



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGRONOMÍA

TESIS DE GRADO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TÍTULO:

CARACTERIZACIÓN FÍSICO SENSORIAL DEL CACAO (*Theobroma cacao Linneo.*) PROVENIENTE DE TRES GENOTIPOS DE LA COLECCIÓN ARPROCAT (CAT), ZARUMILLA-TUMBES

AUTORES: VÍCTOR WILLIAM ROJAS LUJÁN
ABIMEL LÓPEZ GARCÍA

TUMBES – PERÚ
2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGRONOMÍA

TESIS DE GRADO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TÍTULO

CARACTERIZACIÓN FÍSICO SENSORIAL DEL CACAO (*Theobroma cacao Linneo.*) PROVENIENTE DE TRES GENOTIPOS DE LA COLECCIÓN ARPROCAT (CAT), ZARUMILLA-TUMBES

AUTORES: VÍCTOR WILLIAM ROJAS LUJAN
ABIMEL LÓPEZ GARCÍA

TUMBES – PERÚ
2019

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Nosotros, **Víctor William Rojas Lujan y Abimel López García** declaramos que los resultados reportados en esta tesis, son producto de nuestro trabajo con el apoyo permitido de terceros en cuanto a su concepción y análisis. Asimismo, declaramos que hasta donde sabemos no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de citas y con propósitos exclusivos de ilustración o comparación. En este sentido, afirmamos que cualquier información presentada sin citar a un tercero es de nuestra propia autoría. Declaramos, finalmente, que la redacción de esta tesis es producto de nuestro propio trabajo con la dirección y apoyo de nuestros asesores de tesis y nuestro jurado calificador, en cuanto a la concepción y al estilo de la presentación o a la expresión escrita. -

VÍCTOR WILLIAM ROJAS LUJAN

ABIMEL LÓPEZ GARCÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"
SECRETARÍA ACADÉMICA
TUMBES - PERU



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

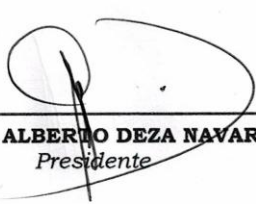
En Tumbes, a los DIEZ días del mes de ABRIL de dos mil dieciocho, se reunieron en los ambientes de la Facultad de ciencias agrarias, los integrantes del jurado designados con resolución N° 044-2015/UNT-FCA (10/08/2015) con Aprobación del Proyecto de Tesis, según Resolución Decanal N° 081-2016/UNT-FCA (18/05/2016); y modificado mediante Resolución Decanal N° 37-2019-UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (10/04/2019) con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: "**Caracterización física sensorial del cacao (*Theobroma cacao linneo*) proveniente de tres genotipos de la colección ARPROCAT (CAT) Zarumilla-Tumbes**", para optar el Título de Ingeniero Agrónomo


A las ONCE horas con CINCO minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

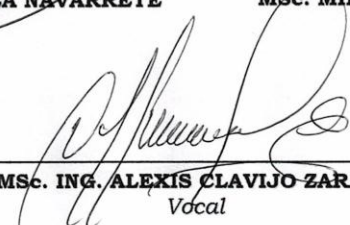
Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de MUY BUENO.

Por lo tanto los Bachilleres, **ABIMEL LOPEZ GARCIA, Y VICTOR WILLIAM ROJAS LUJAN**, quedan aptos para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, les expida el Título Profesional de agrónomo de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las DOCE horas con TREINTA minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.


Dr. CARLOS ALBERTO DEZA NAVARRETE
Presidente


Msc. MILTON VALLADOLID RAMOS
Secretario


Msc. ING. ALEXIS CLAVIJO ZARATE
Vocal

RESPONSABLES

VÍCTOR WILLIAM ROJAS LUJAN

EJECUTOR

ABIMEL LÓPEZ GARCÍA

EJECUTOR

Ing. M Sc. FAUSTINO SANJINEZ SALAZAR

ASESOR

JURADO DICTAMINADOR

Dr. CARLOS A. DEZA NAVARRETE

PRESIDENTE

Ing. Mg. MILTON VALLADOLID RAMOS

SECRETARIO

Ing. Mg. ALEXIS CLAVIJO ZARATE

VOCAL

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	13
2. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	17
2.1 Antecedentes	17
2.2 Origen y clasificación taxonómica del cultivo de cacao	20
2.3 Morfología del cultivo de cacao	23
2.4 Cosecha y pos cosecha del cacao	24
2.5 Tipos genéticos del cacao	28
2.6 Control de calidad	29
2.7 Productos obtenidos de las almendras de cacao industrializadas	32
3. MATERIAL Y MÉTODOS	34
3.1 Materiales, herramientas, equipos e insumos	34
3.2 Lugar y ejecución	35
3.3 Metodología	36
3.3.1 Fase preliminar	36
3.3.2 Fase de campo	36
3.3.3 Factores niveles y tratamientos en estudio	39
3.3.4 Diseño experimental y análisis estadístico	39
3.3.5 Observaciones experimentales	40
3.3.6 Fase de gabinete	42
4. RESULTADOS	43
4.1 Las características físicas de las muestras de granos de cacao	43
4.2 Las relaciones entre el peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación	48

4.3	Comparación del porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación)	51
4.4	Valoración de las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao	54
4.5	Las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao.	56
4.6	Comparación entre las dimensiones de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación)	60
5	DISCUSIÓN	62
5.1	Las características físicas de las muestras de granos de cacao	62
5.2	Las relaciones entre el peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación	64
5.3	Comparación del porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación)	64
5.4	Valoración de las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao	65
5.5	Las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao.	66
5.6	Comparación entre las dimensiones de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación)	67
6.	CONCLUSIONES	69
7.	RECOMENDACIONES	72
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
9.	ANEXOS	77

9.1 Dedicatoria y Agradecimiento	77
9.2 Matriz resumen	78
9.3 Imágenes	79

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo son 1 analizar la interacción entre el peso de los granos secos de theobroma cacao y el tiempo de fermentación en el proceso de pos cosecha en el valle de Zarumilla. 2. evaluar el efecto del peso de los granos secos de theobroma cacao y el tiempo de fermentación en la calidad organoléptica sensorial del licor de cacao en el proceso de post cosecha. Es una investigación experimental con un diseño factorial 3x3, de diseño de bloques aleatorio con arreglo de parcelas divididas. Se aplicó la estadística descriptiva para caracterizar las variables. El análisis inferencial (α : 0,05) incluyó pruebas paramétricas de correlación (Pearson), y de comparación de medias (ANOVA). Las pruebas no paramétricas permitieron conocer la normalidad de los datos (K-S), así como obtener los coeficientes de correlación (Tau de Kendall) y comparar grupos (Kruskall-Wallis). El licor de cacao resultó ser astringente y ácido, con valores intermedios de frutos secos, amargor, dulzura, cacao, nuez, herbales y florales. Las combinatorias por tratamiento parecieran ser un factor que influye en las notas sensoriales menos frecuentes (frutos frescos, maderas y especies). Sin embargo, aún no puede considerarse a los tratamientos realizados como determinantes de la calidad sensorial.

Palabras Clave: Licor de cacao, análisis sensorial, cacao de Zarumilla.

ABSTRACT

The objectives of this work are one. The integration in the weight of dry beans of *Theobroma cacao* and the time of fermentation in the post-harvest process in the Zarumilla Valley. 2. To evaluate the effect of the weight of the cocoa dry beans and the fermentation time on the sensory organoleptic quality of the cocoa liquor in the post-harvest process. It is an experimental research with a 3x3 factorial design, of random block design with arrangement of divided plots. Descriptive statistics applied was to characterize the variables. The inferential analysis (α : 0.05) included parametric correlation (Pearson) and media comparison (ANOVA) tests. The nonparametric tests allowed know to the normality of the data (K-S), as well as to obtain the correlation coefficients (Tau de Kendall) and compare groups (Kruskall-Wallis). The cocoa liquor turned out to be astringent and acid, with intermediate values of nuts, bitterness, and sweetness, cocoa, walnut, herbal and floral. The combinatorias for the treatment seem to be a factor that influences the less frequent sensory notes (fresh fruits, woods and species). However, there still cannot be a treatment performed as determinants of sensory quality.

Key words: Cocoa liquor, sensory analysis, Zarumilla cocoa.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

El cacao (*Theobroma cacao* Linneo) es un cultivo tropical oriundo de la amazonia americana. El cultivo es de interés en el Perú donde se cuenta con condiciones propicias para su desarrollo. La región Tumbes ha destacado por la producción de granos de alta calidad por su sabor y aroma.

Actualmente, la producción de cacao en nuestra región se encuentra distribuida en las provincias de Tumbes a ambos márgenes del Río Tumbes y en Zarumilla, que abarca los sectores de Cuchareta, Uña de Gato, Papayal, Matapalo y La Palma y cuenta con 158.2 hectáreas cultivadas de cacao, en 291 unidades agropecuarias (MINAGRI, 2016), las cuales se observan en su mayoría asociadas con banano, y el 80% de sus propietarios se encuentran organizados a través de la Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes los cuales acopian su producto en forma centralizada y lo venden a los mercados especiales internacionales (orgánico y comercio justo), manejando un criterio de calidad.

La calidad es un factor muy importante en la exportación de productos, y el cacao no es ajeno a esto, ya que por ello hay diferenciales de precio, donde nichos de mercados especiales se interesan y vienen a los campos de cultivos a ver *in situ* la materia prima con la que ellos van trabajar sus chocolates. Sin embargo, la diversidad existente de las plantaciones en colores, sabores, formas y tamaños hacen de cada planta que su perfil sensorial sea diferente. Debido a esto los compradores extranjeros han hecho requerimientos para mejorar y uniformizar la calidad existente ya que actualmente no se realiza un proceso post cosecha diferenciado por tipos grano, ni se consideran los efectos en la calidad del producto (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú, 2015).

Por tal motivo, teniendo en cuenta lo antes mencionado se ha planteado el presente trabajo investigación que tiene como propósito conocer el efecto sobre tres tipos de clones del comportamiento de variables como el peso de los granos de cacao (calibre) y los días de fermentación, con miras a explorar la calidad organoléptica del cacao. En términos de producción conviene determinar el método óptimo de fermentación de acuerdo al peso de los granos ya que no existe en la región un protocolo que indique la metodología del proceso de fermentación según calibre, la cual contribuiría a mejorar la calidad organoléptica y obtener nichos de mercados especializados en este tipo de producto.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto del peso de los granos secos de *Theobroma cacao* L., y el tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del licor de cacao en el proceso de post cosecha en el valle de Zarumilla?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales:

- Analizar la interacción entre el peso de los granos secos de *Theobroma cacao* L., y el tiempo de fermentación en el proceso de post cosecha en el valle de Zarumilla.

- Evaluar el efecto del peso de los granos secos de *Theobroma cacao* L., y el tiempo de fermentación en la calidad organoléptica sensorial del licor de cacao en el proceso de post cosecha en el valle de Zarumilla.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Establecer las características físicas de las muestras de granos de cacao objeto de estudio.

- Determinar las relaciones entre peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación.
- Comparar el porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación).
- Valorar las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao.
- Determinar las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao.
- Comparar las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación).

1.4 Hipótesis.

La combinación del calibre (peso de los granos secos) y días de fermentación en el proceso de post cosecha de cacao definirá la calidad sensorial y organoléptica del licor de cacao en el valle de Zarumilla.

1.5 Justificación

Desde el punto de vista agro-productivo este trabajo se justifica porque procura generar conocimiento sobre uno de los rubros bandera de exportación del estado peruano. El cacao tiene un potencial destacado y aún hay una demanda insatisfecha en el mercado internacional sobre todo del cacao fino de aroma, donde Tumbes y Zarumilla están construyendo una tradición de cultivo.

En relación a las técnicas de investigación, el trabajo responde a la necesidad de contar con protocolos de investigación y desarrollo de la actividad productiva

del cacao en una zona donde el empirismo ha marcado las pautas del accionar, limitando esto la calidad del producto final.

En términos sociales el trabajo pone de manifiesto el trabajo que se viene realizando por parte de pequeños productores de comunidades rurales en cuanto a la producción de un rubro que permite el emprendimiento local e incorpora a las familias y a la pequeña empresa en las actividades económicas que promueve el estado peruano.

El trabajo favorecerá la apertura de una línea de investigación dentro del área de agronomía en la Universidad Nacional de Tumbes, como un espacio académico de proyección y vinculación entre el estado, la empresa privada y la comunidad.

2. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

El cacao es un producto de demanda mundial debido a su condición de materia prima para producir chocolate. La expansión de este producto ha generado una demanda significativa del mismo, el cual se comercializa en distintas presentaciones para satisfacer los gustos de la amplia clientela mundial. Mucho influye en su comercialización la presencia y demanda por parte de productores de chocolate radicados en el continente europeo, constituyendo esta región el mercado más importante en cuanto a demanda y consumo. A pesar de que el producto es originario de América, su cultivo se ha expandido a África y Asia, constituyéndose esta última región en un mercado emergente apetecible por las características poblacionales de China, la India y el resto del sudeste asiático (Enríquez, 1985)

El MINAGRI (2017), señala que para noviembre del 2017 el Perú había exportado aproximadamente 120 mil toneladas de cacao seco, siendo uno de los principales rubros de exportación agrícola. Se ha reportado Barrientos (2015), Guimac (2017), que el comercio exterior del cacao producido en Perú se ve favorecido debido a las dificultades que tienen los productores africanos, y al desarrollo del mercado internacional chino y de la India.

Según la Organización Internacional del Cacao (ICCO), se estima que hasta el 2023 la demanda de cacao no estará en equilibrio con su producción, lo cual genera una brecha que debe aún ser satisfecha por productores de los tres continentes. El Perú cuenta con condiciones ambientales para el cultivo de una amplia variedad de tipos de cacao que ha estimulado iniciativas público-privadas, donde destaca el proyecto de producción y posicionamiento de cacao fino de aroma (CFDA), así como el estímulo a emprendimientos que provoquen el desarrollo de una cultura y empresa cacaotera que garantice la responsabilidad social y ambiental en sus operaciones y que contribuyan, por un lado, a colocar al país como uno de los líderes internacionales de la producción cacaotera, y por otro, a favorecer las condiciones de vida de los

productores a través de un modelo de negocio sostenible y alternativo (Morales *et al.*, 2015).

Fuentes oficiales del Ministerio de Agricultura y Riego (2016), señalan que el Perú es el segundo exportador de cacao orgánico a nivel mundial, destacando por el principal exportador de cacao fino de aroma, producto este que es procesado en Tumbes, Huánuco y Amazonas; el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú (2015) ubica las zonas más importantes de producción en los departamentos de Cusco, San Martín, Ayacucho, Ucayali y Junín, los cuales agrupan el 82% del total de la producción del país; el eje Piura y Tumbes que agrupa el 18%.

La producción de licor de cacao incluye varios procesos donde algunas variables y sus relaciones resultan de particular interés. En cuanto a la variedad del tipo de cacao, se ha determinado que incide en las características químicas (Kongor *et al.*, 2016).

También han sido reportadas las interacciones entre la variable temporal y las condiciones ambientales y el proceso de fermentación (Portillo, Graziani, y Cros, 2006); (Kadow, Bohlmann, Phillips y Lieberei, 2013).

Loureiro *et al.*, (2017), identificaron la influencia de las variables físicas y químicas en la fermentación de los granos de cacao. Se ha observado que al aumentar los días de fermentación se incrementa la probabilidad de aumentar el porcentaje de granos fermentados, mientras que la presencia de granos de cacao con coloración violetas desciende (Rivera *et al.*, 2012).

Espinoza (2011), observó que el porcentaje de humedad del grano y la acidez disminuyen con el uso del cajón de madera en comparación con el costal de yute y montón libre.

Investigaciones previas establecen la influencia del tiempo sobre el nivel de fermentación y el perfil sensorial (Portillo *et al.*, 2006), encontrándose períodos óptimos de fermentación en clones trinitarios en intervalos que oscilan de 3 a 6 días (Mayorga-Gross, Quirós-Guerrero, Fourny, y Vaillant, 2016); (Puchaicela, 2016).

Carrillo (2011), encontró que el tiempo de fermentación y el secado solar determinan la calidad sensorial del licor de cacao obtenido. Reportó que la calidad sensorial depende del fermentado y secado de los granos. Recomendó que el cacao analizado debe ser fermentado durante siete días y secarse por asoleamiento para alcanzar diferencias sensoriales propicias.

Las características sensoriales han estado relacionadas con las remociones en el proceso de fermentación, las cuales originan respuestas heterogéneas en el perfil sensorial resultante del cacao (Liendo, 2015); (Portillo *et al.*, 2006).

Álvarez (2018) estudió el cacao fino de aroma en la región de San Martín, provincia de Mariscal Cáceres, distrito de Campanilla, con el objetivo de estandarizar el proceso de fermentación de clones de cacao fino de aroma (ICS 1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565) a partir de la interacción de variables, como el tiempo de fermentación (5, 6 y 7 días), modelo de remoción (A, B y C) y el porcentaje (%) de fermentación. Se observó que el nivel de fermentación depende del modelo de remoción, obteniéndose una mejor respuesta en el modelo de remoción C, de igual forma la evaluación sensorial alcanzó niveles significativos en las puntuaciones del catador. Reporta este trabajo mayores puntuaciones de calidad a los 5 y 7 días de fermentación, aspecto este que también incide en la acidez del licor.

Los hallazgos de Álvarez (2018) difieren de los resultados de Liendo (2015), quien observó un tiempo de fermentación óptimo de 48 y 72 horas y de

remoción cada 24, 48 y 72 horas, los cuales tienen efectos significativos sobre las características sensoriales: acidez, amargo, astringencia, afrutado, nueces, caramelo/malta/dulce, crudo/verde. También determinó la influencia significativa de los volteos en la definición del perfil sensorial y la acentuación de los afrutados y acidez en los volteos de 72 con respecto al de 24 horas.

Mera y Ruíz (2015), resaltan la asociación entre el perfil sensorial del cacao y el proceso fermentativo de las almendras, mientras que Morales et al., (2015) determinaron que la calidad de la semilla que se utilizó y el manejo del proceso condicionan la fermentación del grano. Cuando ésta es intermedia afecta variables del perfil sensorial como son la acidez, el amargo y la astringencia (Quintana-Fuentes, Gómez-Castelblanco, García-Jerez y Martínez-Guerrero, 2016).

Kadow *et al.*, (2013) se ha reportado que cambios en la etapa de fermentación están asociados al perfil de sabor y a variaciones en la coloración púrpura pálida (etapa sin fermentar) a marrón (fermentación completa). También las formas de procesamiento y su influencia en las propiedades sensoriales han sido estudiadas.

Álvarez *et al.*, (2018) evaluaron tres formas de procesamiento (artesanal, semi-industrial y artesanal refinado), y observaron mediante un panel de catadores que se registraron diferencias significativas entre los licores, salvo en el amargor, acidez y sabor a nueces, favoreciendo el procesamiento artesanal en la acentuación de las características del licor obtenido.

2.2 Origen y Clasificación Taxonómica del Cultivo de Cacao.

2.2.1 Origen del Cultivo de Cacao.

Enríquez (1985), manifiesta que el cacao es una planta originaria de América donde se encuentra entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, situándose su posible origen en la amazonia. Actualmente es cultivado en la mayoría de los

países tropicales, en una zona comprendida entre los 20° de latitud norte y los 29° de latitud sur.

2.2.2 Clasificación taxonómica del cultivo de cacao.

Enríquez (1985), indica que se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Dilliniidae.
Orden	:	Malvales.
Familia	:	Sterculiaceae.
Subfamilia	:	Byttnerioideae.
Género	:	Theobroma
Espécie	:	Cacao.

2.2.3 Requerimientos edafo-climáticos.

Paredes (2003), destaca los siguientes factores en el cultivo del cacao:

2.2.3.1 Precipitación.

El cacao se ubica en zonas pluviosas donde precipitan entre 1.600 mm y 2.500 mm. El déficit o exceso de precipitaciones perjudica la cosecha de cacao.

2.2.3.2 Temperatura.

La temperatura promedio en el año debe ser cercana a los 25°C. Valores que superen los 30° c o se ubiquen por debajo de 20° perjudican a la planta afectando así la cosecha.

2.2.3.3 Viento.

Junto a la temperatura, éste influye en la velocidad de evapotranspiración y pérdida de agua en el suelo y hojas de la planta. Velocidades altas (4 m/s) o ráfagas favorecen la caída prematura de hojas. Es recomendable que la velocidad de viento sea de 1 a 2 m/s.

2.2.3.4 Altitud.

El cultivo de cacao se da desde los 0 msnm hasta los 800 metros de altitud, registrándose cultivos cercanos al ecuador en altitudes mayores que van de los 1.000 a 1.400 m.s.n.m.

2.2.3.5 Luminosidad.

La insolación y la intensidad lumínica inferior al 50% del total de luz inhibe los rendimientos, a su vez, mayores valores de luminosidad los favorece.

2.2.3.6 Suelo.

Los suelos propicios para el cacao son los que tienen una textura franca, profundos, lixiviados, con buen contenido de materia orgánica y de buen drenaje. En suelos de textura arenosa no se retiene la humedad necesaria para la planta.

2.2.3.7 Drenaje.

El drenaje recomendado se asocia a la textura franca, donde hay retención de humedad sin llegar a inundarse. Las texturas arcillosas favorecen la retención de agua y perjudican a la planta.

2.2.3.8 PH del suelo.

El cacao tiene capacidad de adaptación a las condiciones de pH, encontrándose en suelos ácidos y alcalinos que oscilan entre 4.5 y 8.5.

2.2.3.9 Materia orgánica.

A la planta de cacao le conviene desarrollarse en suelos ricos en materia orgánica de manera de facilitar la obtención de nutrientes.

2.2.3.10 Topografía.

Pendientes inferiores al 15% favorecen el desarrollo de la planta y limitan la erosión laminar que hace el lavado de nutrientes del suelo.

2.3 Morfología del cultivo de cacao (Guía Metodológica del Cacao en la Región Tumbes, 2009).

El árbol de cacao alcanza alturas que van de los 4 a los 8 metros, registrándose alturas que alcanzan los 10 metros. El diámetro del follaje abarca de 7 a 9 metros. El tronco es recto.

2.3.1 Sistema radicular.

La planta cuenta con una raíz principal y tiene abundantes raíces secundarias en los primeros 30 centímetros del suelo, y pueden llegar con frondosidad hasta los 1,5 m.

2.3.2 Hojas.

Presenta hojas sencillas y completas de peciolo corto, con dimorfismo foliar según la edad de la hoja siendo las más jóvenes de color variable desde café claro, morado rojizo y verde pálido y luego adquieren el color verde característico de una adulta.

2.3.3 Tallo y ramas.

Hardy (1961), sostiene que la anatomía del tallo joven se parece a las raíces mostrando etapas más similares de desarrollo, tan en los chupones como en las ramas de abanico.

2.3.4 Flores.

Las flores son pequeñas y se dan en pequeños racimos. Se abren después del mediodía y están dispuestas para ser fecundadas durante las 24 horas

siguientes. El cáliz tiene coloración rosada y son largos los pétalos. Los insectos favorecen la polinización entomófila por lo que se recomienda no realizar quema de productos vegetales dentro de la parcela.

2.3.5 Fruto.

Tiene variabilidad forma, color y tamaño, asumiendo forma de baya, con dimensiones que oscilan entre los 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, cuya textura de la cáscara y color varían según la variedad. El fruto tiene una pared gruesa, y en el interior se alojan 5 celdas que alojan entre 20 a 50 semillas por baya, las cuales son aplanadas o redondeadas, con coloraciones café, blanco, morado. El sabor puede ser ácido, dulce o amargo y depende de la variedad.

2.3.6 Semilla.

Hardy (1961), indica que la semilla del cacao está cubierta por una pulpa ácida azucarada. En una mazorca hay de 20 a 50 almendras cuyo tamaño y su forma varían de acuerdo al tipo de cacao. En el cacao criollo las almendras varían de 3 a 4 cm de largo, son casi ovaladas y son de color blanco y violeta. En el cacao Calabacillo son pequeños de 2 a 3 cm, aplanadas y de color púrpura. La mayor parte de la semilla está constituida por dos cotiledones convueltos que tienen grasa, sustancias alcaloides y taninos que al alterarse dan origen al aroma del chocolate manufacturado.

2.4 Cosecha y pos cosecha del cacao.

2.4.1 Cosecha del cultivo de cacao

2.4.1.1 Cosecha de mazorcas de cacao.

Para conseguir una buena calidad de grano, es importante que los frutos alcancen su madurez total. Un fruto pintón o semi-maduro es aquel fruto que se encuentra en proceso de maduración. Las almendras provenientes de estos frutos provocan una fermentación no uniforme obteniéndose un alto porcentaje de frutos violetas y medianamente fermentados los que originan sabores amargos o licores de cacao planos.

Las almendras de los frutos verdes no han completado su maduración. Estos granos al pasar por el proceso de fermentación, tienen dificultades para alcanzar la temperatura óptima terminando el proceso de fermentación con granos con alto porcentaje de pizarrosos y violetas, los que dan sabor astringente al licor de cacao.

En las almendras de los frutos sobre maduros, el embrión inicia la germinación en el interior de fruto, por lo que al desprenderse la radícula deja un agujero que permite el ingreso de hongos, lo que constituye una condición indeseable que no pasa el control de calidad, produciéndose un cacao para el descarte.

2.4.1.2 Quiebre de mazorcas de cacao.

El Instituto de Cultivos Tropicales (2004), indica que la quiebra es el segundo paso en el beneficio del cacao, que consiste en fracturar los frutos y sacar los granos de cacao. Para hacer más sencillo el proceso, se procede a realizarla en los cinco días posteriores a la cosecha. Para partir los frutos se puede utilizar de preferencia un machete pequeño (aproximadamente de 30 cm.), con poco filo, acondicionado especialmente para esta labor. También se puede usar un mazo de madera para partir el fruto con un golpe.

El corte se realiza a lo largo y con mucho tino para no malograr los granos. Luego se separan los granos de la placenta y se colocan en costales o baldes plásticos para ser transportados el mismo día a los cajones donde se llevará a cabo el proceso de fermentación. Los granos obtenidos en días diferentes no deben ser mezclados, para que la fermentación no se realice de manera no uniforme (Instituto de Cultivos Tropicales, 2004).

2.4.2 Pos Cosecha de cacao

2.4.2.1 Fermentación de granos de cacao.

Rufino (2012), sostiene que la fermentación corresponde a la acción bioquímica que experimentan los granos frescos del cacao por la actuación de diversas enzimas resultante de la participación de microorganismos, con el propósito de obtener un sabor y aroma típicos chocolate. El proceso bioquímico contribuye a eliminar mucilago azucarado que rodea las almendras. La acción del ácido junto a la temperatura fisura los tejidos de manera que muere el embrión e inicia el desarrollo de los compuestos precursores del sabor. Este proceso bioquímico favorece el secado del grano, lo que contribuye a soltar la cáscara, mejora la conservación y prolonga el almacenamiento. El proceso de fermentación pasa por dos etapas.

A. La transformación del azúcar del mucilago en alcohol y anhídrido carbónico.

La pulpa en condiciones iniciales anaeróbicas, pH bajo y alta concentración de azúcar, comienza a ser afectada por la actividad de las levaduras dando inicio a la fermentación y al cambio del azúcar en alcohol y CO₂. Seguidamente las condiciones aeróbicas contribuyen para que las bacterias transformen el alcohol en ácido láctico y luego en ácido acético.

B. Reacciones al interior de los cotiledones controladas por enzimas.

Estas sustancias desarrollan precursores de aroma y sabores características de cada tipo de cacao. Este paso se concluye durante el secado.

Paredes (2004), menciona cuatro procedimientos para la fermentación del cacao. Entre las más usadas tenemos:

a) Fermentación en sacos.

Se utilizaron sacos de polipropileno y dentro se colocan las semillas frescas de cacao y se cierran, para dejarlos fermentar en el piso. Este procedimiento desmejora la calidad y los granos obtienen coloraciones violetas y pizarrosas.

b) Fermentación en rumas o montones.

Las almendras de cacao se disponen en rumas sobre el piso y sobre ellas se posicionan hojas de plátano que conservan el calor para la muerte del embrión y facilitan el drenado del exudado. También se pueden utilizar sacos de yute. Las rumas se deben exponer al sol y se hacen remociones a intervalos de 48, 72 y 96 horas para obtener buena fermentación del cacao. El proceso se puede extender por 5 días.

c) Fermentación en cajones.

Las almendras frescas se ubican en cajones de madera por un lapso de 5 días. Estos se tapan con sacos plásticos y de yute para mantener el calor producido por la fermentación. Se recomienda que la capa de granos frescos no pase de los 70 cm.

2.4.2.2 Secado de cacao fermentado.

Rufino (2012), manifiesta que al final la fermentación las almendras de cacao registran una humedad de 60% y resulta necesario hacer que baje al 7 u 8 % para su mejor conservación y almacenado, es necesario poner las almendras a los secadores para reducir progresivamente la humedad.

El secado apunta a tres objetivos:

- a) Disminuir el contenido de humedad de las almendras desde un 60% hasta un 7 u 8%.
- b) Continuar con las reacciones de oxidación de los poli-fenoles, importantes para la calidad del grano.
- c) Evitar el crecimiento de hongos que puedan originar sabores indeseables en las almendras durante la etapa de almacenamiento.

2.4.2.3 Selección de cacao seco

El Instituto de Cultivos Tropicales (2004) señala que de los granos secos se elimina la tierra y las partes sueltas de la cáscara y los granos quebrados.

Se utilizan tamices en serie y los granos pasan a través de ellos, seleccionándose por su tamaño, mientras un flujo de aire caliente elimina las impurezas.

2.4.2.4 Almacenamiento

Cros (2000) menciona, si no es realizado el almacenamiento del cacao en perfecta condición todo el esfuerzo realizado en obtener un producto de calidad puede echarse a perder. El cacao es altamente higroscópico, es decir absorbe la humedad con suma rapidez. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, en medios menores de 75% de humedad relativa. Cuando la almendra seca es almacenada en ambientes con 95% de humedad relativa en 10 días puede superar el 15% de humedad. Como en la selva alta se tiene humedad relativa por encima del 90%, es necesario sacar las almendras cada cierto tiempo para evitar la infestación de mohos.

2.4.2.5 Calidad de grano.

Arévalo *et al.*, (2004) indica que la calidad de granos de cacao, está en función al proceso de cada uno de las etapas del beneficio; si estas son buenas se obtendrá un cacao rico en materias grasas y libre de granos defectuosos, en consecuencia, un cacao de calidad con excelente sabor y aroma chocolate enmarcado dentro de los requisitos exigidos por los mercados.

2.5 Tipos genéticos del cacao.

Adriazola (2003) precisa que se han caracterizado tres tipos de cacao:

2.5.1 Criollos.

Se obtienen de plantas pequeñas o medianas, de poco diámetro en cuanto al follaje, presentando pequeñas hojas gruesas. Los frutos resultan ovalados con surcos primarios separados (10). El pericarpio tiene rugosidad pudiendo ser delgado o grueso. Los cotiledones tienen coloración blanquecina o están suavemente pigmentados, siendo sensibles a las plagas y enfermedades.

2.5.2 Forasteros.

Su origen se ubica en la amazonia y las plantas son frondosas con hojas pequeñas y extensas. Los frutos tienen forma amelonada y superficie sin rugosidad con surcos ligeramente separados, de color verde blanco. El color del cotiledón es morado y es más resistente a las enfermedades.

2.5.3 Trinitarios.

Surge como producto del cruce natural del cacao criollo y forastero. Los frutos tienen formas amelonadas.

2.6 Control de calidad

2.6.1 Análisis físico.

INDECOPI – NTP (2006-2008) define los indicadores para el análisis físico del grano de cacao, y establece la siguiente lista:

Tabla N° 1: Indicadores de calidad del grano de cacao.

Características	Descripción
Color	Uniforme, de pardo claro a marrón oscuro
Olor	Exento de olores extraños como ahumado
Calibre	> 1.25 g x cada grano
Tamaño	Uniforme de los granos
Humedad (% máximo)	7,5
Cáscara (% máximo)	12
Impureza visible (% máximo)	2
Granos mohosos (% máximo)	3 a 4
Granos germinados (% máximo)	3 a 6

Granos picados (% máximo)	3 a 6
Granos partidos (% máximo)	3 a 6
Granos violáceos	15

Fuente: NTP – INDECOPI (2006)

La NTP-ISO-2451-2006, contiene los conceptos de cacao y los grados como muestra el cuadro.

Tabla N°2: Clasificación de los granos de cacao por Grados I y II

Grado	PORCENTAJE DE GRANOS			
	Mohosos	Pizarrosos	Dañados por insectos, germinados o planos	Calibre
1	3	3	3	> 1.25
2	4	8	6	< 1.25

Fuente: NTP – INDECOPI (2006)

2.6.2 Métodos para determinar la calidad del cacao. La calidad del cacao depende de las valoraciones físicas del grano seco y de su sabor y olor. Se utilizan los siguientes métodos:

2.6.2.1 Evaluación del sabor y color (Características organolépticas):

se valora sensorialmente el color y el olor del cacao en grano.

2.6.2.2 Humedad. Se realiza su determinación mediante la aplicación de la NTP-ISO 2291-2006, donde indica colocar una cantidad de muestra y colocarla en estufa a 105°C por un lapso de 16 horas. Luego de este tiempo sacar de la estufa y colocar en el desecador, se debe dejar enfriar y pesar para posteriormente sacar la relación de la humedad por diferencia de peso. En campo lo más práctico, pero no muy preciso, es utilizar los detectores de humedad mecánicos.

Por lo general los granos son secados al sol ya sea en cubiertas de polipropileno, madera o láminas de cemento. Después de los 5 días se procede a medir la humedad con ayuda de un higrómetro y ésta debe estar en 7.5%. Si es más tendríamos problemas de humedad en almacén y si es menos se perderá peso y se quebraran los granos al momento del transporte.

2.6.2.3 Índice de Cáscara. Resulta de la diferencia de pesar la muestra seca y luego de separar la cáscara. Se puede expresar en porcentaje.

Manualmente se puede determinar la índice cáscara, pesando 10 gramos de granos de cacao, para luego sacarles la cáscara la cual más adelante se pesará y por regla de tres simples se obtendrá el porcentaje de cáscara que existen en los granos en evaluación. El índice de cáscara es la cantidad de cáscara que obtenemos en 1 kg de granos cacao.

2.6.2.4 Determinación de calibre e índice de almendras.

Determinación de calibre.

Consiste en pesar 100 granos y cuantificar el peso de estos y luego se divide el peso entre 100 para determinar el peso de cada grano. Es decir, el calibre del grano es el peso de cada grano, solo que para mayor precisión se toma 100 granos y el peso que se obtiene se divide entre los 100 granos pesados.

Parámetros de grano Perú INDECOPI, 2008 - NTP 208.040

Para el cacao grado 1, el peso de 80 granos debe tener un peso mínimo de 100 gramos.

2.6.2.5 Impurezas visibles.

INDECOPI, 2008 - NTP 208.040 Indica el % de agentes ajenos de cualquier tipo que están presentes en una muestra de 1 Kg de almendras de cacao. Se retiran las impurezas visibles y se procede a pesar para

establecer la diferencia con respecto al momento previo de la extracción y calculándose el % correspondiente porcentaje.

2.6.2.6 Pruebas de corte para controlar calidad.

INDECOPI – NTP (2006) menciona que en la muestra sin impurezas se separa los granos mohosos externamente, granos germinados, granos picados por insectos y granos partidos. Para verificar cada uno de los defectos se cortan longitudinalmente por su centro para exponer la superficie máxima de los cotiledones. Se examinan las dos mitades de cada grano a plena luz del día y se clasifica de acuerdo a sus defectos. Se continúa el corte, con el resto de los granos para determinar los granos pizarrosos y granos violáceos. Cada uno de los defectos se expresa en forma porcentual.

2.6.2.7 Análisis sensorial.

Jiménez (2006) manifiesta que es una técnica reproducible para identificar, cuantificar y describir las características de un producto y determinar su calidad sensorial y organoléptica. Es una disciplina de los panelistas para medir, analizar e interpretar las reacciones de las características de los alimentos percibidos por los órganos de los sentidos, para determinar el sabor y aroma.

2.7 Productos obtenidos de las almendras de cacao industrializadas

2.7.1 Licor de cacao

Gaitán (2005) manifiesta, que el licor de cacao es el producto base derivado del proceso de industrialización del grano de cacao, a partir del cual, por procedimientos físicos y químicos, se obtiene la manteca de cacao y la pasta o torta de cacao. El cacao en polvo se obtiene por la molienda de la pasta o torta de cacao. El proceso de generación del licor de cacao se inicia con la limpieza y selección de los granos de cacao en tamaños homogéneos. Seguidamente se procede a la torrefacción de los granos, para luego efectuar la molienda. Posterior al enfriamiento y solidificación se obtiene el chocolate amargo. Sí se

combina con azúcar se forma chocolate dulce, y añadiendo leche resulta chocolate con leche. Parte de su grasa se elimina con una prensa hidráulica.

2.7.2 Manteca de cacao.

La grasa obtenida del licor de cacao se denomina manteca de cacao. La manteca pura es obtenida a partir del licor de cacao a través del uso de una prensa horizontal. El contenido de grasa en el grano de cacao está influenciado por el genotipo y puede variar entre 48 a 60%. El nivel de precipitaciones recibidas por la planta influye también en el contenido de la grasa. Mientras más altas sean las temperaturas durante el período de formación de los frutos, madurarán en menor tiempo y sus semillas serán más pequeñas. Esto afecta también el contenido de manteca de la almendra, que se incrementa en las más pesadas.

2.7.3 Pasta o torta de cacao.

Es el producto resultante de la extracción de la manteca de cacao. El licor de cacao es prensado con el fin de extraer la grasa, quedando una masa sólida llamada Pasta o Torta de cacao. Para producir pastas con diferentes proporciones de grasa, el fabricante controla la cantidad de la manteca extraída a partir del licor. En este punto el proceso toma dos direcciones diferentes. La manteca de cacao es utilizada para la fabricación del chocolate y la pasta prensada de cacao es quebrada en pequeños pedazos y pulverizada posteriormente para formar el cacao en polvo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Materiales, herramientas, equipos e insumos

3.1.2 Materiales

- Cuaderno de campo
- Lapicero, lápiz.
- Papel bond.
- Sacos de polipropileno.
- Cajones de madera
- Bolsas de tela de tul de 25 x 40 cm.
- Vasos Pirex
- Paletas.
- Fundas plásticas.
- Plumones indelebles.
- Papel aluminio.
- Papel toalla.
- Vasos descartables.
- Cucharas descartables.
- Alcohol gel.

3.1.3 Herramientas

- Machete
- Navaja de corte.
- Tijera tipo pico de loro.

3.1.4 Equipos.

- Balanza de precisión.
- Cámara fotográfica.
- Computadora.
- Guillotina.
- Termómetro.
- Higrómetro.
- Tostadora

- Descascarilladora.
- Conchadora.
- Refrigeradora.

3.1.5 Insumos.

- Granos de cacao.
- Galletas.
- Cucharas descartables
- Agua.

3.2 Lugar y ejecución.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes ARPROCAT.

3.2.1 Ubicación política.

- Región: Tumbes.
- Provincia: Zarumilla.
- Distrito: Papayal.
- Villa: Uña de Gato.

3.2.2 Ubicación geográfica.

La región Tumbes se ubica en el extremo noroeste del Perú en una zona completamente tropical, a una latitud de 03° 34´ S, una longitud 80° 27` O y una altitud de 36 msnm. Limita con el oeste y norte con el océano Pacífico, por el sur con Piura y con el este con Ecuador. Tiene una temperatura media mensual que varía entre los 23°C y 26°C, y las precipitaciones anuales oscilan entre los 1210 a 1410.7 mm, dependiendo de la influencia de la dinámica de las corrientes oceánicas y El Niño. Su territorio cuenta con una extensión de 4,669 km.

3.2.3 Duración del proyecto

La ejecución se realizó entre los meses de junio 2016 a diciembre de 2018.

3.3 Metodología.

3.3.1 Fase preliminar.

Para realizar este trabajo se hicieron las consultas bibliográficas correspondientes, ya sea en bibliotecas como en internet. También fue necesario coordinar con los productores y dirigentes de la Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes (ARPROCAT) para solicitar el permiso correspondiente para poder efectuar la investigación, ya que se cuenta allí con materiales, instalaciones y equipos que se van a utilizar durante el desarrollo del trabajo.

3.3.2 Fase de campo.

En esta etapa del proceso de cosecha se desarrolló en las parcelas donde se obtuvieron los frutos con las características indicadas para desarrollar el proyecto, y la post cosecha se realizó en el Centro de Acopio de ARPROCAT, donde se llevó a cabo la fermentación, secado y procesamiento del cacao para la obtención del licor, la cual se desarrolló de la siguiente manera:

- **Identificación de Frutos.**

Se identificaron los frutos de genotipos ya identificados dentro de la colección ARPROCAT Tumbes (CAT), como son el CAT- 49, para granos con peso mayor a 2 g; CAT-34, para granos con peso de granos mayor de 1.5 y menor de 2g; y un criollo productivo con el peso de sus granos menor de 1.5 g. por cada grano seco. (Anexo 2 Figura 1)

- **Cosecha de frutos.**

Se realizó en el momento de que la mayoría de los frutos alcancen su madurez fisiológica, con la finalidad de obtener el mejor perfil sensorial de los granos. Estos frutos fueron cortados con tijera de mano con la finalidad de no dañar los cojines florales de las plantas. (Anexo 3, Figura 2)

- **Quiebra de mazorcas.**

Se hizo la quiebra con machete sin filo de uso particular para esta actividad. Se utiliza con el propósito de no dañar los granos y conservar la integridad de ellos y así asegurar la calidad. (Anexo 4 Figura 3)

- **Extracción de granos.**

Solo se extrajeron granos enteros y sanos y colocaron en recipientes por separado destinado para cada muestra conservando la trazabilidad de las mismas. (Anexo 5, Figura 4)

- **Pesado de los granos frescos.**

Se pesaron los granos frescos en una balanza de precisión digital, hasta obtener 1 kg por cada muestra (27 muestras). (Anexo 6, Figura 5)

- **Preparación de muestra fresca.**

Cada muestra se colocó, en bolsas de tela de malla con la finalidad de hacer fermentación en micro lotes, las cuales son llenadas con el cacao fresco pesado donde se adicionó un código escrito con plumón indeleble en cinta masking tape para mantener la trazabilidad. (Anexo 7, Figura 6)

- **Fermentación.**

El proceso de fermentación por lo general dura 7 días en la región Tumbes, pero para efectos de la investigación se han separado los granos de acuerdo al peso y se aplicó este método común más un día antes y un día después de este método, por lo cual las muestras fueron por 6, 7 y 8 días de acuerdo al tratamiento que le correspondía, en los cajones fermentadores que contienen 150 kg. Para lograr la temperatura ideal se realizaron remociones conjuntas entre las bolsas. (Anexo 8, Figura 7)

- **Secado.**

Una vez llegado el tiempo de fermentación indicado para cada muestra se procedió a sacarlas al sol sobre losas de cemento. Se realizaron remociones periódicas cada dos horas por un promedio de 5 días hasta que se alcanzó una humedad óptima para realizar el proceso de almacenado y/o tostado. (Anexo, 9 Foto 8)

- **Medición de Humedad.**

Al quinto día de soleado se procedió a realizar la medición de humedad con la ayuda de un higrómetro, hasta alcanzar 7.5% de humedad en los granos de cada muestra. El proceso de soleado se extiende hasta lograr este porcentaje de humedad. (Anexo 10, Figura 9)

- **Pesado de las muestras.**

Se procedió a pesar las muestras para determinar el rendimiento obtenido en cada una de las muestras lo cual se anotó en un cuaderno de registro para la posterior evaluación estadística. (Anexo 11, Figura 10)

- **Análisis físico.**

Se procedió a realizar la determinación de las características físicas de los granos utilizando el formato de NTP, teniendo en cuenta los siguientes criterios, peso en seco, calibre, olor, color, % de fermentación. (Anexo 12, Figura 11)

- **Análisis Sensorial.**

Una vez obtenido los granos en óptimas condiciones, las muestras se enviaron al Laboratorio de Calidad de la Asociación Peruana de Productores de Cacao-APPCACAO en Lima, con la finalidad de que suministren los resultados del análisis sensorial del licor para cada tratamiento. A partir de allí se obtendrían los resultados finales que determinen las condiciones de la calidad de los granos y de esta manera se pueda determinar cuál es el tratamiento más adecuado que se ha llevado cabo en este proyecto. (Anexo 13, Figura 12)

3.3.3 Factores niveles y tratamientos en estudio.

Los factores en estudio son dos y están representados por el peso de los granos de cacao y el tiempo de fermentación, con 3 niveles cada uno respectivamente y un total de 9 tratamientos.

Tabla 03. Factores, niveles y tratamientos en estudio

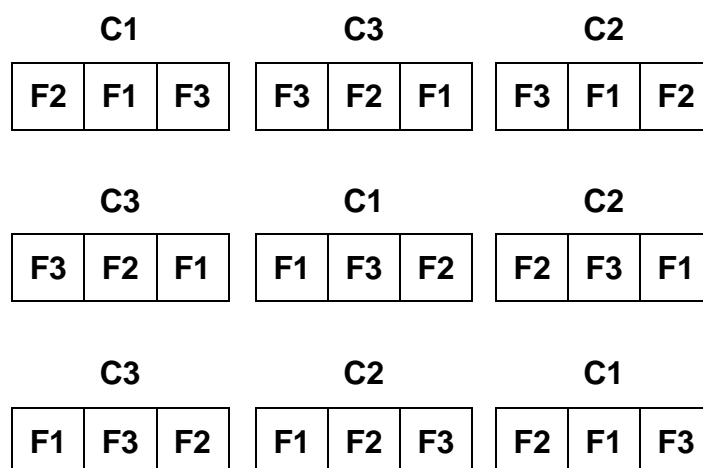
FACTORES	NIVELES	CLAVE	COMBINACIÓN	TRATAMIENTOS	
Peso de los granos secos de cacao	CAT- 49 >2 g	C 1			
	CAT-34 1.5 a 2 g	C 2	C1F1	T1	
			C1F2	T2	
			C1F3	T3	
	CAT- CP < 1.5 g	C 3		T4	
			C2F1	T5	
			C2F2	T6	
	Tiempo de fermentación de los granos.	6 días	F1	C2F3	T7
		7 días	F2	C3F1	T8
8 días		F3	C3F2 C3F3	T9	

3.3.4 Diseño experimental y análisis estadístico.

3.3.4.1 Diseño experimental.

En el presente trabajo de investigación de tipo bifactorial de 3 x 3 se utilizó el diseño de bloques aleatorios con arreglo de parcelas divididas, con 9 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 27 unidades experimentales, considerando al factor el peso de los granos secos de cacao (C) y al factor tiempo de fermentación (F) como sub parcelas. Se utilizó 1 kg de cacao fresco por cada unidad experimental que por razones económicas y de tiempo fueron colocados en bolsas de tela de tul de 30 x 20 cm. Se emplearon cajones fermentadores de madera llenos de cacao fresco de 60 x 60 cm. (150 kg) con la finalidad de lograr una fermentación adecuada.

Figura 1. Croquis del campo experimental.



3.3.4.2 Análisis estadístico.

En el presente trabajo de investigación se aplicó la estadística descriptiva (medias, modas, mínimos, máximos, rangos), para caracterizar inicialmente a las variables de estudio. Se construyeron tablas y gráficos para ilustrar los datos. El análisis inferencial incluyó pruebas paramétricas de correlación (Pearson) y de comparación de medias (ANOVA de un factor). Las pruebas no paramétricas permitieron conocer la normalidad de los datos (Kolmogorov-Smirnov), así como obtener los coeficientes de correlación (Tau de Kendall) y comparar grupos (Kruskall-Wallis). Se diseñaron sistemas de hipótesis y el nivel de confianza considerado fue de 0,05. Los resultados de las pruebas inferenciales se presentaron en tablas donde se señaló el estadístico correspondiente y la significancia, de manera de facilitar la toma de decisiones.

3.3.5 Observaciones experimentales

3.3.5.1 Peso de granos frescos.

Se evaluó los granos en el momento que se realiza la apertura de las mazorcas de acuerdo a cada nivel en estudio, con la finalidad de conocer el peso inicial y calcular la pérdida de humedad desde la quiebra de las mazorcas hasta esta etapa del proceso.

3.3.5.2 Medición de humedad de granos.

Una vez llegado el quinto día se procedió a realizar las medidas de humedad correspondiente a cada muestra, logrando llegar al 7.5% de humedad en los granos. Cuando no se logró por estar muy húmedo se procedió a extender el secado hasta llegar a la humedad óptima.

3.3.5.3 Peso de granos secos.

Se evaluó el peso de los granos secos y fermentados con la finalidad de conocer el porcentaje de la pérdida de humedad que ha sufrido cada unidad experimental hasta esta etapa del proceso.

3.3.5.4 Rendimiento.

Una vez obtenidas las muestras con los granos secos con una humedad al 7.5 % se procedió a sacar el rendimiento dividiendo el peso seco entre el peso fresco y multiplicándolo por 100. $PS / PF \times 100$.

3.3.5.5 Evaluación física de granos.

En esta fase se procedió a realizar el análisis físico de los granos utilizando el formato de NTP, teniendo en cuenta los siguientes criterios, peso en seco, calibre, olor, color, % de fermentación.

3.3.5.6 Preparación de muestras.

Cada muestra se procedió a tostar a una temperatura de 115°C, en una tostadora de laboratorio de Arprocat, por un tiempo de 12 minutos. Luego se procedió a descarrillar y moler, utilizando una conchadora de laboratorio destinada para este fin logrando al menos una textura de 25 μ , por un tiempo de al menos 1 hora y luego envasarlos en recipientes de vidrio que fueron enviados al laboratorio de APPCACA en Lima para el análisis sensorial correspondiente.

3.3.5.7 Evaluación sensorial de licor de cacao.

El laboratorio de APPCACAO, se encargó de realizar el análisis sensorial de cada muestra de licor, y los resultados de estas serán motivo de la discusión de resultados obtenidos del proyecto.

3.3.6 Fase de gabinete.

Una vez terminada la fase de campo y haber recopilado cada uno de los datos en la investigación, se procedió a realizar la fase de gabinete con la finalidad de sistematizar la información obtenida para determinar los resultados del trabajo que se realizado.

4. RESULTADOS

4.1 Las características físicas de las muestras de granos de cacao

4.1.1 El peso de los granos secos de cacao

Se analizaron de 27 unidades experimentales y se obtuvieron 27 muestras de granos de cacao provenientes de las mismas (1000 g. de cacao fresco para cada muestra), las cuales se tomaron luego de realizar la apertura de las mazorcas de acuerdo a cada nivel en estudio, con la finalidad de conocer el peso inicial y calcular la pérdida de humedad desde la quiebra de las mazorcas hasta esta etapa del proceso.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos del peso del grano seco

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
PESO EN SECO (Medidas en g)	27	370,22	31,08	304	419

Tabla 5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para normalidad del peso del grano seco

Z de Kolmogorov-Smirnov	0,456
Sig. Asintót. (bilateral)	0,985

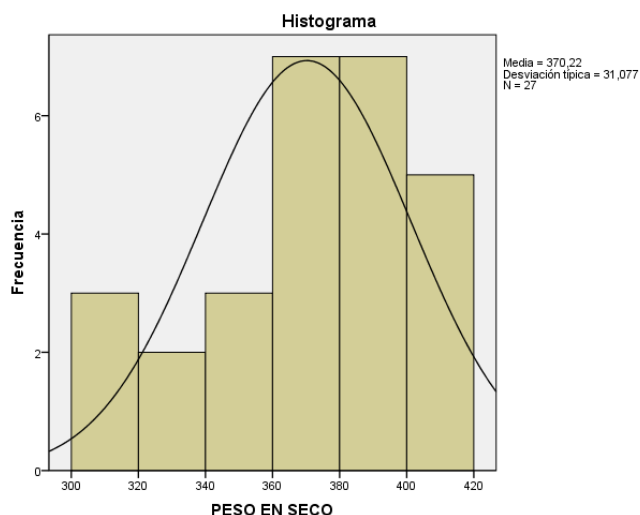


Figura 2. Histograma del peso de los granos secos.

4.1.2 Calibre del grano de cacao

Tabla 6. Estadísticos descriptivos del calibre del grano seco

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Calibre (Medidas en g)	27	1,793	0,64	1	3

Tabla 7. Distribución de frecuencias para el calibre del grano

Fracción (g.)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1,0	1	3,7	3,7
1,1	5	18,5	22,2
1,2	2	7,4	29,6
1,3	1	3,7	33,3
1,6	8	29,6	63,0
1,7	1	3,7	66,7
2,5	4	14,8	81,5
2,6	1	3,7	85,2
2,7	3	11,1	96,3
3,0	1	3,7	100,0
Total	27	100,0	

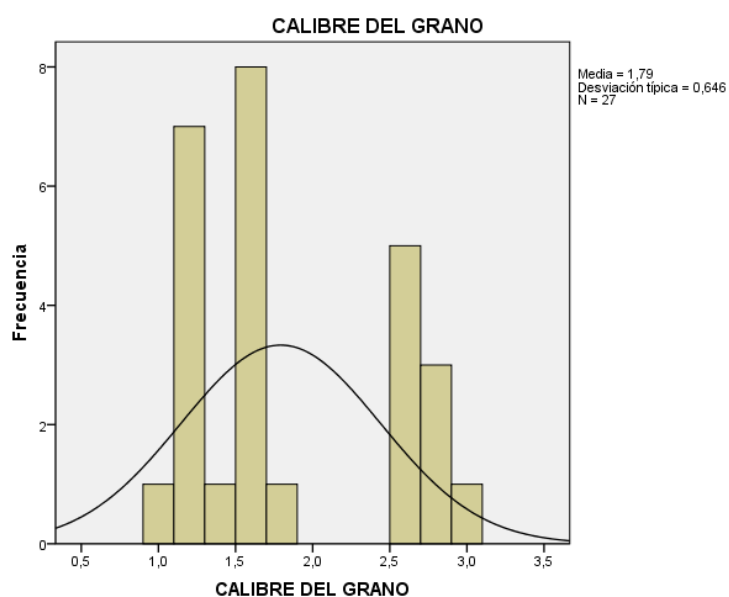


Figura 3. Histograma del calibre de los granos secos

Tabla 8. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para normalidad del peso del grano seco

Z de Kolmogorov-Smirnov	1,282
Sig. Asintót. (bilateral)	0,75

4.1.3 Porcentaje de fermentación de los granos de cacao

Tabla 9. Estadísticos descriptivos del porcentaje de fermentación del grano de cacao

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
% de fermentación	27	87,04	11,624	55	100

Tabla 10. Distribución de frecuencias para el porcentaje de fermentación del grano de cacao.

Fracción (g.)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
55	1	3,7	3,7
60	1	3,7	7,4
75	4	14,8	22,2
80	1	3,7	25,9
85	3	11,1	37,0
90	7	25,9	63,0
95	6	22,2	85,2
100	4	14,8	100,0
Total	27	100,0	

Tabla 11. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para normalidad del porcentaje de fermentación del grano de cacao

Z de Kolmogorov-Smirnov	1,196
Sig. asintót. (bilateral)	0,114

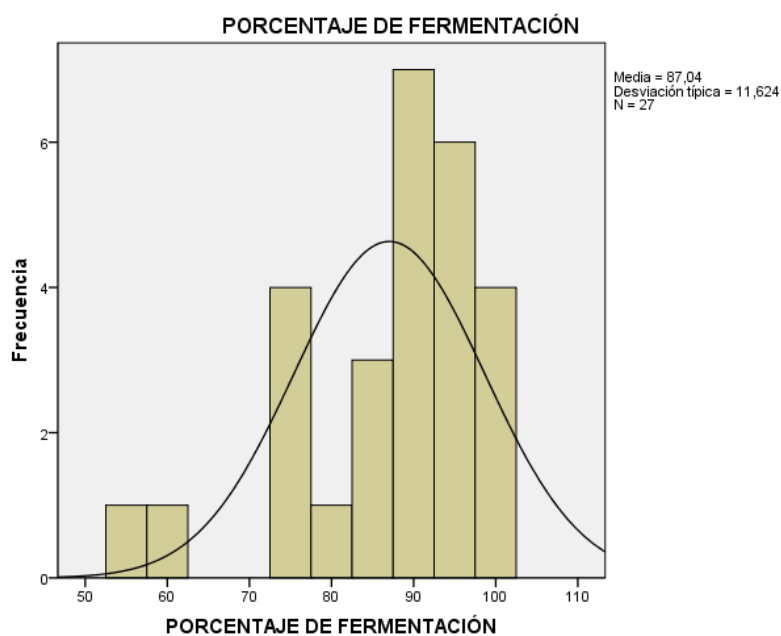


Figura 4. Histograma del porcentaje de fermentación de los granos de cacao.

4.1.4 Color externo del grano de cacao

Tabla 12. Frecuencias y porcentajes del color externo del grano de cacao.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
MARRÓN OSCURO	15	55,6	55,6
MARRÓN GRIS	3	11,1	66,7
MARRÓN CLARO	9	33,3	100,0
Total	27	100,0	

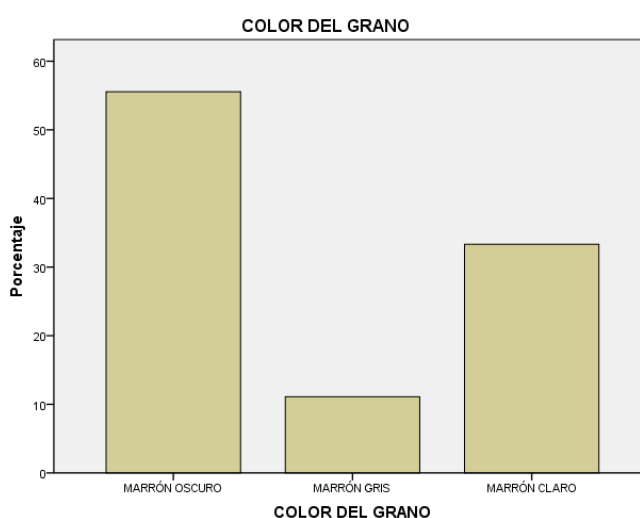


Figura 5. Color externo de los granos de cacao

4.1.5 Olor del grano de cacao

Tabla 13. Frecuencias y porcentajes del olor del grano de cacao.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
ÁCIDO	6	22,2	22,2
TÍPICO	21	77,8	100,0
Total	27	100,0	

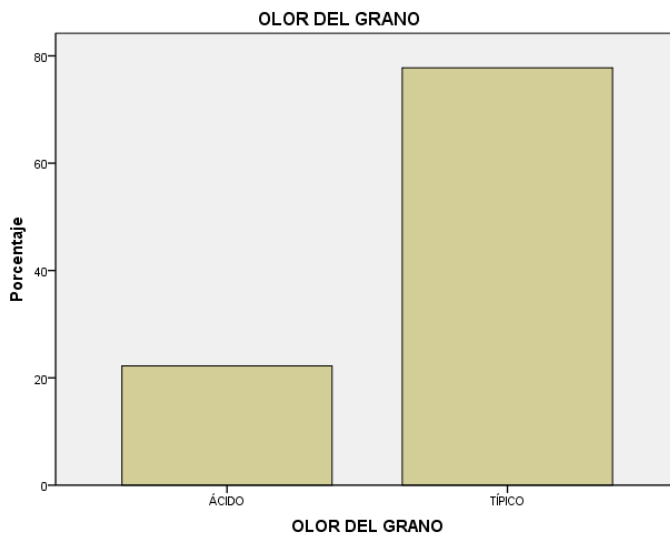


Figura 6. Olor de los granos de cacao.

4.2 Las relaciones entre el peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación.

Con el propósito de identificar las relaciones entre las variables peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación se procedió a diseñar una prueba de correlación.

Como primer paso se dispuso conocer la normalidad de las series de datos de las variables. Para ello se utilizó la Prueba de Kolgomorov-Smirnov.

Prueba de Normalidad (K-S)

Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula (H_0).

La diferencia entre los valores observados y los teóricos de la distribución normal es muy pequeña o se deben al azar.

Hipótesis alternativa (H_1).

Los valores observados de las frecuencias para cada clase son diferentes de las frecuencias teóricas de una distribución normal.

Nivel de significación.

Se utilizó un $\alpha=0.05$.

Toma de decisiones:

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0,05, se acepta H_1 y se rechaza H_0 .

Zona de rechazo

Para todo valor de probabilidad mayor que 0,05, se acepta H_0 y se rechaza H_1 .

Los resultados de la prueba se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para normalidad de las variables peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación.

	Peso en seco	Calibre del grano	Porcentaje de fermentación del grano
Z de Kolmogorov-Smirnov	0,456	1,282	1,136
Sig. Asintót. (bilateral)	0,985	0,075	0,151

a. La distribución de contraste es la normal.

Prueba de Correlación de Pearson**Planteamiento de la hipótesis:****Hipótesis nula (H_0).**

Las variables no están relacionadas o su grado de relación no es significativo.

Hipótesis alternativa (H_1). Las variables están relacionadas y su grado de relación es significativo.

Nivel de significación.

Se utilizó un $\alpha=0.05$.

Toma de decisiones:

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0,05, se acepta H_1 y se rechaza H_0 .

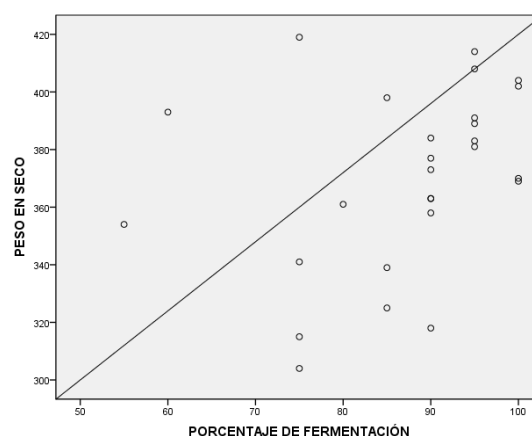
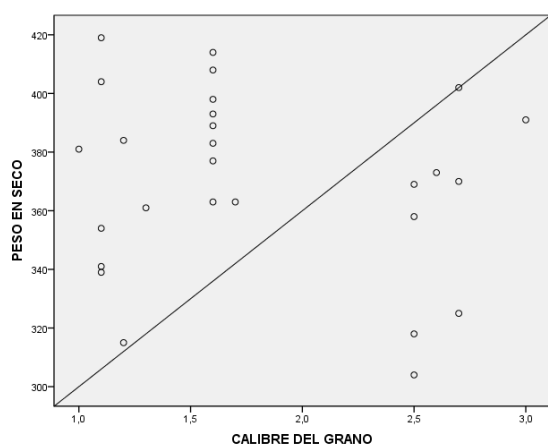
Zona de rechazo.

Para todo valor de probabilidad mayor que 0,05, se acepta H_0 y se rechaza H_1 .

A continuación, se presentan los resultados de las correlaciones bivariadas. Los valores de r de Pearson se presentan en una matriz de doble entrada donde se especifica el valor y el signo de la relación, así como la significancia.

Tabla 15. Correlaciones bivariadas de las variables peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación

		Peso en seco	Calibre del grano	Porcentaje de fermentación del grano
Peso en seco	Correlación de Pearson	1	0,331	-0,177
	Sig. (bilateral)		0,091	0,376
Calibre del grano	Correlación de Pearson	0,331	1	0,360
	Sig. (bilateral)	0,091		0,065
Porcentaje de fermentación del grano	Correlación de Pearson	-0,177	0,360	1
	Sig. (bilateral)	0,376	0,065	



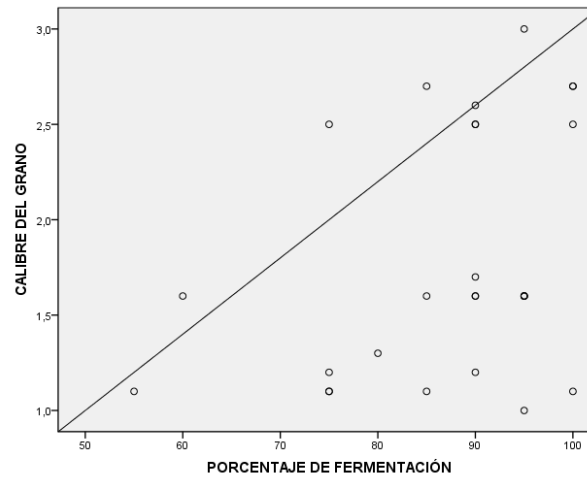


Figura 7. Diagramas de dispersión de las variables peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación.

4.3 Comparación del porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación)

Para comparar el comportamiento de la variable porcentaje de fermentación de los granos de cacao por cada tipo de tratamiento se procedió a realizar una prueba ANOVA de un factor. Con esta técnica estadística pretendemos precisar si los promedios de la variable dependiente son diferentes en las categorías o grupos de la variable independiente (Tipo de tratamiento).

El uso de esta prueba requiere de algunas condiciones. La primera está asociada a la naturaleza de las variables. Para este caso se considera el porcentaje de fermentación como la variable dependiente, y es medida mediante una escala de razón, mientras que el tipo de tratamiento corresponde a la variable independiente del tipo categórica (nominal).

Otros aspectos es que se pide que las variables sigan la distribución normal; y que las varianzas de cada grupo de la variable independiente sean similares (condición de homocedasticidad). Para comprobar la normalidad se utilizó la prueba de Kolmogorov – Smirnov. El proceso se presenta a continuación:

Prueba de Normalidad (K-S)

Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula (H_0)

La diferencia entre los valores observados y los teóricos de la distribución normal es muy pequeña o se deben al azar.

Hipótesis alternativa (H_1)

Los valores observados de las frecuencias para cada clase son diferentes de las frecuencias teóricas de una distribución normal.

Nivel de significación.

Se utilizó un $\alpha=0.05$.

Toma de decisiones:

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0,05, se acepta H_1 y se rechaza H_0 .

Zona de rechazo.

Para todo valor de probabilidad mayor que 0,05, se acepta H_0 y se rechaza H_1 .

Tabla 16. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para normalidad del porcentaje de fermentación del grano de cacao.

Z de Kolmogorov-Smirnov	1,196
Sig. Asintót. (bilateral)	0,114

En cuanto a la comprobación de la homocedasticidad se procedió a realizar la Prueba de Levene, la cual se presenta a continuación:

Homogeneidad de Varianza: Prueba de Levene

El análisis de homogeneidad de la varianza realizado partió de las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis Nula

H₀: σ^2 Trat. 1 = σ^2 Trat. 2 = σ^2 Trat. 3... = σ^2 Trat. 9 las varianzas de los grupos de tratamiento son iguales o difieren muy poco

Hipótesis Alternativa

H₁: σ^2 Trat. 1, σ^2 Trat. 2, σ^2 Trat. 3, ... Trat. 9 las varianzas de los grupos de tratamiento no son iguales y presentan al menos una diferencia significativa.

Nivel de significación y Zona de rechazo.

Se utilizó un $\alpha=0.05$.

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0.05, se acepta H₁ y se rechaza H₀.

El planteamiento de la hipótesis nula sugiere que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los tres grupos, mientras que la hipótesis alternativa plantea que si existen diferencias significativas entre las varianzas.

Tabla 17. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	Sig.
2,414	0,057

Comparación de los grupos de tratamientos: el Análisis de Varianza.

El análisis de varianza realizado partió de las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis Nula

H₀: μ % Trat. 1 = μ % Trat. 2 = μ % Trat 3 ... μ % Trat 9 el promedio de los porcentajes de fermentación por grupos por grupo de tratamiento son todos iguales o difieren muy poco

Hipótesis Alternativa

H₁: μ % Trat 1, μ % Trat 2, μ % Trat 3, ... μ % Trat 9 el promedio de los porcentajes de fermentación por grupos por grupo de tratamiento no son todos iguales o al menos una μ presenta diferencia significativa.

El planteamiento de la hipótesis nula sugiere que no existen diferencias significativas entre las medias de los distintos grupos, mientras que la hipótesis alternativa plantea que si existen diferencias significativas entre las medias.

Tabla 18. Resultados del ANOVA de un factor

ANOVA	
Porcentaje de fermentación	
F	Sig.
0,891	0,544

4.4 Valoración de las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao

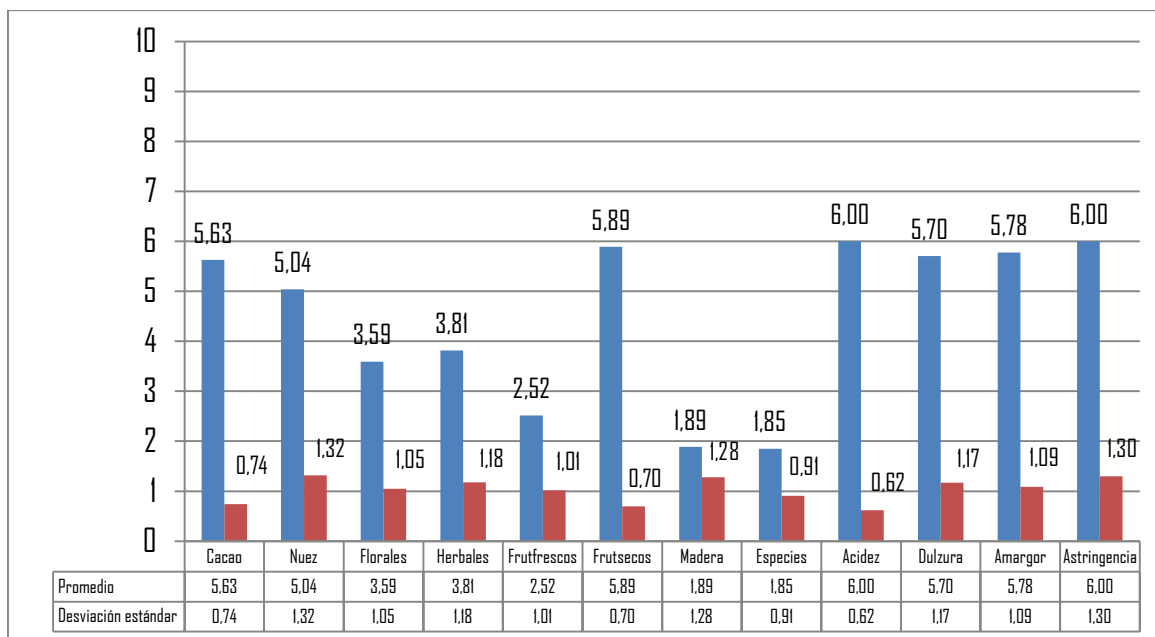


Figura 8. Valoración general (promedios) de las impresiones sensoriales del licor de cacao.

Tabla 19. Categorización de las notas sensoriales evaluadas para las muestras de licor de cacao.

Escala	Variable Sensorial
9 – 10 Muy Alto – Fuerte	-----
6 – 8 Alto	Astringencia – Acidez
3 – 5 Medio	Frutos secos – Amargor – Dulzura Cacao – Nuez Herbales – Florales
1 – 2 Bajo	Frutos frescos – Madera – Especies
0 – Ausente	-----

4.5 Las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao

Con el propósito de precisar las relaciones entre las variables sensoriales correspondientes a la calidad organoléptica se procedió a diseñar una prueba de correlación.

Como primer paso se exploró la normalidad de las series de datos de las variables. Para ello se utilizó la Prueba de Kolgomorov-Smirnov.

Prueba de Normalidad (K-S)

Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula (H₀)

La diferencia entre los valores observados y los teóricos de la distribución normal es muy pequeña o se deben al azar.

Hipótesis alternativa (H₁)

Los valores observados de las frecuencias para cada clase son diferentes de las frecuencias teóricas de una distribución normal.

Nivel de significación.

Se utilizó un $\alpha=0.05$.

Toma de decisiones:

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0,05, se acepta H₁ y se rechaza H₀.

Zona de rechazo.

Para todo valor de probabilidad mayor que 0,05, se acepta H_0 y se rechaza H_1 .

Tabla 20. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para normalidad las vvariables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao.

	CACAO	NUEZ	FLORALES	HERBALES	FRUTALES FRESCOS	FRUTALES SECOS
Z de Kolmogorov-Smirnov	2,294	1,946	2,298	2,151	1,644	2,483
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,001	,000	,000	,009	,000
	MADERA	ESPECIES	ACIDEZ	DULZURA	AMARGOR	ASTRIGENCIA
Z de Kolmogorov-Smirnov	1,353	1,387	2,571	2,390	2,294	2,197
Sig. Asintót. (bilateral)	,051	,043	,000	,000	,000	,000

Prueba de Correlación Tau de Kendall

Planteamiento de la hipótesis:

Hipótesis nula (H_0)

Las variables no están relacionadas o su grado de relación no es significativo.

Hipótesis alternativa (H_1)

Las variables están relacionadas y su grado de relación es significativo.

Nivel de significación.

Se utilizó un $\alpha=0.05$.

Toma de decisiones

Para todo valor de probabilidad igual o menor que 0,05, se acepta H_1 y se rechaza H_0 .

Zona de rechazo.

Para todo valor de probabilidad mayor que 0,05, se acepta H_0 y se rechaza H_1 .

A continuación, se presentan los resultados de la matriz de las correlaciones bivariadas (Tabla 21). Los valores del Tau b de Kendall se presentan en una matriz de doble entrada donde se especifica el valor y el signo de la relación, así como la significancia.

Tabla 21. Coeficientes de correlación entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao.

Variables De Control: *. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

		Cacao	Nuez	Florales	Herbales	Frutales Frescos	Frutales Secos	Madera	Especies	Acidez	Dulzura	Amargor	Astringencia
Cacao	Correlación	1,000	,073	-,198	,413*	-,109	,043	,204	,142	-,101	,171	-,066	,057
	Sig.	.	,706	,304	,031	,567	,825	,270	,448	,608	,382	,737	,770
Nuez	Correlación	,073	1,000	,157	-,207	,085	,146	,376*	-,060	,285	,467*	,230	,270
	Sig.	,706	.	,410	,273	,652	,448	,039	,743	,140	,015	,233	,162
Florales	Correlación	-,198	,157	1,000	-,060	,000	,047	,423*	,164	,267	-,015	-,043	,110
	Sig.	,304	,410	.	,749	1,000	,809	,020	,372	,168	,939	,826	,570
Herbales	Correlación	,413*	-,207	-,060	1,000	-,324	-,269	,251	,296	-,082	,263	-,098	,217
	Sig.	,031	,273	,749	.	,082	,160	,165	,105	,667	,170	,608	,257
Frutales Frescos	Correlación	-,109	,085	,000	-,324	1,000	-,013	-,283	-,247	,047	-,114	,034	-,017
	Sig.	,567	,652	1,000	,082	.	,947	,116	,174	,804	,551	,857	,930
Frutales Secos	Correlación	,043	,146	,047	-,269	-,013	1,000	-,161	,191	,204	-,113	-,152	,000
	Sig.	,825	,448	,809	,160	,947	.	,385	,306	,299	,565	,439	1,000
Madera	Correlación	,204	,376*	,423*	,251	-,283	-,161	1,000	,043	,160	,316	-,094	,279
	Sig.	,270	,039	,020	,165	,116	,385	.	,806	,387	,087	,611	,132
Especies	Correlación	,142	-,060	,164	,296	-,247	,191	,043	1,000	,326	,147	,229	,438*
	Sig.	,448	,743	,372	,105	,174	,306	,806	.	,081	,430	,221	,019
Acidez	Correlación	-,101	,285	,267	-,082	,047	,204	,160	,326	1,000	,371	,108	,472*
	Sig.	,608	,140	,168	,667	,804	,299	,387	,081	.	,059	,581	,016
Dulzura	Correlación	,171	,467*	-,015	,263	-,114	-,113	,316	,147	,371	1,000	,171	,478*
	Sig.	,382	,015	,939	,170	,551	,565	,087	,430	,059	.	,382	,015
Amargor	Correlación	-,066	,230	-,043	-,098	,034	-,152	-,094	,229	,108	,171	1,000	,229
	Sig.	,737	,233	,826	,608	,857	,439	,611	,221	,581	,382	.	,242
Astringencia	Correlación	,057	,270	,110	,217	-,017	,000	,279	,438*	,472*	,478*	,229	1,000
	Sig.	,770	,162	,570	,257	,930	1,000	,132	,019	,016	,015	,242	.

4.6 Comparación entre las dimensiones de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación).

Al no poderse dar cumplimiento al supuesto de normalidad de los datos, ya reportado en la sección anterior, se procedió a realizar una prueba no paramétrica de comparación de los grupos. La prueba seleccionada fue la de Prueba de Kruskal-Wallis.

Para realizar la comparación se tabularon las valoraciones por cada nota organoléptica para cada una de las nueve combinaciones de tratamientos. La intención es precisar si existen diferencias significativas para cada nota en función del tipo de tratamiento. Se señala que se entiende por tratamiento a la combinatoria de las variables (combinación del calibre de los granos * días de fermentación). Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 22. Comparación entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación)

	CACAO	NUEZ	FLORALES	HERBALES	FRUTALES FRESCOS	FRUTALES SECOS
Chi-cuadrado	14,603	11,605	17,528	15,322	17,868	10,684
Sig. Asintót.	0,067	0,170	0,025	0,05	0,022	0,220
	MADERA	ESPECIES	ACIDEZ	DULZURA	AMARGOR	ASTRINGENCIA
Chi-cuadrado	19,560	19,795	13,926	11,889	9,847	14,564
Sig. Asintót.	0,012	0,011	0,084	0,156	0,276	0,068

Tabla 23. Categorización de las notas sensoriales evaluadas para las muestras de licor de cacao y diferencias significativas identificadas por tipo de tratamiento.

Escala	Variable Sensorial
9 – 10 Muy Alto - Fuerte	-----
6 – 8 Alto	Astringencia – Acidez
3 – 5 Medio	Frutos secos – Amargor – Dulzura Cacao – Nuez
1 – 2 Bajo	Herbales – Florales
0 - Ausente	Frutos frescos – Madera – Especies -----

5. DISCUSIÓN

5.1 Las características físicas de las muestras de granos de cacao.

5.1.1 El peso de los granos secos de cacao.

El análisis de las muestras indica que se obtuvo un promedio de 370,22 g. \pm 31,08 g., obteniéndose un rango de 115 g. que varía entre los 304 g. y los 419 g. (ver tabla 4)

La distribución del peso de los granos secos muestra una forma acampanada propia de una distribución normal (ver figura 2). Esta última se exploró mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (ver tabla 5) comprobándose tal afirmación al obtenerse valores de $K-S = 0,456$ $p = 0,985$; valor este de probabilidad mayor a 0,05, razón por la cual se acepta la hipótesis nula de ajuste de la serie de datos a la distribución normal.

5.1.2 Calibre del Grano de Cacao

El análisis de las muestras indica que se obtuvo un promedio de 1,193 g. \pm 0,64 g., obteniéndose un rango de 2 g. que varía entre los 1 g. y los 3 g. (ver tabla 6). De lo anterior destaca la tendencia a registrarse promedios de calibre superiores al límite inferior (1,5 g.) requeridos por INDECOPI (2006). De igual forma el valor de variabilidad calculado pareciera evidenciar la homogeneidad del grano. Sin embargo, el histograma de frecuencias ilustra la ausencia de granos en el intervalo que abarca los 1,7 g. y los 2,5 g. (ver figura 3). La tabla de frecuencias (ver tabla 7), muestra que el porcentaje acumulado en la fracción inferior o igual a 1,7 g. es de 66,7%, mientras que la mayor o igual a 2,5 g. alcanza un 33,3%. Resalta así la ausencia de calibres dispuestos entre los 1,7 g. y los 2,5 gramos. Los valores coincidentes de moda y mediana (1,6 g.), conforman esta apreciación.

5.1.3 Porcentaje de fermentación de los granos de cacao.

El análisis de la variable porcentaje de fermentación en las muestras indica que se obtuvo un promedio de 87,04 % \pm 11,624 %, alcanzándose un rango

de 45 g. que va entre los 55 % y los 100 % (ver tabla 9). La distribución del porcentaje de fermentación del grano se exhibe mediante la típica forma acampanada de una distribución normal (ver gráfico 3)

El valor de dispersión calculado pareciera evidenciar la heterogeneidad del % de fermentación. El histograma de frecuencias ilustra la ausencia de granos en el intervalo que va desde 60% a 75% (ver figura 4). La tabla de frecuencias (ver tabla 10), muestra que el porcentaje acumulado en la fracción inferior o igual a 60% es de 11,1%, mientras que la mayor o igual a 75% alcanza un 88,9%. Se destaca así la ausencia de porcentajes ubicados en la fracción 60-75%. Lo anterior podría ser consecuencia de variaciones en los procesos de exposición del grano a las condiciones meteorológicas y ambientales en los días de exposición de la materia prima al proceso de fermentación. Al respecto, los resultados encontrados coinciden con lo reportado por (Portillo *et al.* 2006) y (Kadow *et al.* 2013), quienes determinaron que las interacciones entre la variable temporal y las condiciones ambientales, tienen efectos en el proceso de fermentación, secado y los precursores organolépticos que se activan con el tostado. Por otro lado, Moreno y Sánchez (1989), Reyes *et al.* (2000), Ramos (2004) y Portillo *et al.* (2006), señalan que la fermentación involucra dos fenómenos distintos pero no independientes: Una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginosa presente en las almendras; y otra que induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones, que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular a la formación de los precursores del aroma.

5.1.4 Color externo del grano de cacao

La coloración externa del grano presentó tres coloraciones, siendo la marrón oscuro la prevaleciente (55,6%). La coloración marrón claro obtuvo una frecuencia de 9 (33,3%) de la muestra. El color marrón gris fue el menos frecuente (11,1%). En la tabla 12 y figura 5 se resumen e ilustran estos resultados. Los resultados encontrados en este estudio tienen relación a lo

reportado (Kadow *et al.* 2013), quienes señalan que cambios en la etapa de fermentación están asociados al perfil de sabor y a variaciones en la coloración púrpura pálida (etapa sin fermentar) a marrón (fermentación completa). Por tanto, se considera que se alcanzaron niveles de fermentación adecuados con base en el indicador color.

5.1.5 Olor del grano de cacao.

El olor del grano presentó dos manifestaciones (ver tabla 13 y figura 6). La prevaleciente correspondió al olor típico (77,8%). Se registró también un olor ácido (22,2%).

5.2 Las relaciones entre el peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación.

De la matriz de correlaciones (ver tabla 15) se desprende que ninguna de las variables está correlacionada significativamente pues los valores calculados presentan significancias superiores a 0,05. Esto es consecuencia de la dispersión de los datos (figura 7), tal como se puede observar en los diagramas de dispersión contruidos. Con base en estos hallazgos se puede señalar que las variables tienen un comportamiento que no está asociado entre ellas. Por tanto, es necesario seguir indagando para establecer posibles relaciones que permitan mejorar los procesos productivos del cacao.

5.3 Comparación del porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación).

Los resultados de la prueba de normalidad (K-S) indican que la distribución de los valores de las variables no se diferencia significativamente de una distribución normal (ver tabla 16). Los estadísticos Z de K-S (ver cuadro superior), calculados para la variable porcentaje de fermentación presentan una Significación asintótica bilateral de 0,114, superior a 0,05. Esto sugiere que la distribución de los datos se ajusta a una distribución normal. Esto permite dar

cumplimiento al supuesto de normalidad de los datos para proceder a realizar la Prueba ANOVA seleccionada.

En cuanto a la comprobación de la homocedasticidad se procedió a realizar la Prueba de Levene, y los valores del Estadístico de Levene (ver tabla 17) obtenidos para las variables porcentaje de fermentación indica la aceptación de la hipótesis nula de igualdad de varianzas, pues el valor de significancia obtenido ($p: 0,057$), es superior al valor de significancia establecido para la prueba ($0,05$). Esto determina la utilización de la prueba estadística de comparación múltiple donde sería posible asumir la igualdad de las varianzas.

La comparación de los promedios por grupos para la variable porcentaje de fermentación (tabla 18) obtuvo un $F= 0,891$ el cual no resultó significativo (Sig. $0,544$ $p > 0.05$). Esto implica una aceptación de la hipótesis nula de igualdad de promedios entre los tres grupos. Tal situación sugiere que no existe diferencia en cuanto al porcentaje de fermentación que experimentan los granos de cacao a partir de los distintos tipos de tratamiento. Esto pone de manifiesto que las diferencias en esta variable podrían estar influidas por otros factores.

5.4 Valoración de las Impresiones Generales Sensoriales y Organolépticas del Licor de Cacao

Una vez realizadas las valoraciones sensoriales por cada tipo de tratamiento fue posible obtener una valoración general que condujese a la caracterización gruesa del licor de cacao. Se calcularon los promedios y desviaciones estándar para tener una impresión a través de una medida de tendencia central, así como una idea de su variabilidad y el resumen de estos datos (ver figura 8).

Con la intención de facilitar el resumen de estos datos se realizó una categorización de los resultados con base en la escala de valoración sensorial previamente utilizada por los evaluadores (ver tