantes del proceso de producción del cacao y el nivel alcanzado determina la demanda del producto en el mercado.

1.7.1. Métodos de secado

Secado natural (secado al sol)

Este es el método más recomendado ya que reduce la acidez volátil del grano. La desventaja es que depende de las condiciones climáticas como la temperatura y se puede completar en 1-2 semanas (Díaz y Pinoargote, 2012). Se aplica una capa de 5 cm de espesor los dos primeros días y se va reduciendo mediante remoción constante los días siguientes para que el proceso de secado natural sea gradual y óptimo (Isla y Andrade, 2009). El secado natural se puede realizar sobre suelos de cemento pulido, tarimas de madera, techos de polipropileno, esteras y tarimas. (figura 1.3)



Figura 1.3. Secado natural de cacao en tarimas

Fuente: Gutiérrez (2009)

Secado artificial (secado mecanizado)

Según Díaz y Pinoargote (2012), el secado artificial es un proceso muy rápido y eficiente para un producto consistente y de bajo costo. Sin embargo, la exposición a altas temperaturas aumenta la dureza de la cáscara y retiene ácidos volátiles, lo que afecta el sabor y la calidad.

1.7.2. Envasado y almacenamiento

“Los granos de cacao secos se envasan en sacos de yute o polipropileno para su almacenamiento y comercialización” (Schilling & Regalado, 2009).

Los sacos de cacao son almacenados sobre tarimas en un ambiente limpio libre de olores extraños, de entre 60 y 70 % de humedad relativa y temperatura ambiente, libre de animales e insectos por un tiempo de dos meses como máximo (Schilling & Regalado, 2009).

1.8 CALIDAD DE GRANOS DE CACAO

Zevallos (2003) señala que hay dos clases de cacao. Cacao básico y cacao fino de aroma. Los más de 90 % de cacao que se producen anualmente pueden considerarse cacao básico o granel y proceden principalmente de África y Brasil, especialmente de la variedad Forastero. El cacao fino y sabroso exhibe el aroma y el sabor únicos que necesitan los fabricantes de chocolate y representa solo el 5% de la producción mundial de cacao. Los estándares internacionales exigen que el cacao con calidad de mercado sea fermentado, completamente secado, sin olor a humo en el grano, sin sabores extraños ni señales de contaminación, sin insectos vivos, granos rotos ni desechos.

Zevallos (2003) menciona que el cacao se clasifica en la prueba de corte, donde se puede observar los granos defectuosos, el cual se clasifica en grado:

Grado I

- Granos mohosos, máximo 3%
- Granos pizarrosos, máximo 3%
- Granos planos, germinados o dañados por insectos, máximo 3% del total.

Grado II

- Granos mohosos, máximo 4%
- Granos pizarrosos, máximo 8%
- Granos planos, germinados o dañados por insectos, máximo 6% del total.

Benito (1991), señalan que, si el proceso de fermentación se realiza correctamente y el cacao se seca adecuadamente, es posible obtener granos comercialmente aceptables con un contenido de humedad de 5% o más y menos de 8%. También debe ser graso, libre de granos defectuosos (pizarra, morado, sobre fermentado, mohoso, agusanado, brotado, dañado, etc.) y libre de materias extrañas (piedras, pita, restos de placenta, etc.), el aroma típico de la producción de chocolate debe conservarse después del tostado.

Tabla 1.5. Características de cacao fermentado

Granos secos bien fermentados	Granos secos sin o con deficiente fermentación
<ul style="list-style-type: none">• Hinchadas o más gruesa• Cáscara que se separa fácilmente• Color marrón a chocolate• Naturaleza quebradiza• Sabor medianamente amargo• Aroma agradable	<ul style="list-style-type: none">• Más bien aplanada• Difícil de separar la cáscara• Color violáceo en su interior y blanquecino• Naturaleza compacta• Sabor astringente• Aroma desagradable

Fuente: Enríquez (1985)

Zevallos (2003), en su trabajo de investigación titulado “índice de madurez y los métodos de fermentación en la calidad del grano de cacao en el VRAE”, afirmó que:

Los granos de cacao fermentados en cajones durante 6 días eran de mayor calidad en comparación con los granos fermentados en bolsas. Los cultivares mejorados cosechados en estado de maduración media (plena) produjeron valores de grano fermentado, pérdida y peso seco del grano de 86,7 a 96,7 %, 6,6 a 11,7 % y 40 a 43 %, respectivamente. Se lograron valores de 56,7–90 %, 31,6–33,7 % y 56,7–65 % de grano fermentado, pérdida y reducción del peso del grano en cultivares híbridos autóctonos. El contenido de grasa de los granos fermentados varió de 30,3 a 35,9 % y los granos no fermentados tuvieron el mayor contenido de grasa con 45,7 a 47,9 %. La acidez varía de 0,35 a 0,50 %, y los granos fermentados tienen mayor acidez que los granos no fermentados. Los frijoles fermentados de mazorcas maduras y demasiado maduras tienen un fuerte sabor y aroma a chocolate, mientras que los frijoles no fermentados de mazorcas tienen poco o ningún sabor y aroma.

Pillman (2021) en las conclusiones del trabajo de investigación “Influencia de secado de almendra fermentada de tres clones de *Theobroma cacao* L. en la calidad de grano. Pichari, 560 msnm - Cusco” señala que:

Las características físicas del tratamiento 15 cm de CCN-51 alcanzó una humedad de 7.73%, siendo óptimo para la buena conservación en lugares de almacenamiento; en características químicas del porcentaje de grasa y/o manteca se obtiene con el tratamiento 10 cm en CCN-51 con 55.16% de grasa, clon que proviene de la progenie de variedades finos de aroma como la IMC-67, ICS-95,

canelo, entre otras, el mismo que conbuena fermentación mayores de 80% se logra ganar el mayor contenido de grasa. (p. 48)

Teneda (2016) en los análisis fisicoquímicos realizados del proceso de fermentación de almendras de cacao (*Theobroma cacao*) de variedades Nacional y CCN-51 con dos tipos de fermentadores horizontal y rotatorio, indica que:

El valor pH en la variedad Nacional aumentó en el fermentador rotatorio con 3,85 y en la variedad CCN-51 en el fermentador horizontal con 4,22; mientras que en la Nacional y la CCN-51 fue de 4,65 y 4,38 en el rotatorio, respectivamente. En contenido de grasa de cacao fresco, la Nacional presentó 47,81% descendiendo durante la fermentación en 0,13% y la CCN-51 presentó 49,72% descendiendo durante la fermentación en 1,42%, ambos en el rotario. En la acidez se reportaron en % de ácido acético siendo el fermentador rotatorio con mayores porcentajes con 0,142% y 0,209% en la Nacional y la CCN- 51. (p. 48)

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se desarrolló en el centro poblado de Periavente Alta, distrito de Llochegua, provincia de Huanta y región Ayacucho, a una altitud de 530 metros sobre el nivel del mar.

Ubicación política

Región : Ayacucho

Provincia : Huanta

Distrito : Llochegua Localidad: Periavente Alta

Ubicación geográfica

Latitud Norte : 12° 24' 12.4"

Latitud Sur : 73° 54' 73.9"

Altitud : 530 msnm.

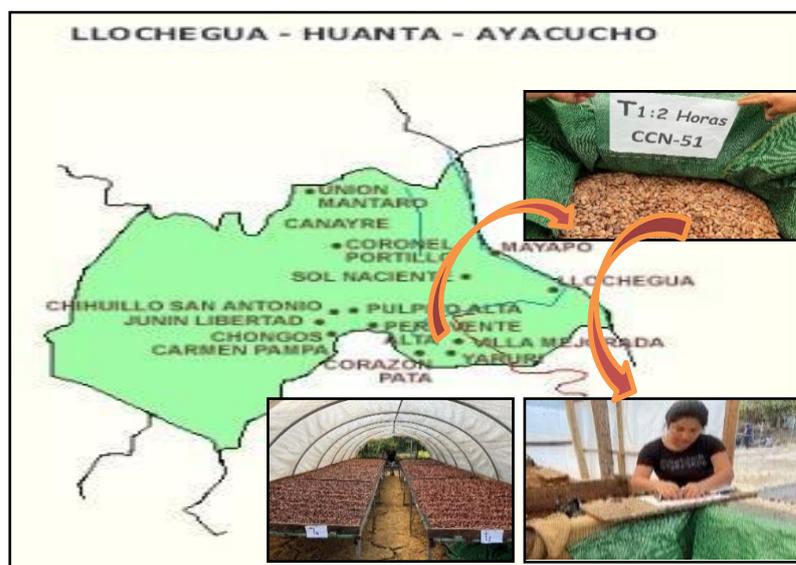


Figura 2.1. Mapa del centro poblado de Periavente Alta, distrito Llochegua



Figura 2.2. Vista panorámica de labores post cosecha de cacao en Periavente Alta

2.2. CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS

2.2.1. Características climáticas

El ámbito del centro poblado de Periavente Alta del distrito de Llochegua donde se ejecutó el experimento es ceja de selva y clasificado con clima sub-tropical y tropical, con influencia de la cordillera oriental de los andes y el llano amazónico, con abundante biodiversidad vegetal de variadas especies forestales y cultivadas agroindustriales, con características climáticas especiales. La temperatura mayor de 13.5°C y alcanza hasta 34.4°C en los meses de verano. La precipitación es mayor de 1,850 mm de lluvias y alta humedad relativa.

2.2.2. Características fisiográficas

Las características fisiográficas del centro poblado de Periavente Alta muestran un relieve ligeramente plano y suelos altamente erosionables por alta intensidad de lluvias, la escorrentía de las avenidas y la deforestación se incrementa cada vez más con los años. En estas condiciones se desarrolla los cultivares de cacao.

2.2.3. Características meteorológicas

La evaluación de las pruebas tuvo en cuenta los factores ambientales que intervienen en el proceso, como el tiempo antes del secado, la frecuencia de cosecha y fermentación, y los cambios físicos y químicos que ocurren durante y al final del proceso de fermentación del cacao. Esto determina en última instancia la calidad de los granos de cacao.

El núcleo de población de Periavente Alta experimentó variaciones de temperatura y precipitación durante el período de evaluación del experimento. Las

temperaturas medias alta, media y baja fueron de 34,4 °C, 24 °C y 13,5 °C respectivamente. Por otro lado, enero a febrero con precipitación máxima de 405 mm y mayo a abril con precipitación mínima de 60 mm son los meses con menor precipitación en la cuenca del VRAEM.

2.3. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

2.3.1 Materiales y equipos

- Variedades de cacao CNN-51 y VRAE 99
- Mazorcas de cacao
- Masa con granos de cacao
- Cámara digital
- Balanza de 100 kg
- Peachímetro digital
- Brixómetro
- Equipo Soxhlet
- Balón de vidrio
- Cartucho de filtro
- Embudo de vidrio
- Cajas para fermentación
- Cocinilla
- Balón de gas

2.3.2 Herramientas

- Machetes
- Carretilla
- Tijera de podar para cosecha
- Cuchillas
- Baldes de plástico
- Costales de yute / sacos de polipropileno
- Malla o tamiz
- Bolsas de malla de pescador
- Mantas de lona o polipropileno
- Rastrillo de madera

2.3.3 Reactivos

- Eter de petróleo
- Hexano
- Fenoftaleina
- Hidróxido de sodio 0.1 N

2.3.4 Otros

- Libreta de campo
- Bolígrafos
- Plumones
- Engrapadoras y grapas
- Cinta de embalaje

2.4. PLANEAMIENTO DEL EXPERIMENTO

2.4.1 Factores en estudio

Variedades de cacao (C)

C1: CCN-51

C2: VRAE-99

Tiempo de pre secado (T) T1: 2 horas

T2: 4 horas

T3: 6 horas

Frecuencia de remoción (F)

F1: 24 – 48 – 24 – 24 /horas

F2: 48 – 24 – 24 – 24 /horas

2.4.2 Tratamientos en estudio

Tabla 2.1. Descripción de los tratamientos en estudio

Trat.	Clave	Descripción		
		Variedad de cacao	Tiempo de pre secado	Frecuencia de remoción
T1	C1T1F1	C1: CCN-51	T1: 2 horas	F1: 24-48-24-24
T2	C1T2F1	C1: CCN-51	T2: 4 horas	F1: 24-48-24-24
T3	C1T3F1	C1: CCN-51	T3: 6 horas	F1: 24-48-24-24
T4	C1T1F2	C1: CCN-51	T1: 2 horas	F2: 48-24-24-24
T5	C1T1F2	C1: CCN-51	T2: 4 horas	F2: 48-24-24-24
T6	C1T1F2	C1: CCN-51	T3: 6 horas	F2: 48-24-24-24
T7	C2T1F1	C2: VRAE-99	T1: 2 horas	F1: 24-48-24-24
T8	C2T2F1	C2: VRAE-99	T2: 4 horas	F1: 24-48-24-24
T9	C2T3F1	C2: VRAE-99	T3: 6 horas	F1: 24-48-24-24
T10	C2T1F2	C2: VRAE-99	T1: 2 horas	F2: 48-24-24-24
T11	C2T1F2	C2: VRAE-99	T2: 4 horas	F2: 48-24-24-24
T12	C2T1F2	C2: VRAE-99	T3: 6 horas	F2: 48-24-24-24

2.4.3 Croquis del diseño experimental

Tabla 2.2. Croquis del ensayo experimental

Variedad CCN-51								Variedad VRAE-99							
Bloque	I	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Bloque	I	T7	T8	T9	T10	T11	T12
	II	T6	T5	T4	T3	T2	T1		II	T12	T11	T10	T9	T8	T7
	III	T2	T3	T5	T1	T6	T4		III	T8	T9	T11	T7	T12	T10

2.4.4 Diseño estadístico experimental

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completo Randomizado (DCR) con arreglo factorial de 2 variedades de cacao, 3 tiempos de pre secado y 2 frecuencias de remoción del grano cacao durante el proceso de fermentación, constituyendo 12 tratamientos con 3 repeticiones, con un total de 36 unidades experimentales; las unidades experimentales estuvieron formada por 90 kg de masa de cacao por cada tratamiento, y un total de 3240 kg de masa fresca de cacao.

2.5. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

2.5.1. Factores ambientales

Tiempo de pre secado (días)

El tiempo de pre secado de granos se cumplió tal cual como se fijaron de 2, 4 y 6 horas en los tratamientos en estudio, y el registro del porcentaje de humedad de granos en cada caso.

Tiempo de fermentación (días)

Se determinó el tiempo de fermentación de granos de cacao una vez concluido los tiempos de pre secado y las frecuencias de remoción de granos, siendo el tiempo de 5 días relacionado con las 2, 4 y 6 horas fijadas en los tratamientos en estudio.

Tiempo de frecuencia de remoción (horas)

El tiempo de frecuencia de remoción de la masa de granos durante el proceso de fermentación se cumplió con 4 remontadas en los horarios establecidos de 24-48-24-24 horas y de 48-24-24-24 horas en los diferentes tratamientos en estudio.

Temperatura de masa en fermentación

Con un termómetro se registraron la temperatura de la masa de cacao en fermentación en tres horarios: 6:00 am, 12:00 m y 6:00 pm, determinándose a la altura media de la masa de granos y luego se cuantificó la temperatura promedio diario expresada en grados centígrados en cada tratamiento.

2.5.2. Características físicas

Pérdida de peso (kg)

Las pérdidas de peso se registraron en kilogramos luego del pesaje en una balanza marca Mettler Toledo con capacidad de 300 kg, antes y después de la fermentación, así como antes y después de secado, habiéndose expresado en porcentaje el peso obtenido.

Cambios de color externo de granos (escala)

Se observó, evaluó y registró los cambios externos durante y después de la fermentación y el secado de granos; para la evaluación se utilizó una escala paramétrica.

Cambios de color interno de granos (escala)

Se observó, evaluó y registró los cambios internos durante la fermentación y el secado de granos; para la evaluación se empleó una escala paramétrica.

Cambio de textura (escala)

Se observó, evaluó y registró el grado de dureza y suavidad durante el tiempo de fermentación y secado de granos, la evaluación se procedió con una escala paramétrica.

Perdidas post cosecha de granos (gramos)

Se evaluaron tres muestras de 1000 gramos de granos secos de cacao de cada variedad, agrupando aquellos granos que reunían las características de calidad y los granos considerados como descarte presentaban daños, impurezas, pequeños, necrosados, germinados, partidos, sin cáscara, vanos y otros; la evaluación se cuantificó en porcentaje.

2.5.3. Características químicas

pH de masa en fermentación

Se evaluó con un peachímetro digital el valor del contenido de jugo de la masa de cacao antes y durante la fermentación, siendo el registro diario a las 12:00 m.

Contenido de azúcares

Se registró con un brixómetro de mano el contenido de azúcares de la masa en fermentación en los siguientes horarios: 6:00 am, 12:00 y 6:00 pm; luego se cuantificó el contenido promedio diario expresado en grados Brix a 20°C, suspendiéndose en el momento que dejó de fluir el jugo de la masa de cacao.

Desarrollo de aroma y sabor

Se evaluó la intensidad del aroma y sabor producido al final de la fermentación y secado de granos de cacao; la evaluación se procedió con un equipo extractor de aroma que dispone el CITE Agroindustrial en el VRAEM.

Contenido de grasa (escala)

Se tomó tres muestras de 100 gramos de granos secos de cacao de cada variedad para determinar el contenido de grasa en laboratorio mediante el método Soxhlet.

El proceso consistió que una vez pelado los granos de cacao fue sometido a la molienda, de esta se pesó 10 gramos como muestra; paralelamente se pesó un balón limpio y seco (peso 1), enseguida se preparó un cartucho de filtro donde se colocó la muestra molida y pesado de granos de cacao; el cartucho con la muestra se introdujo al cuerpo del equipo soxhlet. Luego de instalado el equipo de extracción, con un embudo de vidrio se agregó 50 ml de éter de petróleo más n-hexano (proporción 1:1), finalmente se encendió la llama de la cocinilla para el calentamiento de la solución, dejándose fluir el agua a través del condensador; la solución filtrada presentó un color ligeramente amarillo, lo cual nos indicó la presencia de grasa en la muestra de grasa en los granos de cacao.

El tiempo del proceso fue de 3 horas hasta el agotamiento de la grasa y con la ayuda del color emitido por la cocinilla se eliminó el solvente de la grasa contenido en el balón, posteriormente este solvente con grasa se dejó durante la noche hasta que esta grasa se solidifique y termine de volatilizar el éter, finalmente se pesó la grasa contenida en el balón (peso 2) determinándose el porcentaje de grasas con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso 2} - \text{Peso 1}}{\text{Peso de muestra (10 gr)}} * 100$$

Contenido de acidez

Para la evaluación de acidez de granos de cacao se tomó una muestra de grasa obtenida en laboratorio, procediéndose con el método de titulación o volumetría y el resultado obtenido se expresa en porcentaje de ácido oleico.

El procedimiento consistió en que a la grasa contenida en el balón (peso 2), se vertió 10 ml de alcohol al 95% neutralizado y la solución preparada se calentó ligeramente en la cocinilla, luego se agregó 2 a 3 gotas del indicador fenolftaleína, procediéndose progresivamente con la titulación de la solución con NaOH 0.1N hasta que dicha solución cambió de color claro a rosado pálido, permaneciendo 60 segundos, finalmente se determinó la acidez expresado en porcentaje de ácido oleico con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez (ácido oleico)} = \frac{V * N * F * \text{Factor ácido oleico} * 28.2}{P (P2 - P1)}$$

Dónde:

V = Volumen de gasto de NaOH en la titulación

N = Normalidad del NaOH 0.1N

F = Factor de dilución NaOH 0.1N (1.04058)

P = Peso de muestra (Peso 2 - Peso 1)

2.6. CONDUCCIÓN DEL ENSAYO

La conducción del experimento se desarrolló entre los 25 agosto al 10 de setiembre del 2021, cuyas actividades se describen líneas abajo:

2.6.1. Reconocimiento de parcelas con cacao

El reconocimiento de parcelas cultivadas con variedades de cacao CNN-51 y VRAE 99 se realizó en la finca de la familia Crespo ubicado en el centro poblado de Periavente Alta del distrito de Llochegua.

2.6.2. Cosecha selectiva

La cosecha de mazorcas se orientó a las que mostraban el estado de madurez fisiológica madura y sana, evitando la cosecha de mazorcas en estados de madurez inicial (pintona) y madurez intermedia. La herramienta utilizada fue el podón o “pico de loro” con que se cortaron en la zona del pedúnculo de las mazorcas; también se utilizaron durante la cosecha los baldes de plástico, carretillas y sacos de polipropileno, habiéndose acopiado en un solo lugar para la quiebra de mazorcas.

2.6.3. Quiebre de mazorcas

Inmediatamente se partieron las mazorcas de cacao en la misma parcela y se realizó una incisión oblicua u oblicua en la base del fruto para extraer la masa del grano. Una vez extraída la pulpa a mano, se retiraba la placenta y los restos de cáscara de las mazorcas. Los granos extraídos se colocaban en baldes y se colocaban en bolsas de polietileno para escurrir parte del jugo o mucosidad.



Figura 2.3. Cosecha y quiebra de mazorcas de CCN-51

2.6.4. Pre secado de cacao

El escurrido

El escurrido de los granos se realizó empleando costales polietileno sobre una parihuela o tarima, las mallas facilitaron el escurrido de la mayor cantidad de baba y se eliminó correctamente el mucilago drenado.



Figura 2.4. Escurrido del mucílago de la masa de granos

Pre secado propiamente dicho

Para el secado previo, la cámara se limpia previamente para eliminar contaminantes y residuos. Después de drenar el grano, las cubiertas de polipropileno y lona se colocan previamente sobre tablas de secado a temperatura y luz solar adecuadas para garantizar una distribución uniforme de los grumos de grano y una tabla de madera para un secado uniforme del pretratamiento. El tiempo de pre secado en los tratamientos T1, T2 y T3 fueron de 2, 4 y 6 horas, respectivamente (tabla 2.1).



Figura 2.5. Pre secado de masa con granos antes del ingreso a la caja de fermentación

2.6.5. Transporte de masa de granos al lugar de fermentación

Las muestras de la masa de granos de cacao escurrido se colocaron en baldes para su traslado del lugar de cosecha hasta el lugar de la fermentación.

2.6.6. Fermentación de masa de granos

En el proceso de fermentación, el licor de cacao en grano se coloca en una caja preparada previamente, y el licor de cacao en grano se expone a una temperatura de aproximadamente 47°C para inducir la muerte de los embriones, y la temperatura, la humedad, el pH, el azúcar, etc. Durante el proceso de fermentación se realizaron los Cuatro remontados experimentales según el proceso especificado (tabla 2.1).



Figura 2.6. Fermentación de masa de granos en cajas y registro de temperatura (T°: 39.1/FR:48H/PH:4.1/DIA 3)

2.6.7. Remoción de masa de granos

La frecuencia de remoción de grumos de grano durante el proceso de fermentación se realizó de acuerdo al tratamiento determinado en pruebas con cuatro remontajes en un tiempo determinado (horas) después del presecado del grano.



Figura 2.7. Remoción de masa de granos y registro de temperatura

2.6.8. Secado de granos

Los granos de cacao fueron secados en un tendal de losa de cemento al exponer los granos fermentados directamente a los rayos solares; el tiempo de secado se consideró hasta obtener que los granos tuvieran de 7 a 8% de humedad, para mantener la calidad del producto durante el almacenamiento.



Figura 2.8. Secado de masa de granos en tendales de cemento y cobertizo

2.6.9. Almacenamiento de granos

Luego del secado de granos se procedió a colocar en costales de yute para su traslado a un ambiente de almacenamiento fresco a temperatura ambiente para la conservación del producto por mayor tiempo.



Figura 2.9. Ensacado y almacenamiento de granos de cacao

2.7. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El procesamiento de información de los parámetros de evaluación se realizó con las pruebas de ANVA y la significación estadística con las pruebas Tukey y Duncan.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. FACTORES AMBIENTALES

3.1.1. Tiempo de fermentación

Tabla 3.1. Tiempo de fermentación de granos de variedades después del pre secado y frecuencia de remoción de masa en fermentación

Variedad	Tiempo de presecado	Frecuencia remoción	Tiempo de fermentación
C1: CCN-51	2 horas	24-48-24-24	6 días
C1: CCN-51	2 horas	48-24-24-24	6 días
C1: CCN-51	4 horas	24-48-24-24	5 días
C1: CCN-51	4 horas	48-24-24-24	5 días
C1: CCN-51	6 horas	24-48-24-24	5 días
C1: CCN-51	6 horas	48-24-24-24	5 días
C2: VRAE-99	2 horas	24-48-24-24	6 días
C2: VRAE-99	2 horas	48-24-24-24	6 días
C2: VRAE-99	4 horas	24-48-24-24	5 días
C2: VRAE-99	4 horas	48-24-24-24	5 días
C2: VRAE-99	6 horas	24-48-24-24	5 días
C2: VRAE-99	6 horas	48-24-24-24	5 días

Las letras diferentes indican diferencia estadística ($P \leq 0,05$) a la prueba de Duncan

En la tabla 3.1 se observa el tiempo de fermentación de granos de variedades después del pre secado y frecuencia de remoción de masa en fermentación, donde la variedad CCN-51 a las 2 horas, 4 horas y 6 horas después del pre secado y con 24-48-24-24, 48-24-24-24, 24-48-24-24, 48-24-24-24, 24-48-24-24 y 24-48-24-24 horas de frecuencias de remoción, el tiempo de fermentación fueron en 6, 6, 5, 5, 5 y 5 días, respectivamente; mientras que la variedad VRAE-99 a las 2 horas, 4 horas y 6 horas después de pre secado y con 24-48-24-24, 48-24-24-24, 24-48-24-24, 48-24-24-24, 24-

48-24-24 y 24-48-24-24 horas de frecuencia de remoción la fermentación fueron en 6, 6, 5, 5, 5 y 5 días, respectivamente; es decir, el tiempo de fermentación de granos en las variedades ocurre entre 5 a 6 días.

Los tiempos de fermentación para los cultivares de cacao en grano CCN-51 y VRAE-99 en este estudio fueron similares a los informados por Zevallos (2003) en su trabajo de investigación utilizando el índice de madurez de la calidad del grano de cacao VRAE y los métodos de fermentación. El grano fermentado en cajón duró 6 días y mostró mayor calidad en comparación con el grano fermentado en bolsa.

3.1.2. Temperatura de masa de granos en fermentación

a) Temperatura promedio de masa de granos en fermentación

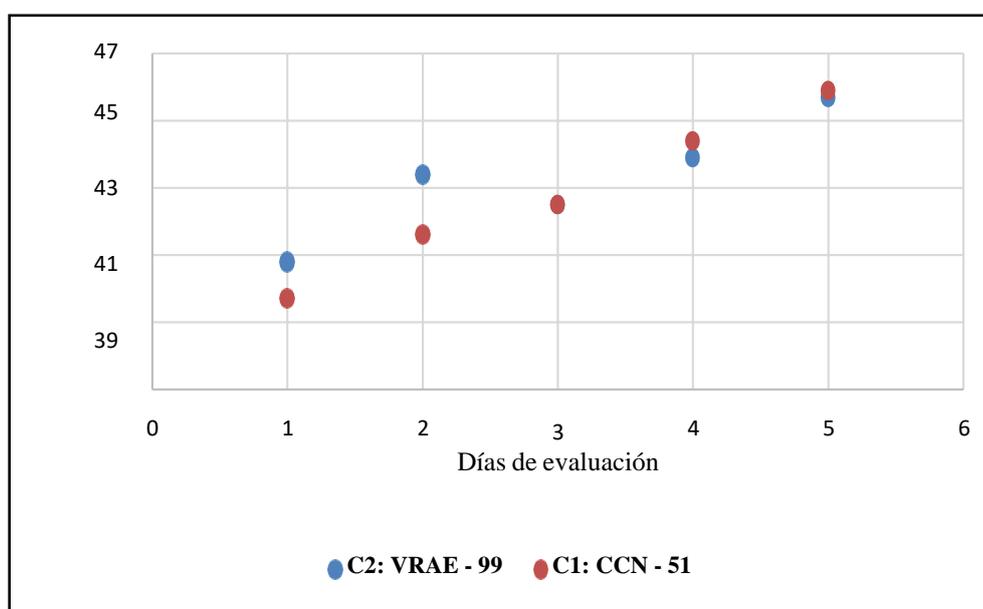


Figura 3.1. Tendencia de temperatura promedio de masa de granos en fermentación en variedades después del pre secado y frecuencia de remoción

En la figura 3.1 se observa la temperatura promedio de masa de granos en fermentación de variedades de cacao con tendencia ascendente, donde las variedades CCN-51 y VRAE-99 muestra una tendencia moderada alcanzando al quinto día alrededor de 47°C, con ligera variación de la tendencia en granos de la variedad VRAE-99.

b) Temperatura promedio a 5 días de masa de granos en fermentación

Tabla 3.2. Análisis de variancia de temperatura promedio de masa de granos en fermentación a los cinco días

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.10	0.05	11.33	0.0004
Variedad (V)	1	0.31	0.31	70.47	<0.0001**
Tiempo (T)	2	0.27	0.13	30.29	<0.0001**
Frecuencia (F)	1	0.01	0.01	1.16	0.2929
Inter (VxT)	2	0.51	0.25	57.61	<0.0001**
Inter (VxF)	1	0.17	0.17	37.69	<0.0001**
Inter (TxF)	2	0.19	0.10	21.52	<0.0001**
Inter (VxTxF)	2	0.92	0.46	103.95	<0.0001**
Error	22	0.10	0.0044		
Total	35	2.57			

C.V. = 0.15 %

En la tabla 3.2 del ANVA de la temperatura promedio de masa de granos en fermentación a los cinco días, existe alta significación estadística en los efectos de segundo orden (VxTxF), resultado que permite el análisis de la interacción de primer orden (VxT) en promedio del tiempo de la masa en fermentación. El coeficiente de variación es de 0.15%, lo que nos indica que las unidades de análisis fueron homogéneas en el experimento.

Tabla 3.3. Prueba de Tukey de temperatura de masa en fermentación de efectos simples de variedades y tiempo de pre secado, en promedio de la frecuencia de remoción.

Variedades	Tiempo Pre secado	Temp. prom (°C)	ALS (T)	
CCN-51	2 horas	43.15	a	
VRAE-99	6 horas	43.13	a	b
CCN-51	6 horas	43.07	a	b
CCN-51	4 horas	43.02		b c
VRAE-99	4 horas	42.92		c
VRAE-99	2 horas	42.64		d

La prueba de Tukey de la tabla 3.3 se muestra la temperatura promedio de masa de granos en fermentación de efectos simples de variedades y tiempo de pre secado, siendo los resultados irregulares de variedades en tiempos de remoción, la CCN-51, VRAE-99 y CCN-51 a 2 horas, 6 horas y 6 horas de pre secado alcanzaron 43.15 °C, 43.13 °C y 43.07 °C, sin diferencia estadística en las frecuencias de remoción; mientras que la CCN-51 y VRAE-99 a 4 horas y 4 horas de pre secado alcanzaron 43.02 °C y 42.92 °C, respectivamente, sin diferencia estadística; y la VRAE-99 a 4 horas presenta menor temperatura con 42.64 °C.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por Jimenez et al (2011) en su investigación *Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao* menciona que:

Las temperaturas de fermentación en el ensayo es mayor de 40 °C, siendo las frecuencias de remoción importante en el proceso para la adecuada actividad microbiana y se incrementa la temperatura favoreciendo el proceso de fermentativo al consumir los azúcares que son convertidos en ácido acético, siendo las temperaturas mayores en relación a la información que en las primeras 24 horas se incrementa la temperatura mayor de 10 °C, alcanzado mayores de 30 °C para una buena fermentación activa; cuando la pulpa empieza a descomponerse y escurrirse durante el segundo día, el número de bacterias se incrementan, produciendo el ácido láctico y las bacterias acéticas quedan en condiciones levemente más anaeróbicas oxidando aceleradamente el alcohol en ácido acético. (p. 51)

Sin embargo, las temperaturas del ensayo son menores al reporte de Portillo et al. (2014) al indicar que “el incremento de temperatura entre 45-50°C ocurre durante los tres primeros días de fermentación bajando el cuarto día ($\pm 28^{\circ}\text{C}$), siendo similar el descenso de temperatura en una masa de cacao sometido al proceso de fermentación durante 7 días”, debido a las condiciones climáticas favorables durante todo el año, la fermentación no toma mucho tiempo en las zonas con climas cálidos, pero la fermentación tiene que esperar en climas más cálidos y las condiciones ambientales afectan la calidad final del producto.

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3.2.1. Pérdida de peso de granos después de escurrido

La pérdida de peso del grano después del escurrido es constante para todos los tratamientos y es de 90 kg menos. Esto sugiere que no hay efecto del cultivo, el tiempo de secado previo y la frecuencia de remoción durante el tiempo de fermentación de la masa. La pérdida de peso es la cantidad de agua que es expulsada de la masa del grano por el mucílago de la mazorca antes del secado previo del grano.

3.2.2. Pérdida de peso de granos después de pre secado

Tabla 3.4. Análisis de variancia de pérdida de peso de granos después del pre secado

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	10.67	5.33	3.03	0.0685 ns
Variedad (V)	1	21.78	21.78	12.39	0.0019 **
Tiempo (T)	2	151.17	75.58	43.00	<0.0001 **
Frecuencia (F)	1	0.11	0.11	0.06	0.8038 ns
Inter (VxT)	2	35.72	17.86	10.16	0.0007 **
Inter (VxF)	1	5.44	5.44	3.10	0.0923 ns
Inter (TxF)	2	2.72	1.36	0.77	0.4731 ns
Inter (VxTxF)	2	5.72	2.86	1.63	0.2191 ns
Error	22	38.67	1.76		
Total	35	272.00			

C.V. = 1.71 %

En la tabla 3.4 se reporta el ANVA de la pérdida de peso de granos después del pre secado de granos de cacao, observándose alta significación estadística en la interacción de primer orden (VxT), este efecto se estudia en el promedio de la frecuencia de remoción en la fermentación. El coeficiente de variación es de 1.71 % de buena precisión en el ensayo.

Tabla 3.5. Prueba de Tukey de pérdida de peso de granos después del pre secado en variedades

Variedades	Tiempo de pre secado	Pérdida de peso (Kg)	ALS (T)
CCN-51	2 horas	79.8	a
VRAE-99	2 horas	79.2	a b
VRAE-99	4 horas	78.5	a b c
CCN-51	4 horas	77.3	b c
VRAE-99	6 horas	76.7	c
CCN-51	6 horas	72.5	d

En la prueba de Tukey de la tabla 3.5 de pérdida de peso de granos después del pre secado en variedades, las mayores pérdidas de peso se presenta en variedades CCN-51, VRAE-99 y VRAE-99 a 2 horas, 2 horas y 4 horas de pre secado con 79.8 kg, 79.2 kg y 78.5 kg de peso, sin diferencia estadística; mientras las menores pérdidas de peso se presenta con CCN-51 y VRAE-99 a 4 horas y 6 horas de pre secado con 77.3 kg y 76.7 kg de peso, sin diferencia estadística pero superiores al CCN-51 a 4 horas de pre secado con 72.5 kg de peso.

Las pérdidas de peso son indistintas a las variedades siendo mayor a las 2 horas de pre secado en relación a las 4 y 6 horas, estas diferencias posiblemente se deben a las temperaturas y humedad relativa existente en el momento en que fueron expuestas la masa de granos.

3.2.3. Pérdida de peso de granos después de la fermentación

Tabla 3.6. Análisis de variancia de pérdida de peso de granos después de la fermentación.

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	9.94	4.97	5.93	0.0087 **
Variedad (V)	1	12.02	12.02	14.34	0.0010 **
Tiempo (T)	2	2.70	1.35	1.61	0.2219 ns
Frecuencia (F)	1	0.04	0.04	0.05	0.8291 ns
Inter (VxT)	2	31.54	15.77	18.82	<0.0001 **
Inter (VxF)	1	1.44	1.44	1.72	0.2034 ns
Inter (TxF)	2	1.22	0.61	0.72	0.4956 ns
Inter (VxTxF)	2	6.78	3.39	4.05	0.0319 *
Error	22	18.44	0.84		
Total	35	84.11			

C.V. = 1.26 %

En el ANVA de la tabla 3.6 de la pérdida de peso de granos después de la fermentación, se observa alta significación estadística en la interacción de primer orden (VxT), este efecto se estudia en el promedio de la frecuencia de remoción en la fermentación. El coeficiente de variación es de 1.26% lo que nos indica un valor de buena precisión.

Tabla 3.7. Prueba de Tukey de pérdida de peso de granos del efecto simple en variedades y tiempo de pre secado en promedio de la frecuencia de remoción

Variedades	Tiempo pre secado	Pérdida de peso después de fermentado	ALS (T)			
VRAE-99	2 horas	74.69	a			
VRAE-99	4 horas	73.65	a		b	
CCN-51	6 horas	73.00	a	b	c	
CCN-51	4 horas	72.17	b		c	d
VRAE-99	6 horas	71.72			c	d
CCN-51	2 horas	71.33				d

La tabla 3.7 de la prueba de Tukey de pérdida de peso de granos del efecto simple en variedades y tiempo de pre secado, las mayores pérdidas de peso se presentan en VRAE-99, VRAE-99 y CCN-51 a 2 horas, 4 horas y 6 horas de pre secado con 74.69 kg, 73.65 kg y 73.0 kg, respectivamente, sin diferencia estadística; en cambio, las menores pérdidas de peso se presenta en CCN-51, VRAE-99 y CCN-51 a 4 horas, 6 horas y 2 horas con 72.17 kg, 71.72 kg y 71.33 kg, respectivamente, sin diferencia estadística.

Las pérdidas de peso después de la fermentación de granos son indiferentes a las variedades y a los tiempos de pre secado con ligeras diferencias a las 2, 4 y 6 horas de pre secado, estas pequeñas diferencias se deben posiblemente al manejo operativo de la masa de granos durante las frecuencias de remoción del producto.

3.2.4. Pérdida de peso de granos después de secado

Tabla 3.8. Análisis de variancia de pérdida de peso de granos después del secado

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.04	0.02	0.13	0.8766 ns
Variedad (V)	1	33.45	33.45	238.18	<0.0001**
Tiempo (T)	2	0.40	0.20	1.43	0.2602 ns
Frecuencia (F)	1	0.12	0.12	0.87	0.3605 ns
Inter (VxT)	2	0.12	0.06	0.41	0.6677 ns
Inter (VxF)	1	0.02	0.02	0.16	0.6928 ns
Inter (Tx F)	2	0.61	0.30	2.16	0.1392 ns
Inter (VxTx F)	2	0.13	0.06	0.45	0.6428 ns
Error	22	3.09	0.14		
Total	35	37.97			

C.V. = 1.08 %

En la tabla 3.8 del ANVA se observa alta significación estadística para el efecto principal de variedades, resultado que permite comparar que el genotipo presenta la mayor pérdida de peso de los granos después del secado. El coeficiente de variación con 1.08 %, siendo un valor de buena medida de precisión.

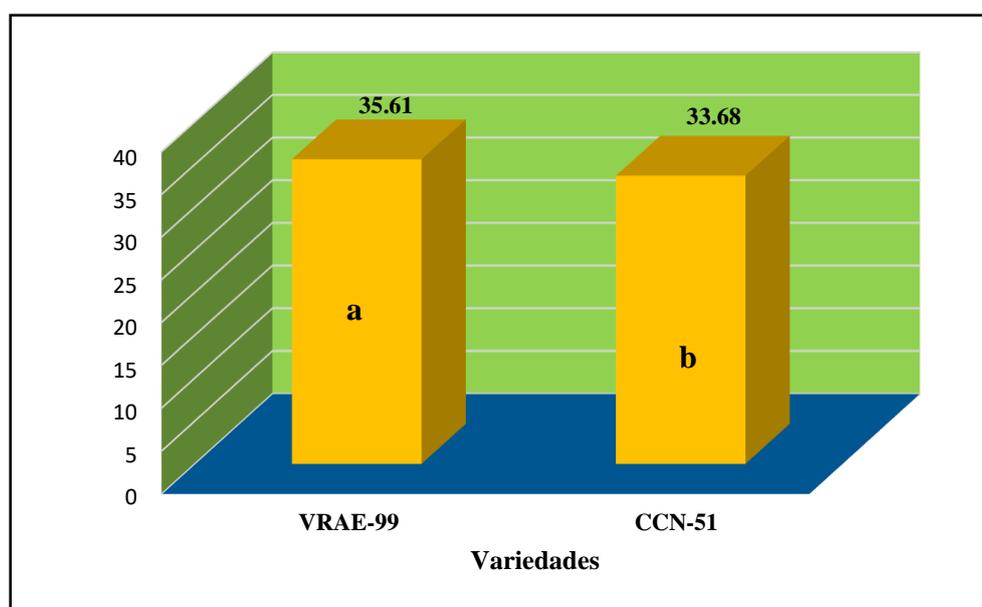


Figura 3.2. Prueba de Tukey de pérdida de peso (kg) de granos después del secado

En la figura 3.2 de la prueba de Tukey de pérdida de peso de granos, se observa que la variedad VRAE-99 presenta la mayor pérdida con 35.61 kg, siendo superior estadísticamente a la variedad CCN-51 con menor pérdida de 33.68 kg después del secado.

Las pérdidas de peso después del secado de granos de cacao muestran ligeras diferencias en las variedades, de 90 kg de masa inicial en cada tratamiento, en la variedad VRAE-99 la pérdida de peso en promedio fue de 39.56 % y en la variedad CCN-51 la pérdida de peso en promedio fue de 37.42 %; estas pérdidas de peso se deben a la evaporación del agua contenido en la masa de granos hasta alcanzar el 7 a 8% de humedad comercial, habiendo contribuido los factores climáticos como la radiación solar, la temperatura y la humedad relativa imperante durante los días de secado de granos.

3.2.5. Cambios de color externo de granos

Tabla 3.9. Características cualitativas de cambios de color externo de granos de variedades de cacao después del tiempo de pre secado y frecuencia de remoción

Variedad	Tiempo	Frecuencia	Granos frescos	Granos pre secado	1° Volteo	2° Volteo	3 ° Volteo	4 ° Volteo	Secado final
CCN-51	2 horas	F24	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo oscuro
CCN-51	4 horas	F24	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo oscuro
CCN-51	6 horas	F24	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo oscuro
CCN-51	2 horas	F48	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo	Rojo oscuro
CCN-51	4 horas	F48	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo	Rojo oscuro
CCN-51	6 horas	F48	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo	Rojo oscuro
VRAE-99	2 horas	F24	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo oscuro
VRAE-99	4 horas	F24	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo oscuro
VRAE-99	6 horas	F24	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo oscuro
VRAE-99	2 horas	F48	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo	Rojo oscuro
VRAE-99	4 horas	F48	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo	Rojo oscuro
VRAE-99	6 horas	F48	Rojo amarillento a blanco con mucilago intenso	Rojo amarillento a blanco con mínimo mucilago	Rojo pálido en la superficie	Rojo al 50 % de la masa	Rojo al 100 %	Rojo	Rojo oscuro

3.2.6. Cambios de color interno de granos

Tabla 3.10. Características cualitativas de cambios de color interno de granos de variedades después del tiempo de pre secado y frecuencia de remoción durante la fermentación

Variedad	Tiempo	Frec.	Granos frescos	Granos presecado	1 ° Volteo	2 ° Volteo	3 ° Volteo	4 ° Volteo	Secado final
CCN-51	2 horas	F24	Violeta purpura	Violeta púrpura	Violeta	Líquido violeta 40% Líquido marrón 30%	Líquido marrón 70%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
CCN-51	4 horas	F24	Violeta purpura	Violeta púrpura	Violeta	Líquido violeta 50% Líquido marrón 30%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
CCN-51	6 horas	F24	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Violeta	Líquido violeta 60% Líquido marrón 40%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
CCN-51	2 horas	F48	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Líquido violeta 50% Líquido marrón 30%	Líquido marrón 50%	Líquido marrón 70%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
CCN-51	4 horas	F48	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Líquido violeta 40% Líquido marrón 40%	Líquido marrón 60%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
CCN-51	6 horas	F48	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Líquido violeta 50% Líquido marrón 20%	Líquido marrón 50%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
VRAE-99	2 horas	F24	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Violeta	Líquido violeta 40% Líquido marrón 30%	Líquido marrón 70%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
VRAE-99	4 horas	F24	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Violeta	Líquido violeta 50% Líquido marrón 30%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
VRAE-99	6 horas	F24	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Violeta	Líquido violeta 50% Líquido marrón 50%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
VRAE-99	2 horas	F48	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Líquido violeta 40% Líquido marrón 20%	Líquido marrón 40%	Líquido marrón 70%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
VRAE-99	4 horas	F48	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Líquido violeta 50% Líquido marrón 40%	Líquido marrón 60%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro
VRAE-99	6 horas	F48	Violeta púrpura	Violeta púrpura	Líquido violeta 40% Líquido marrón 30%	Líquido marrón 50%	Líquido marrón 80%	Líquido marrón90%	Marrón Chocolate oscuro

En la tabla 3.9 se reporta las características cualitativas del cambio de color externo de granos de las variedades después del pre secado y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación, donde los granos frescos y granos pre secado de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan color rojo amarillento a blanco con mucílago intenso; en la primera frecuencia de remoción o primer volteo, los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan color rojo pálido en la superficie; en la segunda frecuencia o segundo volteo, los granos de CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan color rojo pálido en la superficie, y los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 48 horas de remoción presentan la masa de granos el 50% de color rojo; en el tercer volteo, los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan el 50 % color rojo, y a 48 horas de remoción presentan 100 % de color rojo; en el cuarto volteo, los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan el 100% color rojo, y a 48 horas de remoción el color rojo; en el secado final de granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan el color rojo oscuro.

En la tabla 3.10 se reporta las características cualitativas del cambio de color interno de granos de variedades después del pre secado y frecuencia de remoción durante la fermentación, donde los granos frescos y granos pre secado de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan color violeta púrpura rojo; en la primera frecuencia de remoción o primer volteo, los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan color violeta; la CCN-51 a las 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 48 horas de remoción presentan el líquido violeta y líquido marrón en 50% y 30%, 40 y 40%, 50% y 20%, respectivamente; la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 48 horas de remoción presentan el líquido violeta y líquido marrón en 40% y 20%, 50 y 40%, 40% y 30%, respectivamente; en la segunda remoción o volteo, los granos de CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan el líquido violeta y líquido marrón en 40% y 30%, 50% y 30%, 60% y 40%, respectivamente, y a 48 horas el líquido marrón en 50%, 60% y 50%, respectivamente; los granos de VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan el líquido violeta y líquido marrón en 40% y 30%, 50 y 30%, 50% y 50%, respectivamente, y a 48 horas el líquido marrón en 40%, 60% y 50%,

respectivamente; en el tercer volteo, los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción presentan el líquido marón en 70%, 80% y 80%, respectivamente, y a 48 horas de remoción presentan el líquido marrón en 70%, 80% y 80%, respectivamente; en el cuarto volteo, los granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan líquido marrón en 90%; en el secado final de granos de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan el color marrón chocolate oscuro.

Los cambios cualitativos en el color exterior e interior, rojo (exterior) y marrón chocolate oscuro (interior), al final del secado final de los granos de cacao en ambos cultivares corresponden a los informados por Cros et al. (2000) muestran que la calidad del cacao depende de los requerimientos y uso previsto de cada mercado. Dado que el cacao es la materia prima del chocolate, la calidad incluye características físicas como el tamaño, el color de la almendra y las características sensoriales. (Sabores y Aromas) Guarda muestras específicas de cacao que garantizan la producción industrial.

3.2.7. Cambios de forma de granos

Tabla 3.11. Cambios de forma de granos de variedades después del pre secado y frecuencia de remoción de masa en fermentación

Variedad	Tiempo	Frecuencia	Granos frescos	Granos presecado	Granos fermentados	Secado final
CCN-51	2 horas	F24	Ovoidal y elipsoidal	Ovoidal y elipsoidal	Hinchados	Ovoidales hinchados
CCN-51	4 horas	F24	Ovoidal y elipsoidal	Ovoidal y elipsoidal	Hinchados	Ovoidales hinchados
CCN-51	6 horas	F24	Ovoidal y elipsoidal	Ovoidal y elipsoidal	Hinchados	Ovoidales hinchados
CCN-51	2 horas	F48	Ovoidal y elipsoidal	Ovoidal y elipsoidal	Hinchados	Ovoidales hinchados
CCN-51	4 horas	F48	Ovoidal y elipsoidal	Ovoidal y elipsoidal	Hinchados	Ovoidales hinchados
CCN-51	6 horas	F48	Ovoidal y elipsoidal	Ovoidal y elipsoidal	Hinchados	Ovoidales hinchados
VRAE-99	2 horas	F24	Ovoidal, elipsoidal y redondeadas	Ovoidal, elipsoidal y redondeados	Hinchados	Ovoidal, elipsoidal - hinchados
VRAE-99	4 horas	F24	Ovoidal, elipsoidal y redondeadas	Ovoidal, elipsoidal y redondeados	Hinchados	Ovoidal, elipsoidal - hinchados
VRAE-99	6 horas	F24	Ovoidal, elipsoidal y redondeadas	Ovoidal, elipsoidal y redondeados	Hinchados	Ovoidal, elipsoidal - hinchados
VRAE-99	2 horas	F48	Ovoidal, elipsoidal y redondeadas	Ovoidal, elipsoidal y redondeados	Hinchados	Ovoidal, elipsoidal - hinchados
VRAE-99	4 horas	F48	Ovoidal, elipsoidal y redondeadas	Ovoidal, elipsoidal y redondeados	Hinchados	Ovoidal, elipsoidal - hinchados
VRAE-99	6 horas	F48	Ovoidal, elipsoidal y redondeadas	Ovoidal, elipsoidal y redondeados	Hinchados	Ovoidal, elipsoidal - hinchados

En la tabla 3.11 se reporta los cambios de forma de granos de variedades después del pre secado y la frecuencia de remoción durante la fermentación, donde los granos frescos y granos pre secado de CCN-51 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y remoción a 24 y 48 horas presentan la forma ovoidal y elipsoidal y los granos de VRAE-99 presentan forma ovoidal, elipsoidal y redondeadas; los granos fermentados de CCN-51 y VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción se presentan hinchados; el secado final de granos de CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan la forma ovoidal hinchados y la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción presentan forma ovoidal y elipsoidal hinchados.

Los resultados encontrados en el ensayo son similares a las características que reporta Enríquez (1985), que los granos secos bien fermentados son hinchados o más gruesa, cáscara que se separa fácilmente, color marrón a chocolate, naturaleza quebradiza, sabor medianamente amargo y aroma agradable.

3.2.8. Pérdidas post cosecha de granos

Tabla 3.12. Descripción cualitativa y porcentual de pérdida post cosecha de granos (g) a partir del peso inicial de 1000 gramos

Variedad	Tiempo	Frec.	% de impurezas - gramos	% granos germinados-gramos	% granos partidos-gramos	% granos sin cascara-gramos	% pérdida post cosecha - gramos	Grano selecto
CCN-51	2 horas	F24	30.00	0.00	60.00	80.00	170.00	830.00
CCN-51	4 horas	F24	30.00	40.00	80.00	70.00	220.00	780.00
CCN-51	6 horas	F24	40.00	50.00	50.00	60.00	200.00	800.00
CCN-51	2 horas	F48	30.00	0.00	40.00	60.00	130.00	870.00
CCN-51	4 horas	F48	30.00	30.00	50.00	50.00	160.00	840.00
CCN-51	6 horas	F48	40.00	40.00	50.00	40.00	170.00	830.00
VRAE-99	2 horas	F24	30.00	35.00	40.00	45.00	150.00	850.00
VRAE-99	4 horas	F24	50.00	43.00	50.00	40.00	183.00	817.00
VRAE-99	6 horas	F24	20.00	45.00	53.00	60.00	178.00	822.00
VRAE-99	2 horas	F48	20.00	44.00	40.00	34.00	138.00	862.00
VRAE-99	4 horas	F48	25.00	40.00	45.00	45.00	155.00	845.00
VRAE-99	6 horas	F48	23.00	20.00	44.00	47.00	134.00	866.00

En la tabla 3.12 se muestra la descripción cualitativa y porcentual de pérdida post cosecha de granos (g) a partir del peso inicial de 1000 gramos, siendo la pérdida pos

cosecha en porcentaje y el grano selecto se relaciona con el peso inicial, donde los granos con impurezas en la variedad CCN-51 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y frecuencia de remoción a 24 y 48 horas varía entre 30 y 40 gramos (3% y 4%), en la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 horas de remoción varía entre 20 y 50 gramos (2% y 5%) y a 48 horas de remoción varía entre 20 y 25 gramos (2% y 5%); los granos germinados en la CCN-51 a 2 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción no existe granos germinados, a 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción varía de 30 a 50 gramos (4% y 5%), en la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción varía entre 20 y 45 gramos (2% y 4.5%); los granos partidos en la CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción varía entre 40 a 80 gramos (4% y 8%) y en la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 y 48 horas de remoción varía entre 40 y 53 gramos (4% y 5.3%); los granos sin cáscara en la CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción varía entre 60 a 80 gramos (6% y 8%) y a 48 horas de remoción varía de 40 a 60 gramos (4 y 6%), en la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a 24 horas de remoción varía de 40 y 60 gramos (4% y 6 %), y 48 horas de remoción varía de 34 a 47 gramos (3.4% y 4.7 %); las pérdidas post cosecha en la CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción varía entre 170 a 220 gramos (17% y 22 %) y a 48 horas de remoción varía entre 130 a 170 gramos (13% y 17 %), en la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción varía entre 150 y 183 gramos (15% y 18.3%), y a 48 horas de remoción varía entre 134 y 155 gramos (13.4% y 15.5 %); finalmente, el grano selecto de los 1000 gramos, en CCN-51 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción varía de 780 a 830 gramos (78% y 83 %) y a 48 horas de remoción varía de 830 a 870 gramos (83% y 87 %), en la VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado y a 24 horas de remoción varía de 817 a 850 gramos (81.7% y 85 %), y a 48 horas de remoción varía entre 845 y 866 gramos (84.5% y 86.6 %).

Con los resultados obtenidos de pérdidas post cosecha de granos selectos a partir del peso inicial de 1000 gramos, en la variedad CCN-51 la pérdida varía entre 780 (78%) a 870 (87%) gramos, mientras que en la variedad VRAE-99 la pérdida varía entre 817 (81.7%) a 866 (86.6%) gramos, lo que nos indica que existe ligeras variaciones de pérdidas post cosecha entre ambas variedades.

3.2.9. Pérdidas post cosecha de granos - peso inicial 1000 gramos

a) Porcentaje de pérdida post cosecha - gramos

Tabla 3.13. Análisis de variancia del porcentaje de pérdida de peso de granos post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	
Bloque	2	352.17	176.08	0.43	0.6577 ns
Variedad (V)	1	354.69	354.69	0.86	0.3637 ns
Tiempo (T)	2	1058.67	529.33	1.28	0.2969 ns
Frecuencia (F)	1	4203.36	4203.36	10.20	0.0042 **
Inter (VxT)	2	550.89	275.44	0.67	0.5228 ns
Inter (VxF)	1	1356.69	1356.69	3.29	0.0833 ns
Inter (TxT)	2	869.56	434.78	1.05	0.3653 ns
Inter (VxTxT)	2	992.89	496.44	1.20	0.3189 ns
Error	22	9069.83	412.27		
Total	35	18808.75			

C.V. = 12.44 %

En la tabla 3.13 del análisis de variancia del porcentaje de pérdida de peso de granos post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos, se observa que existe alta significación estadística en el efecto principal de pérdida de peso de granos en la frecuencia de remoción en la fermentación (F), cuyo resultado nos sirve para determinar qué frecuencia de remoción es el más adecuado con menor pérdida de peso de granos; siendo el coeficiente de variación de 12.44%.

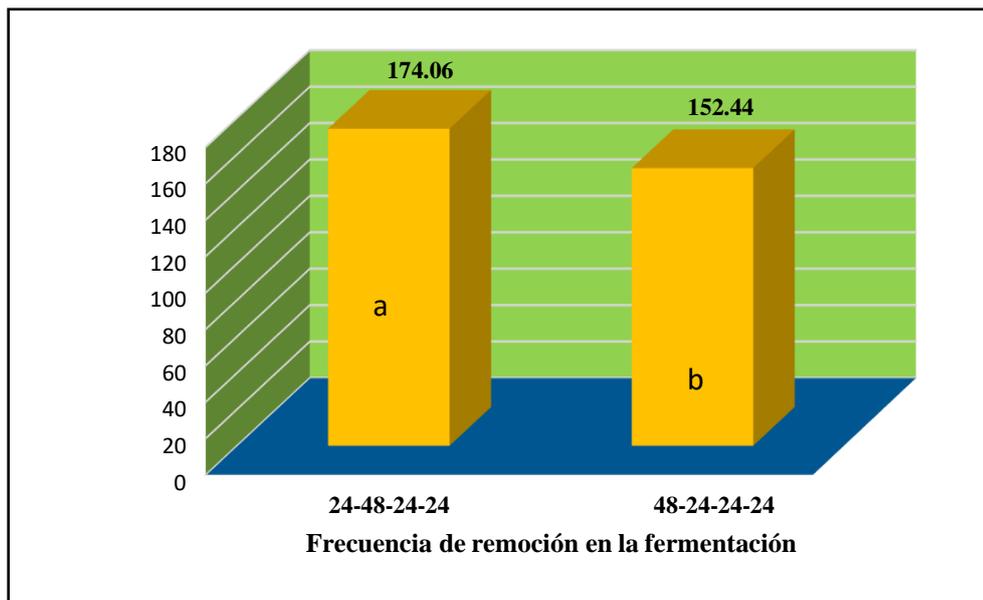


Figura 3.3. Prueba de Tukey de pérdida de peso de granos post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos

En la figura 3.3 de la prueba de Tukey de pérdida de peso de granos post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos de la frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación, en la frecuencia de 24-48-24-24 horas se produce la mayor pérdida con 174.6 gramos y en la frecuencia 48-24-24-24 horas la menor pérdida con 152.44 gramos, con diferencia estadística en ambas frecuencias.

b) Pérdida de peso de granos selecto en base a 1000 gramos

Tabla 3.14. Análisis de variancia del peso de granos selecto a partir de 1000 gramos

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	352.17	176.08	0.43	0.6577 ns
Variedad (V)	1	354.69	354.69	0.86	0.3637 ns
Tiempo (T)	2	1058.67	529.33	1.28	0.2969 ns
Frecuencia (F)	1	4203.36	4203.36	10.20	0.0042 **
Inter (VxT)	2	550.89	275.44	0.67	0.5228 ns
Inter (VxF)	1	1356.69	1356.69	3.29	0.0833 ns
Inter (TxT)	2	869.56	434.78	1.05	0.3653 ns
Inter (VxTxT)	2	992.89	496.44	1.20	0.3189 ns
Error	22	9069.83	412.27		
Total	35	18808.75			

C.V. = 2.43 %

La tabla 3.14 del análisis de variancia del peso de granos selectos a partir de 1000 gramos, se observa que existe alta significación estadística en el efecto principal de pérdida de peso en los granos en la frecuencia de remoción de fermentación (F), resultado que nos sirve para determinar qué frecuencia de remoción es el más adecuado para una menor pérdida de peso. El coeficiente de variabilidad es de 2.43%.

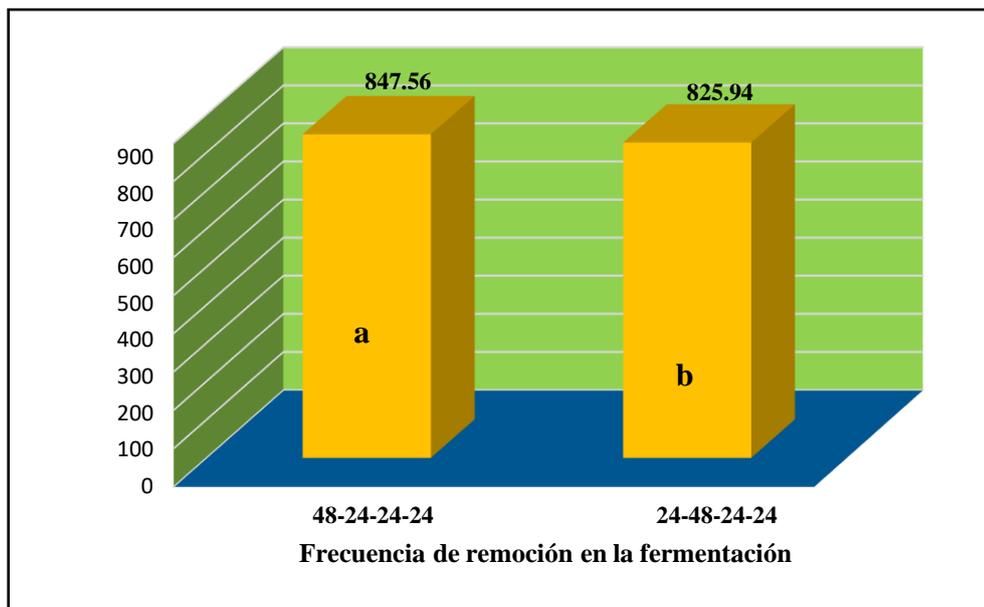


Figura 3.4. Prueba de Tukey de pérdida de peso en granos selecto en las frecuencias de remoción durante la fermentación

En la figura 3.4 de la prueba de Tukey de pérdida de peso en granos selecto en diferentes frecuencias de remoción durante el proceso de fermentación, existe diferencia estadística entre ambas frecuencias, con la frecuencia 48-24-24-24 horas se produce mayor pérdida con 847.56 gramos respecto a la frecuencia 24-48-24-24 horas con menor pérdida de 825.94 gramos, resultado que se obtiene del promedio de variedades y tiempo después de pre secado.

Los resultados obtenidos nos indican que bajo las condiciones donde se desarrolló el ensayo, las pérdidas de peso de granos selectos con la frecuencia de remoción de 48-24-24-24 horas fue de 152.55 granos que equivale al 15.24 % y con la frecuencia de remoción de 24-48-24-24 horas fue de 174.06 granos equivalente al 17.4% de pérdidas, estas pérdidas difieren por las condiciones ambientales donde se secaron los granos contribuyendo en mayor o menor pérdida la radiación solar, la temperatura y la humedad relativa durante el tiempo de secado de granos de cacao.

3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

3.3.1. pH de la masa en fermentación

a) pH al primer volteo

Tabla 3.15. Análisis de variancia del pH al primer volteo de la masa en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.08	0.04	5.06	0.01567 *
Variedad (V)	1	1.35	1.35	161.12	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.17	0.09	10.28	0.0007 **
Frecuencia (F)	1	0.05	0.05	5.69	0.0261 *
Inter (VxT)	2	0.09	0.05	5.58	0.0110 *
Inter (VxF)	1	0.11	0.11	13.13	0.0015 **
Inter (Tx F)	2	0.21	0.10	12.47	0.0002 **
Inter (VxTx F)	2	0.18	0.09	10.65	0.0006 **
Error	22	0.18	0.01		
Total	35	2.43			

C.V. = 2.20 %

La tabla 3.15 nos muestra el ANVA del pH al primer volteo de la masa en fermentación con alta significación estadística en la interacción de segundo orden, resultado que nos permite realizar el análisis de la interacción del tiempo de pre secado (T) y la frecuencia de remoción en la fermentación (F), todo esto en promedio de las variedades. El coeficiente de variación es de 2.20 %, siendo una medida de buena precisión del experimento.

Tabla 3.16. Prueba de Tukey del pH al primer volteo de masa en fermentación de efectos simples de tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de variedades

Tiempo pre secado	Frecuencia de remoción en la fermentación	pH de masa en fermentación	ALS (T)	
6 horas	24-48-24-24	4.33	a	
4 horas	48-24-24-24	4.20	a	b
2 horas	48-24-24-24	4.20	a	b
6 horas	48-24-24-24	4.18	a	b
4 horas	24-48-24-24	4.04		b c
2 horas	24-48-24-24	4.00		c

En la tabla 3.16 de la prueba de Tukey del pH al primer volteo de la masa en fermentación de efectos simples del tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en la fermentación en promedio de las variedades, se observa que no existe diferencia estadística en tiempos de pre secado de 6 horas, 4 horas, 2 horas y 6 horas en las frecuencias de remoción de 24-48-24-24, 48-24-24-24, 48-24-24-24 y 48-24-24-24, con pH de 4.33, 4.20, 4.20 y 4.18, respectivamente; asimismo, no existe diferencia estadística en tiempos de pre secado de 4 y 2 horas en las frecuencias de remoción de 24-48-24-24 y 24-48-24-24 con pH 4.04 y 4.0, respectivamente.

b) pH al segundo volteo

Tabla 3.17. Análisis de variancia del pH al segundo volteo de masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.01	0.005	1.56	0.2334 ns
Variedad (V)	1	0.73	0.73	198.61	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.46	0.23	63.28	<0.0001 **
Frecuencia (F)	1	0.07	0.07	19.40	0.0002 **
Inter (VxT)	2	0.11	0.05	14.52	0.0001 **
Inter (VxF)	1	0.30	0.30	81.51	<0.0001 **
Inter (TxF)	2	0.18	0.09	24.46	<0.0001 **
Inter (VxTxF)	2	0.09	0.04	11.62	0.0004 **
Error	22	0.08	0.0037		
Total	35	2.03			

C.V. = 1.43 %

La tabla 3.16 nos muestra el ANVA del pH al segundo volteo de masa de granos en fermentación con alta significación estadística en la interacción de segundo orden, lo que permite realizar el análisis de la interacción de la variedad (V) y la frecuencia de remoción en la fermentación (F), todo en promedio del tiempo de pre secado (T). El coeficiente de variación es 1.43% siendo medida de buena precisión del ensayo.

Tabla 3.18. Prueba de Tukey del pH al segundo volteo de masa de granos en fermentación en variedades y tiempo de pre secado en promedio de frecuencia de remoción

Variedades	Tiempo pre secado	pH de masa en fermentación	ALS (T)
VRAE-99	6 horas	4.47	a
VRAE-99	4 horas	4.35	b
CCN-51	6 horas	4.33	b
CCN-51	2 horas	4.33	b
VRAE-99	2 horas	3.99	c
CCN-51	4 horas	3.87	c

En la tabla 3.18 se observa la prueba de Tukey del pH al segundo volteo de masa en fermentación en variedades y tiempo de pre secado, observándose que la variedad VRAE-99 a las 6 horas después de pre secado muestra el mayor pH con un valor de 4.47, superior estadísticamente a VRAE-99, CNN-51 y CNN-51 a 4, 6 y 2 horas después de pre secado, sin diferencia estadística con valores de 4.35, 4.33 y 4.33, respectivamente, superando estadísticamente al VRAE-99 y CNN- 51 a 2 y 4 horas después de pre secado presentando pH menores de 3.99 y 3.87, respectivamente, sin diferencia estadística entre ambas.

c) pH al tercer volteo

Tabla 3.19. Análisis de variancia del pH al tercer volteo de la masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.01	0.005	1.33	0.2861 ns
Variedad (V)	1	0.02	0.02	3.55	0.0727 ns
Tiempo (T)	2	0.69	0.34	62.47	<0.0001 **
Frecuencia (F)	1	0.48	0.48	86.34	<0.0001 **
Inter (VxT)	2	0.06	0.03	5.58	0.0110 **
Inter (VxF)	1	0.0036	0.0036	0.65	0.4278 **
Inter (TxF)	2	0.40	0.20	36.21	<0.0001 **
Inter (VxTxF)	2	0.09	0.05	0.27	0.0021 **
Error	22	0.12	0.01		
Total	35	1.88			

C.V. = 1.72 %

La tabla 3.19 nos muestra el ANVA del pH al tercer volteo de masa de granos en fermentación con alta significación estadística en la interacción de segundo orden,

resultado que permite el análisis de la interacción del tiempo de pre secado (T) y la frecuencia de remoción en la fermentación (F), todo esto en promedio de la variedad (V). El coeficiente de variación de 1.72% es una medida de buena precisión del ensayo.

Tabla 3.20. Prueba de Tukey del pH al tercer volteo de masa de granos en fermentación del efecto simple en tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de variedades

Tiempo pre secado	Frecuencia de remoción	pH de masa en fermentación	ALS (T)	
6 horas	24-48-24-24	4.75	a	
2 horas	24-48-24-24	4.33	b	
6 horas	48-24-24-24	4.23	b	c
2 horas	48-24-24-24	4.22	b	c
4 horas	24-48-24-24	4.18	c	
4 horas	48-24-24-24	4.13	c	

En la tabla 3.20 se observa la prueba de Tukey del pH al tercer volteo de masa de granos en fermentación del efecto simple de tiempo de pre secado y frecuencia de remoción, observándose que a 6 horas después de pre secado con frecuencia 24-48-24-24 presenta el mayor pH con un valor de 4.75 superando estadísticamente a las 2 horas, 6 horas y 2 horas después de pre secado con frecuencias 24-48-24-24, 48-24-24-24 y 48-24-24-24 sin diferencia estadística con valores de 4.33, 4.23 y 4.22, respectivamente, superando estadísticamente a las 4 horas y 4 horas con frecuencias 24-48-24-24 y 48-24-24-24 con pH menores de 4.18 y 4.13, respectivamente, sin diferencia estadística.

d) pH al cuarto volteo

Tabla 3.21. Análisis de variancia del pH al cuarto volteo de masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.01	0.015	1.13	0.3412 ns
Variedad (V)	1	0.44	0.44	72.30	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.22	0.11	18.14	<0.0001 **
Frecuencia (F)	1	0.02	0.02	3.04	0.0953 ns
Inter (VxT)	2	0.47	0.23	38.09	<0.0001 **
Inter (VxF)	1	0.05	0.05	8.61	0.0077 **
Inter (TxT)	2	0.21	0.10	17.02	<0.0001 **
Inter (VxTxT)	2	0.09	0.04	7.18	0.0040 **
Error	22	0.14	0.01		
Total	35	1.65			

C.V. = 1.72 %

La tabla 3.21 nos muestra el ANVA del pH al cuarto volteo de masa de granos en fermentación con alta significación estadística en la interacción de segundo orden, lo que facilita el análisis de la interacción de la variedad (V) y el tiempo de pre secado (T), todo esto en promedio de la frecuencia de remoción (F) en la fermentación. El coeficiente de variación de 1.72% que es una medida de buena precisión del experimento.

Tabla 3.22. Prueba de Tukey del pH al cuarto volteo de masa de granos en fermentación de efectos simples de variedades y tiempos de pre secado en promedio de frecuencia de remoción

Variedades	Tiempo pre secado	pH de masa en fermentación	ALS (T)
VRAE-99	4 horas	4.73	a
CCN-51	2 horas	4.69	a
VRAE-99	2 horas	4.63	a
VRAE-99	6 horas	4.61	a
CCN-51	6 horas	4.38	b
CCN-51	4 horas	4.24	c

En la prueba de Tukey de la tabla 3.22 se observa del pH al cuarto volteo de masa de granos en fermentación en variedades y tiempo de pre secado, observándose que las variedades VRAE-99, CNN-51, VRAE-99 y VRAE-99 a 4 horas, 2 horas, 2 horas y 6 horas después de pre secado no muestran diferencia estadística con valores mayores de pH de 4.73, 4.69, 4.63 y 4.61, respectivamente, superiores estadísticamente al CNN-51 y CNN-51 a 6 y 4 horas después de pre secado con diferencia estadística y pH menores de 4.38 y 4.24, respectivamente.

e) pH al momento de retirar para el secado final

Tabla 3.23. Análisis de variancia del pH al momento de retirar la masa de granos en fermentación para el secado final

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.02	0.01	1.40	0.2689 ns
Variedad (V)	1	0.02	0.02	3.22	0.0865 ns
Tiempo (T)	2	0.14	0.07	13.45	0.0002 **
Frecuencia (F)	1	0.01	0.01	1.14	0.2973 ns
Inter (VxT)	2	0.14	0.07	12.54	0.0002 **
Inter (VxF)	1	0.07	0.07	13.37	0.0014 **
Inter (TxF)	2	0.22	0.11	20.52	<0.0001 **
Inter (VxTxF)	2	0.04	0.02	3.74	0.0399 *
Error	22	0.12	0.01		
Total	35	0.77			

C.V. = 1.59 %

La tabla 3.23 del ANVA del pH al momento de retirar la masa de granos en fermentación para el secado final, muestra significación estadística en la interacción de segundo orden, lo que permite realizar el análisis de la interacción del tiempo de pre secado (T) y la frecuencia de remoción en la fermentación (F), todo esto en promedio de la variedad (V). El coeficiente de variación de 1.59% es una medida de buena precisión del experimento.

Tabla 3.24. Prueba de Tukey del pH al retirar la masa de granos fermentado del efecto simple en tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de las variedades

Tiempo pre secado	Frecuencia de remoción	pH de masa en fermentación	ALS (T)	
6 horas	24-48-24-24	4.81	a	
4 horas	48-24-24-24	4.70	a	b
6 horas	48-24-24-24	4.62	b	c
2 horas	48-24-24-24	4.61	b	c
2 horas	24-48-24-24	4.52		c
4 horas	24-48-24-24	4.52		c

En la tabla 3.24 de la prueba de Tukey del pH al retirar la masa de granos fermentado del efecto simple de tiempo de pre secado y frecuencia de remoción, se observa que a 6 horas y 4 horas después de pre secado con frecuencia 24-48-24-24 y 48-

24-24-24 muestran sin diferencia estadística entre ellos con valores mayores de pH con 4.81 y 4.70, siendo superiores estadísticamente a las 6 horas y 2 horas con frecuencias 48-24-24-24 y 48-24-24-24 sin diferencia estadística entre estos con valores de pH de 4.62 y 4.61, respectivamente, superando a las 2 horas y 4 horas con frecuencias 24-48-24-24 y 24-48-24-24 con valores menores de pH con 4.52 y 4.52, respectivamente, sin diferencia estadística.

Los resultados obtenidos del pH en el momento de retirar la masa fermentada para el secado final de granos, existe una ligera variación con valores entre 4.52 a 4.82, siendo superior y dentro del rango que reporta Teneda (2016) que en análisis fisicoquímico realizado del proceso de fermentación de almendras de cacao (*Theobroma cacao*) de variedades Nacional y CCN-51 con dos tipos de fermentadores horizontal y rotatorio, el valor pH en la Nacional en el fermentador rotatorio fue 3,85 y en la CCN-51 en el fermentador horizontal fue 4,22; mientras que en la Nacional y la CCN-51 fue 4,65 y 4,38 en el rotatorio, respectivamente; sin embargo, es menor al reporte de Sánchez (1995) tiene en cuenta que los granos de cacao de calidad deben tener un rango de pH de 5,1 a 5,4. El cacao con un pH inferior a 5,0 indica la presencia de ácidos no volátiles indeseables que desarrollan sabores desagradables y afectan la producción de cacao.

3.3.2. Contenido de azúcares de masa en fermentación

a) Contenido de azúcares antes del primer volteo

Tabla 3.25. Análisis de variancia del contenido de azúcares antes del primer volteo de masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.49	0.25	0.60	0.5593 ns
Variedad (V)	1	157.92	157.92	381.53	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.26	0.13	0.31	0.7332 ns
Frecuencia (F)	1	0.22	0.22	0.53	0.4759 ns
Inter (VxT)	2	0.21	0.11	0.25	0.7777 ns
Inter (VxF)	1	0.59	0.59	1.42	0.2461 ns
Inter (TxF)	2	0.65	0.33	0.79	0.4681 ns
Inter (VxTxF)	2	0.06	0.03	0.07	0.9297 ns
Error	22	9.11	0.41		
Total	35	169.51			

C.V. = 4.25 %

La tabla 3.25 nos muestra el ANVA del contenido de azúcares antes del primer volteo de masa de granos en fermentación, con alta significación estadística para la fuente de variación del efecto principal de variedades (V). El coeficiente de variación de 4.25% medida de buena precisión del ensayo.

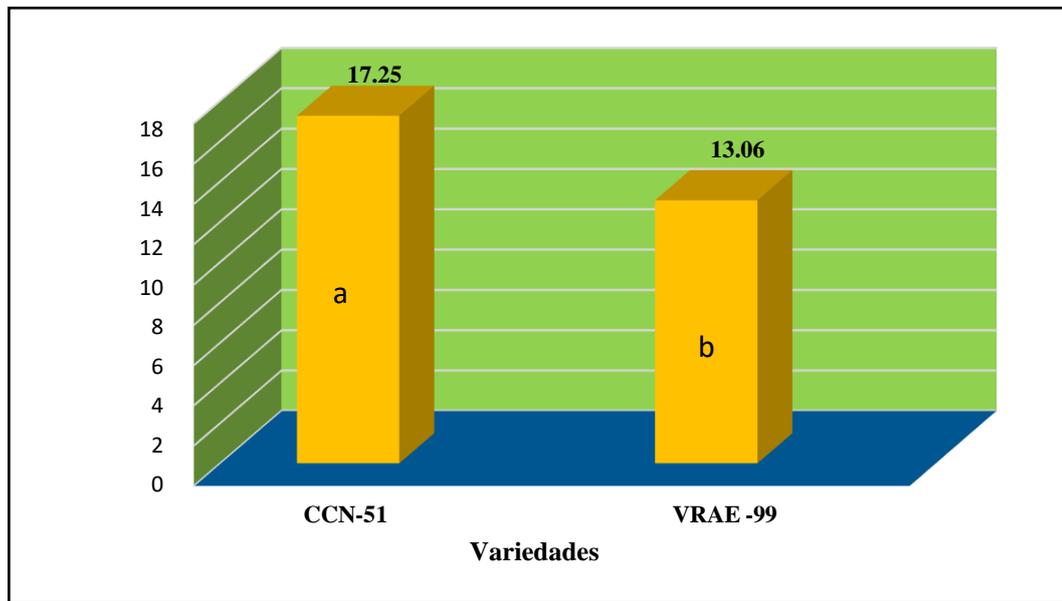


Figura 3.5. Prueba de Tukey del contenido de azúcares antes del primer volteo de masa de granos en fermentación de variedades de cacao

En la figura 3.5 de la prueba de Tukey del contenido de azúcares antes del primer volteo de masa de granos en fermentación de variedades, se observa que la variedad CCN-51 presentó el mayor contenido de azúcares con 17.25 % superior con diferencia estadística a la variedad VRAE-99 con un contenido de 13.06 %.

b) Contenido de azúcares al primer volteo

Tabla 3.26. Análisis de variancia del contenido de azúcares al primer volteo de la masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.62	0.31	1.36	0.2776 ns
Variedad (V)	1	163.41	163.41	7.14	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.35	0.17	0.76	0.4805 ns
Frecuencia (F)	1	10.35	10.35	45.24	<0.0001 **
Inter (VxT)	2	0.92	0.46	2.00	0.1590 ns
Inter (VxF)	1	2.40	2.40	10.50	0.0038 **
Inter (TxT)	2	0.25	0.25	0.54	0.5880 ns
Inter (VxTxT)	2	2.16	2.16	4.72	0.0197 *
Error	22	5.03	5.03		
Total	35	185.49	185.49		

C.V. = 3.76 %

En la tabla 3.26 del ANVA del contenido de azúcares al primer volteo de masa de granos en fermentación, se observa significación estadística en la interacción de segundo orden lo que permite el análisis de la interacción de primer orden de variedades (V) y la frecuencia de remoción en la fermentación (F) en promedio después del tiempo de pre secado. El coeficiente de variación de 4.76 % es una medida de buena precisión del ensayo.

Tabla 3.27. Prueba de Tukey del contenido de azúcares al primer volteo del efecto simple en variedades y frecuencia de remoción en la fermentación

Variedades	Frecuencia de remoción	Contenido de azúcares	ALT (T)
CCN-51	24-48-24-24	15.6	a
CCN-51	48-24-24-24	14.0	b
VRAE-99	24-48-24-24	10.9	c
VRAE-99	48-24-24-24	10.3	c

En la tabla 3.27 de la prueba de Tukey se observa el contenido de azúcares al primer volteo de del efecto simple en variedades y frecuencia de remoción, donde la variedad CNN-51 y CNN-51 con frecuencia de remoción de 24-48-24-24 y 48-24-24-24

horas muestran diferencia estadística con mayor contenido de 14.6 % y 14% de azúcares, respectivamente, superiores estadísticamente al VRAE-99 y VRAE-99 con frecuencia de remoción de 24-48-24-24 y 48-24-24-24 horas sin diferencia estadística con 10.9 % y 10.3% de azúcares.

c) Contenido de azúcares al segundo volteo

Tabla 3.28. Análisis de variancia del contenido de azúcares al segundo volteo de masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.04	0.02	0.19	0.8303 ns
Variedad (V)	1	8.22	8.22	82.83	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.05	0.03	0.25	0.7773 ns
Frecuencia (F)	1	1.21	1.21	12.20	0.0021 **
Inter (VxT)	2	0.17	0.09	0.88	0.4304 ns
Inter (VxF)	1	0.25	0.25	2.52	0.1267 ns
Inter (TxT)	2	0.08	0.04	0.41	0.6676 ns
Inter (VxTxT)	2	0.25	0.13	1.27	0.3011 ns
Error	22	2.18	0.10		
Total	35	12.46			

C.V. = 3.21 %

En el ANVA de la tabla 3.28 se muestra el contenido de azúcares al segundo volteo de masa de granos en fermentación, con alta significación estadística para la fuente de variación del efecto principal de variedades (V) y frecuencia de remoción en la fermentación (F) en promedio después del tiempo de pre secado. El coeficiente de variación es 3.21% siendo una medida de buena precisión del experimento.

En la prueba de Tukey de la figura 3.6 del contenido de azúcares al segundo volteo de masa de granos en fermentación, la variedad CCN-51 presenta el mayor contenido de azúcares con 10.29% siendo estadísticamente superior al VRAE-99 con 9.33%. En la frecuencia de remoción de la masa en fermentación de 24-48-24-24 horas es superior estadísticamente con mayor contenido de 9.99 % a la frecuencia de 48-24-24-24 horas con menor contenido de 9.63 % de azúcares.

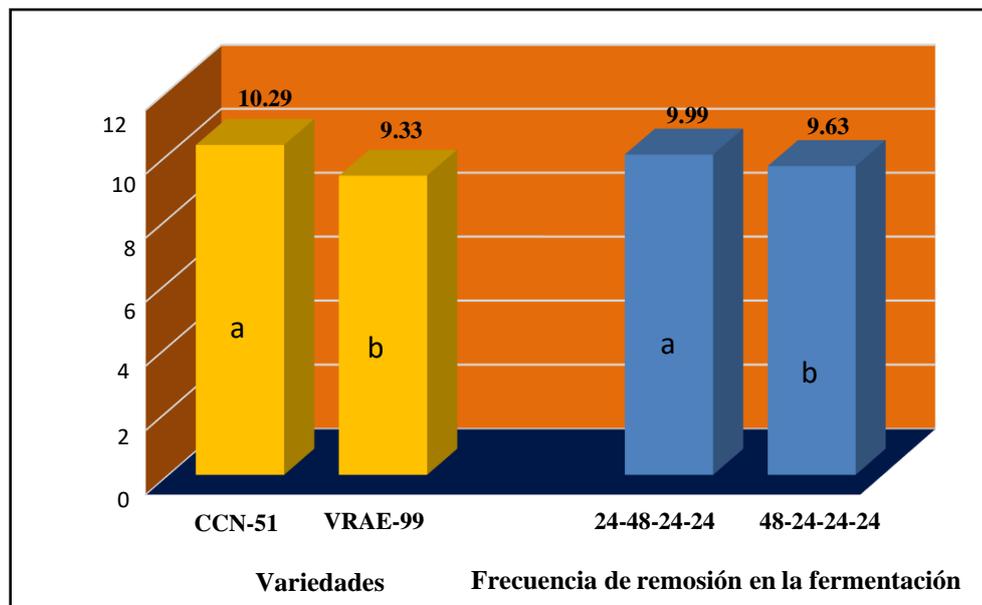


Figura 3.6. Prueba de Tukey de contenido de azúcares al segundo volteo en los efectos principales de variedades y la frecuencia de remoción

d) Contenido de azúcares al tercer volteo

Tabla 3.29. Análisis de variancia del contenido de azúcar al tercer volteo de masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.40	0.20	1.72	0.2018 ns
Variedad (V)	1	9.40	9.40	80.66	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	0.32	0.16	1.35	0.2797 ns
Frecuencia (F)	1	0.03	0.03	0.24	0.6303 ns
Inter (VxT)	2	0.21	0.11	0.90	0.4199 ns
Inter (VxF)	1	1.52	1.52	13.05	0.0015 ns
Inter (TxF)	2	0.04	0.02	0.19	0.8298 ns
Inter (VxTxF)	2	0.55	0.28	2.36	0.1178 ns
Error	22	2.56	0.12		
Total	35	15.04			

C.V. = 4.06 %

La tabla 3.29 del ANVA de contenido de azúcares al tercer volteo de la masa en fermentación, se observa alta significación estadística en la interacción de primer orden que permite el análisis de la interacción de variedades (V) y frecuencia de remoción en la fermentación (F) en promedio después del tiempo de pre secado. El coeficiente de variación de 4.06 % es una medida de buena precisión del experimento.

Tabla 3.30. Prueba de Tukey del contenido de azúcares al tercer volteo de efectos simples de variedades y frecuencias de remoción en promedio del tiempo de pre secado

Variedades	Frecuencias de remoción	Contenido de azúcares	ALT (T)
CCN-51	24-48-24-24	9.09	a
CCN-51	48-24-24-24	8.73	a
VRAE-99	48-24-24-24	8.12	b
VRAE-99	24-48-24-24	7.66	c

En la tabla 3.30 de la prueba de Tukey del contenido de azúcares al tercer volteo de los efecto simple en variedades y frecuencia de remoción en la fermentación, se observa que la variedad CNN-51 y CNN-51 con frecuencia de remoción de 24-48-24-24 y 48-24-24-24 horas no existe diferencia estadística con mayor contenido de 9.09 % y 8.73% de azúcares, respectivamente, siendo superior estadísticamente al VRAE-99 y VRAE-99 con frecuencia de remoción de 48-24-24-24 y 24-48-24-24 horas con diferencia estadística con 8.12 % y 7.66% de azúcares.

e) Contenido de azúcares al cuarto volteo

Tabla 3.31. Análisis de variancia del contenido de azúcares al cuarto volteo de masa de granos en fermentación

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.29	0.15	1.68	0.2095 ns
Variedad (V)	1	0.10	0.10	1.16	0.2933 ns
Tiempo (T)	2	1.03	0.51	5.94	0.0087 **
Frecuencia (F)	1	0.01	0.01	0.16	0.6954 ns
Inter (VxT)	2	0.54	0.27	3.11	0.0649 ns
Inter (VxF)	1	0.01	0.01	0.08	0.7796 ns
Inter (Tx F)	2	0.40	0.20	2.32	0.1223 ns
Inter (VxTx F)	2	0.75	0.38	4.34	0.0258 *
Error	22	1.90	0.09		
Total	35	5.03			

C.V. = 4.53 %

La tabla 3.30 muestra el ANVA del contenido de azúcares al cuarto volteo de masa de granos en fermentación, con alta significación estadística para el efecto principal del tiempo de pre secado (T) en el contenido de azúcares. El coeficiente de variación es de 4.53% como un valor de buena precisión del experimento.

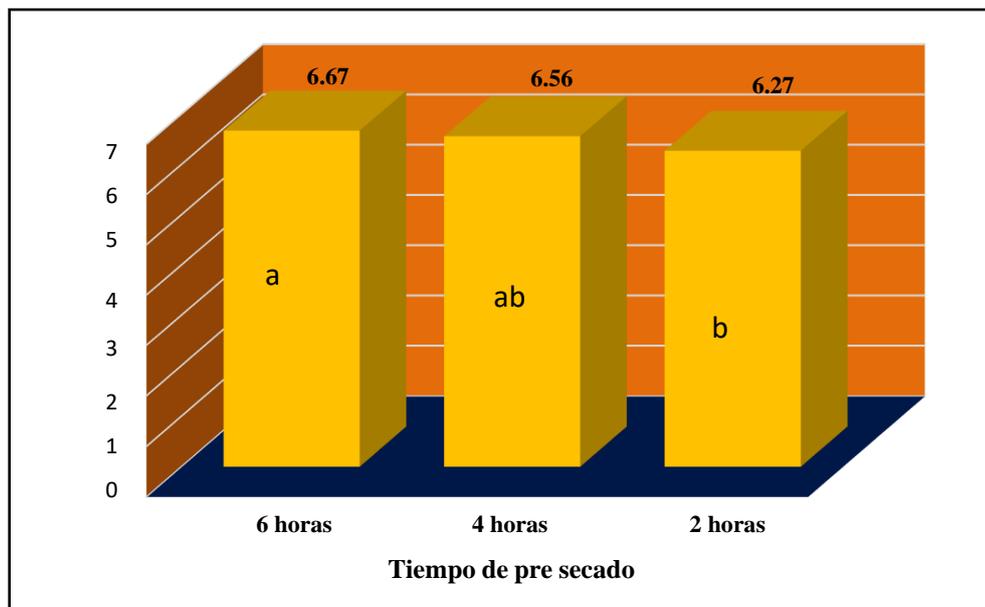


Figura 3.7. Prueba de Tukey contenido de azúcares al cuarto volteo del efecto principal tiempo de pre secado

En la figura 3.7 de la prueba de Tukey del contenido de azúcares al cuarto volteo de masa de granos en fermentación del efecto principal tiempo de pre secado, se observa que a 6 horas después del pre secado presenta el mayor contenido de azúcares con 6.67% sin diferencia estadística con las 4 horas de pre secado con 6.56%, a su vez sin diferencia estadística con las 2 horas después de pre secado con menor contenido de azúcares de 6.27%.

f) Contenido de azúcares al retiro para el secado final

Tabla 3.32. Análisis de variancia del contenido de azúcares en el momento de retiro de masa de granos fermentado para el secado final

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Bloque	2	0.20	0.10	0.36	0.7040 ns
Variedad (V)	1	0.04	0.04	0.14	0.7097 ns
Tiempo (T)	2	0.0022	0.0011	0.004	0.9961 ns
Frecuencia (F)	1	0.09	0.09	0.32	0.5773 ns
Inter (VxT)	2	0.53	0.26	0.94	0.4071 ns
Inter (VxF)	1	0.02	0.02	0.06	0.8038 ns
Inter (TxT)	2	0.06	0.03	0.11	0.8993 ns
Inter (VxTxT)	2	0.22	0.11	0.40	0.6783 ns
Error	22	6.19	0.28		
Total	35	7.35			

C.V. = 10.96 %

La tabla 3.32 del ANVA del contenido de azúcares en el momento de retiro de masa de granos fermentado para el secado final, muestra que, en ninguna fuente de variación, tanto en los efectos principales y de la interacción entre fuentes no existe diferencia estadística en el contenido de azúcares en el momento de retiro de granos para el secado final. El coeficiente de variación es de 10.96%, siendo regular la precisión producto de la discrepancia existente en las fuentes de variación. Al final del proceso de la masa en fermentación, los contenidos de azúcares muestran un rango de 4.79 % a 4.89 %.

Observando las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 y tablas 3.27 y 3.30 del contenido de azúcares en las variedades CCN-51 y VRAE-99 presentaron antes del primer volteo el 17.25% y 13.06 % de azúcares; al primer volteo presentaron de 14 a 15.6 % y de 10.3 a 10.9%; al segundo volteo presentaron el 10.29 % y 9.33 % de azúcares; al tercer volteo presentaron entre 8.73 a 9.09 % y 7.66 y 8.12%; al cuatro volteo con 6.27 % a 6.67%; en el secado final presentaron de 4.79 a 4.89%; lo que nos demuestra que al inicio estas dos variedades presentaban un alto contenido de azúcares y con las frecuencias de remoción o volteos durante el proceso de fermentación de la masa de granos fue reduciendo el contenido de azúcares habiéndose transformado progresivamente los azúcares reductores en alcohol y luego en ácido acético, mientras que los azúcares no reductores se mantienen aún en la masa de granos.

3.3.3. Desarrollo de aroma y sabor de granos secos

Tabla 3.33. Características cualitativas del aroma y sabor de granos secos de variedades de cacao

Variedad	Tiempo	Frecuencia	Aroma	Sabor
CCN-51	2 horas	F24	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
CCN-51	4 horas	F24	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
CCN-51	6 horas	F24	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
CCN-51	2 horas	F48	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
CCN-51	4 horas	F48	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
CCN-51	6 horas	F48	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
VRAE-99	2 horas	F24	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
VRAE-99	4 horas	F24	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
VRAE-99	6 horas	F24	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
VRAE-99	2 horas	F48	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
VRAE-99	4 horas	F48	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo
VRAE-99	6 horas	F48	Agradable fuerte a chocolate	Ligeramente amargo

En la tabla 3.33 se muestra las características cualitativas del aroma y sabor de granos secos de variedades de cacao, las variedades CCN-51 y VRAE-99 a las 2, 4 y 6 horas después de pre secado y a las 24 y 48 horas de remoción presentaron un aroma agradable fuerte a chocolate y con sabor ligeramente amargo.

3.3.4. Porcentaje de grasa

Tabla 3.34. Análisis de variancia del porcentaje de grasa de grasa en granos de cacao

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Variedad (V)	1	30.13	30.13	43.54	<0.0001 **
Tiempo (T)	2	88.44	44.22	63.90	<0.0001 **
Frecuencia (F)	1	7.95	7.95	11.48	0.0054 **
Inter (VxT)	2	0.49	0.25	0.36	0.7069 ns
Inter (VxF)	1	1.49	1.49	2.15	0.1686 ns
Inter (Tx F)	2	286.86	143.43	207.27	<0.0001 **
Inter (VxTx F)	2	11.68	5.84	8.44	<0.0052 **
Error	12	8.30	0.69		
Total	23	435.33			

C.V. = 1.73 %

En la tabla 3.34 se muestra el ANVA del contenido de grasa en granos de variedades de cacao, con alta significación estadística en los efectos de segundo orden (VxTx F), resultado que permite el análisis de la interacción de primer orden (T x F) en promedio de las variedades evaluadas. El coeficiente de variación de 1.73 es una medida de buena precisión del ensayo.

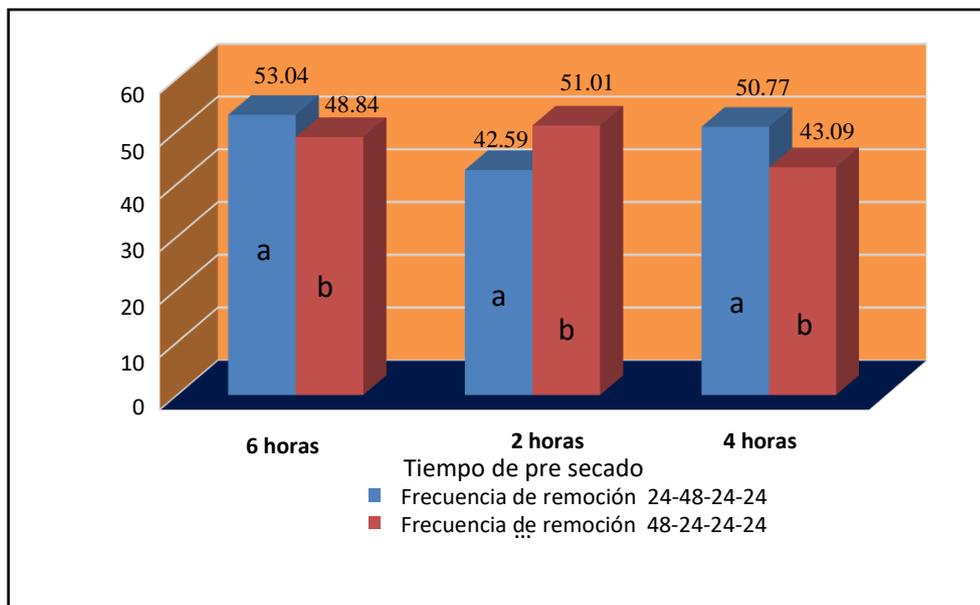


Figura 3.8. Prueba de Duncan del contenido de grasa del efecto de primer orden tiempo de pre secado y frecuencia de remoción en promedio de variedades de cacao

En la figura 3.8 de la prueba de Duncan del contenido de grasa se observa que a las 6 horas, 2 horas y 4 horas de pre secado existe diferencias estadística, siendo mayor respuesta a 6 horas después de pre secado y frecuencia de remoción de 24-48-24-24 con valores que varía entre 48.84% a 53.04% de grasa; asimismo, a 2 horas de pre secado y frecuencia de remoción de 48-24-24-24 el contenido de grasa varía de 42.59 % a 51.01%; así como a 4 horas de pre secado y frecuencia de remoción de 24-48-24-24 el contenido de grasa varía de 43.09 % a 50.77 %.

Analizando y contrastando los resultados obtenidos se observa que existe una ligera variación en el contenido de grasa, en tiempos de pre secado y frecuencias de remoción de granos de cacao, siendo superiores al reporte de Zevallos (2003) que obtiene en granos sometidos a fermentación con un contenido de grasa entre 30.3 a 35.9% y en granos no fermentados entre 45.7 a 47.9% de grasa; sin embargo, es menor al informe de Pillman (2021) que evaluando las características químicas del porcentaje de grasa y/o manteca con el tratamiento 10 cm en CCN-51 obtiene 55.16% de grasa y con una buena fermentación mayores de 80% es posible lograr el mayor contenido de grasa; asimismo, es similar al reporte de Teneda (2016) que en los análisis fisicoquímico de la fermentación de almendras de cacao de variedades Nacional y CCN-51 con fermentadores horizontal y rotatorio, el contenido de grasa de cacao fresco que obtiene en la Nacional es de 47,81% y en la CCN-51 es de 49,72%.

3.3.5. Porcentaje de acidez

Tabla 3.35. Análisis de variancia del porcentaje de acidez en granos de cacao

F. Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > Fc
Variedad (V)	1	0.01	0.01	8.82	0.0117 *
Tiempo (T)	2	0.04	0.02	21.20	0.0001 **
Frecuencia (F)	1	0.00042	0.00042	0.42	0.5308 ns
Inter (VxT)	2	0.02	0.01	10.45	0.0024 **
Inter (VxF)	1	0.00027	0.00027	0.27	0.6150 ns
Inter (Tx F)	2	0.0021	0.001	1.03	0.3868 ns
Inter (VxTx F)	2	0.00086	0.00043	0.43	0.6607 ns
Error	12	0.01	0.003		
Total	23	0.09			

C.V. = 8.70 %

En la tabla 3.35 se observa el ANVA del porcentaje de acidez en granos de variedades cacao, con alta significación estadística en los efectos de interacción de primer orden variedad (V) y el tiempo de pre secado (VxT), resultado que permite el análisis de los efectos simples de los factores mencionados en promedio de la frecuencia de remoción. El coeficiente de variación es de 8.7%, siendo una buena medida precisión del ensayo.

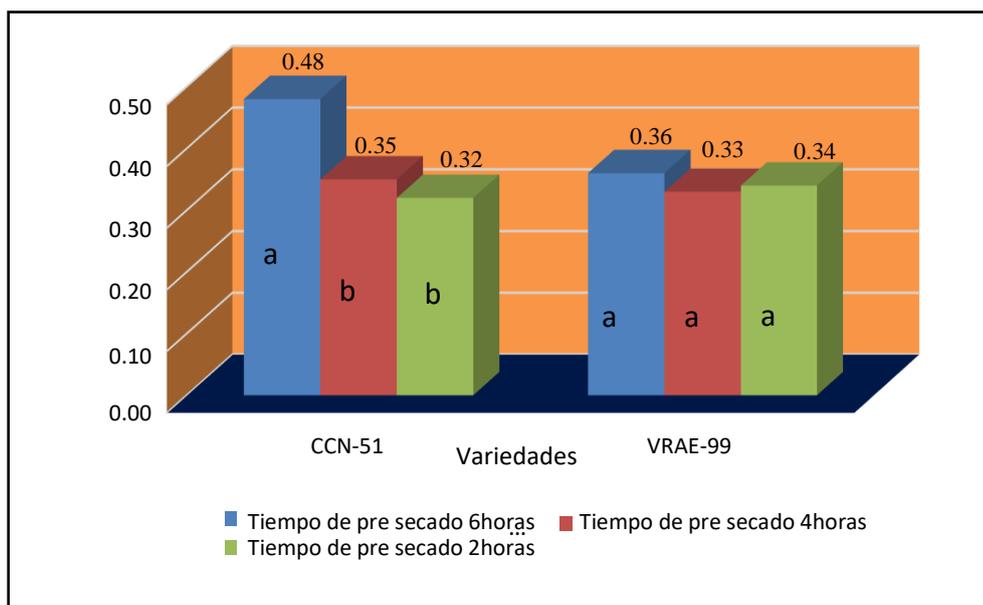


Figura 3.9. Prueba de Duncan de porcentaje de acidez del efecto de primer orden de tiempo de pre secado y variedades en promedio de frecuencia de remoción

En la figura 3.9 de la prueba de Duncan del porcentaje de acidez, se observa que en la variedad CCN-51 existe mayor acidez con diferencia estadística en el pre secado de 6 horas con 0.48% respecto a las 2 y 4 horas de pre secado en promedio de la frecuencia de remoción con 0.35% y 0.32%, respectivamente; asimismo, la acidez en la variedad VRAE-99 a 2, 4 y 6 horas de pre secado no existe diferencia estadística con 0.36% ,0.33% y 0.34%, respectivamente, es decir los resultados son homogéneos en diferentes tiempos de pre secado.

Con los resultados obtenidos, la variedad CCN-51 con 6 horas de pre secado es la que destaca con mayor porcentaje de acidez con respecto a las otras horas de pre secado en la misma variedad y en la VRAE-99, siendo menor y similar al reporte de Zevallos (2003) que en el trabajo de investigación de índices de madurez y métodos fermentación en la calidad de granos de cacao en el VRAE, los granos fermentados de variedades mejoradas durante 6 días muestran alta calidad respecto a los granos sometidos a la fermentación en costales, con acidez que varía entre 0.35 a 0.50 %, los granos sometidos a fermentación con mayor acidez respecto a los granos sin fermentación; sin embargo, supera a los resultados que obtiene Teneda (2016) que en los análisis fisicoquímico realizado en la fermentación de almendras de cacao de variedades Nacional y CCN- 51 con fermentadores horizontal y rotatorio, la acidez en % de ácido acético en el fermentador rotatorio es de 0,142% en la Nacional y 0,209% en la CCN-51.

CONCLUSIONES

1. El tiempo de fermentación después del pre secado (2, 4 y 6 horas) y frecuencias de remoción (24-48-24-24 y 48-24-24-24) de granos de cacao CCN-51 y VRAE-99 ocurre entre 5 a 6 días; y la temperatura de masa de granos en fermentación a los 5 días varía entre 42.92 °C y 43.15°C.
2. Los cambios en las características físicas, la pérdida de peso de granos después de escurrido fue de 90 kg; la pérdida de peso después de pre secado en las variedades varía de 72.5 kg a 79.8 kg; la pérdida de peso después de la fermentación varía de 72.17 kg a 74.69 kg; la pérdida de peso de granos después de secado en VRAE-99 es de 35.61 kg y en CCN-51 es de 33.68 kg. Los cambios de color externo de granos después del pre secado y frecuencias de remoción, los granos frescos y granos pre secados, en el primer, segundo, tercero y cuarto volteo, presentan color rojo amarillento a blanco con mucílago intenso, rojo pálido en la superficie, rojo pálido en la superficie y 50% rojo; 50 % rojo y 100 % rojo, 100% rojo, respectivamente, y en el secado final rojo oscuro; mientras los cambios de color interno, los granos frescos y granos pre secado, en el primer, segundo, tercer y cuarto volteo presentan color violeta púrpura rojo, líquido violeta y líquido marrón entre 20 a 50%, líquido violeta y marrón entre 30 a 60%, líquido marrón entre 70% a 80% y líquido marrón en 90%; y en el secado final de granos color marrón chocolate oscuro. Los cambios de forma de granos, después del pre secado y frecuencia de remoción, los granos frescos y granos de CCN-51 y VRAE-99 presentan forma ovoidal y elipsoidal, y ovoidal, elipsoidal y redondeadas; los granos fermentados son hinchados; el secado final de granos de CCN-51 presenta forma ovoidal hinchados y la VRAE-99 forma ovoidal y elipsoidal hinchados. Las pérdidas post cosecha de granos a partir del peso inicial de 1000 gramos en porcentaje, los granos con impurezas en CCN-51 varía de 3% a 4% y en VRAE-99 de 2% a 5%; granos germinados en CCN-51 de 4% a 5% y en VRAE-99 de 2% a 4.5%; granos partidos en CCN-51 de 4% a 8% y en VRAE-99

de 4% a 5.3%; granos sin cáscara en CCN-51 de 4% a 8% y en VRAE-99 de 3.4% a 4.7 %; y las pérdidas post cosecha de granos secos con frecuencia de remoción varían de 152.55 (15.24 %) y 174.06 (17.4%) gramos.

3. Los cambios en las características químicas, el pH de masa de granos en fermentación, al primer volteo después de pre secado y frecuencias los valores varía de 4.0 a 4.20; al segundo volteo, en VRAE-99 y CNN-51 varía de 3.87 a 4.35; al tercer volteo, con frecuencias con valores de 4.13 a 4.75; al cuarto volteo, VRAE-99 y CNN-51 con 4.24 a 4.73; en el momento de retiro para secado final de granos con las frecuencias de 4.52 a 4.81. En contenido de azúcares, antes del primer volteo la CCN-51 con 17.25 % y VRAE-99 con 13.06 %; al primer volteo, CNN-51 y VRAE-99 con frecuencias con 14.6 % y 14%, y con 10.9 % y 10.3%, respectivamente; al segundo volteo, la CCN-51 con 10.29% y VRAE-99 con 9.33%; al tercer volteo, CNN-51 y VRAE-99 con frecuencias con 9.09 % y 8.73%, y con 8.12 % y 7.66%, respectivamente; al cuarto volteo, después de pre secado con 6.67%, 6.56% y 6.27%; en el momento de retiro para secado final de 4.79 % a 4.89 %. En desarrollo de aroma y sabor de granos secos de CCN-51 y VRAE-99 con aroma agradable fuerte a chocolate y sabor ligeramente amargo. En porcentaje de grasa de granos secos de 42.59 % a 53.04%. En porcentaje de acidez, la CCN-51 entre 0.32% y 0.48%, y la VRAE-99 entre 0.33% a 0.36%.

RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones obtenidas a lo largo del presente trabajo, se propone las siguientes recomendaciones:

1. Repetir el ensayo mediante el control riguroso diario de la temperatura durante el tiempo de pre secado y frecuencias de volteo en el proceso de fermentación de granos de cacao en las variedades estudiadas.
2. Mejora de indicadores de cambios en las características físicas de granos de cacao como los pesos de mazorcas, pesos de granos durante la fermentación y secado final de los granos secos.
3. Mejora de indicadores de cambios en las características químicas de granos de cacao como el pH, acidez y contenido de grasa en los granos secos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amores et al. (2009).** *Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor Oriente de la provincia de Esmeraldas.* INIAP. Ecuador.
- ANACAFE (2013).** *Asociación Nacional del Café-ANACAFE. Cultivo del cacao.* <https://www.anacafe.org/uploads/file/8425fd8b5e1246be9b604c4fed9cf368/El-Cafetal-09.pdf>
- ANECACO (2007).** *Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, ANECACO.* Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/es/inicio.html>
- Benito, A. (1991).** *Tecnificación del Cacao en la Selva Alta Peruana.* Fundación para el Desarrollo del Agro - FONDEAGRO. Perú.
- Canessa, C. (2014).** *La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma.* Ediciones ESAN. Perú. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/La-Alianza-Cacao-Per%C3%BA-para-web.pdf>
- Carrillo A. (2011).** *Influencia del tiempo de fermentado y método de secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao (Theobroma Cacao L.) Clon CCN – 51,* Tesis de Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Contreras et al. (2002).** *Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumbote, Venezuela.* Tesis Universidad Central de Venezuela.
- Coronado, J. (2009).** *Influencia del fermentado, oreado, drenado y frecuencia de la remoción sobre la calidad del grano fermentado de cacao (Theobroma Cacao) del clon ICS-95 en la zona de Lamas –* Tesis de Universidad Nacional de Tarapoto.
- Cros, E. (2000).** *Importancia ambiental y socioeconómica de las micorrizas en el cultivo de cacao, municipio Ocumare costa de oro, Venezuela.*
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., Weigend, M., & Luebert, F. (2012). Hoja botánica: Cacao. *Theobroma cacao L.* Proyecto Perú Biodiverso. <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/185>
- Enríquez, G. (1985).** *Curso de cultivo de cacao.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Costa Rica.
- García, L. (2005).** *Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú.* Tesis de Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- García, L. (2007).** *Guía de campo: identificación de cultivares de cacao.* Manual del texto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.

- García, L. (2010).** *Cultivares de cacao del Perú*. Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (FUNDACITE). Perú.
https://issuu.com/riicchperu/docs/cultivaresdecacaoluisgarcia_segund/110
- Gutiérrez, M. (2012).** *Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (Theobroma Cacao L.)*. Gobierno regional de Piura.
- Hernández, T. (1991).** *Caracterización morfológica de 28 accesiones de cacao silvestre (Theobroma cacao L.) de las cuencas Santiago y Morona - Alto Amazonas*. Perú.
- Inga, V. (2017).** *Estudio de los tiempos de drenaje, fermentación y remoción del cacao criollo (Theobroma Cacao L.)*. Tesis de UNAS. Perú.
- INTECO (2009).** *Cacao y productos derivados del cacao – Cacao en grano – Clasificación y requisitos*. Costa Rica. Instituto de Normas y Técnicas de Costa Rica-INTECO.
- Jiménez et al. (2011).** *Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao*. INIAP, Quevedo, Ecuador.
- Jiménez, J. C. 2017.** *Efecto del pre-secado sobre el porcentaje de fermentación y calidad sensorial del licor de cacao (Theobroma cacao L.)*. Tesis de Universidad Técnica de Machala Ecuador.
- Portillo, E. & Villasmil, R. (2014).** *Características sensoriales del cacao criollo (Theobromacacao L.) de Venezuela en función del tratamiento post cosecha*. Tesis de Universidad de Venezuela.
- Quevedo, G. (2017).** *Efecto del pre-secado sobre el porcentaje de fermentación y calidad sensorial del licor de cacao (Theobroma Cacao L.)* tesis de universidad de Ecuador.
- Ramos, G. (2006).** *Prácticas de fermentado y secado para aumentar la calidad del cacao: Producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales*. UTEQ-INIAP. Ecuador.
- Rivera et al. (2012).** *Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (Theobroma Cacao L.) tipo nacional*. Ciencia y Tecnología. Ecuador.
- Romero et al. (2010).** *Identificación varietal de 41 plantas seleccionadas de cacao (Theobroma cacao L.) provenientes de cuatro cultivares distintos de la región amazónica ecuatoriana, mediante el uso de marcadores microsatélites*. Ecuador.
- Sánchez, P. (1995).** *Caracterización del sistema de producción de cacao (Theobroma cacao L.)*. Estación Experimental de Cagua, Estado de Miranda. Venezuela.
- TECHNOSERVE. (2016).** *Manejo de post cosecha de cacao*. Metodología DPC para fermentación de cacao. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico de fermentación de variedades de cacao



Foto 1. Cosecha selectiva de CCN-51



Foto 2. Cosecha selectiva de VRAE-99



Foto 3. Ecurrido 24 horas



Foto 4. Pre secado según cada tratamiento



Foto 5. Fermentación de variedades de cacao



Foto 6. Secado de tratamientos

Anexo 2. Evaluación de parámetros físicos y químico de variedades de cacao



Foto 7. Evaluación de temperatura



Foto 8. Evaluación de cambios externos



Foto 9. Evaluación de cambios de textura



Foto 10. Evaluación de cambios internos



Foto 11. Evaluación de contenido de azúcar



Foto 12. Evaluación de pérdida de peso

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
TESIS

**Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la
calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Llochegua, Huanta 2021**

Expedito : 13 de diciembre de 2022

Sustentado : 16 de febrero de 2023

Calificación : Muy bueno

Jurados :



M.Sc. FRANCISCO CONDEÑA ALMORA
Presidente



Dr. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO
Miembro



M.Sc. JUAN ANIBAL GALINDO GALINDO
Miembro



Ing. HAROLDO SATALAYA REATEGUI
Asesor



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

TRANSCRIPCIÓN DE ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL LIBRO N° 01 FOLIO 060 y 061, DE LA EX-ALUMNA CYNTHIA VANESSA DELGADILLO AGUILAR, DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL, PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AGROFORESTAL

En la ciudad de Ayacucho a los dieciséis días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, siendo las once horas con cinco minutos, se reunieron en el auditorio virtual de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Dr. Rolando Bautista Gómez, el jurado calificador conformado por los siguientes docentes: M.Sc. Francisco Condeña Almora, Ing. Haroldo Satalaya Reategui como asesor, Dr. José Antonio Quispe Tenorio, y el M.Sc. Juan Aníbal Galindo Galindo, actuando como secretario docente el Mtro. Ennio Chauca Retamozo.

La sustentante **CYNTHIA VANESSA DELGADILLO AGUILAR**, a pedido del señor Decano, procedió a desarrollar el contenido de la Tesis titulada: **Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Llochegua, Huanta 2021**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Terminado la exposición, los señores profesores miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones que consideraron convenientes en el orden que señaló el Decano de la Facultad.

Acto seguido el Decano de la Facultad, informa públicamente al sustentante el resultado final, obteniendo la nota aprobatoria de **Quince (15)**, felicitándole e instándole al profesionalismo que todo egresado de Nuestra Casa de Estudios debe demostrar en el desempeño de sus funciones.

Ayacucho, mayo 18 de 2023

Mtro. Ennio Chauca Retamozo
Secretario docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hacen constar que el trabajo titulado;

Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) Llochegua, Huanta 2021

Autor : Cynthia Vanessa Delgadillo Aguilar

Asesor : Haroldo Satalaya Reátegui

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **diecinueve por ciento (19%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2090364254

Ayacucho, 11 de mayo de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

M. Sc. Walter A. Mateu Mateo
Pdte. Comisión Turnitin - FCA

Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) Llochegua, Huanta 2021.

por Cynthia Vanessa Delgadillo Aguilar

Fecha de entrega: 11-may-2023 07:58a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2090364254

Nombre del archivo: TESIS_CYNTHIA_DELGADILLO.docx (13.54M)

Total de palabras: 23337

Total de caracteres: 113822

Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) Llochegua, Huanta 2021.

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

16%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	15%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1%
6	vsip.info Fuente de Internet	<1%
7	zdocs.mx Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1%

9

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

10

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

11

Aguilar-Medel, Sotero, Lagunes T., Angel, Ortíz U., Margarita, Robles-Bermúdez, Agustín, Rodríguez M., J. Concepción, Santillán-Ortega, Candelario, Silva A., Gonzalo and Tapia V., Maritza. "TOXICITY OF BOLDO *Peumus boldus* MOLINA FOR *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY AND *Tribolium castaneum* HERBST", Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, 2012.

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo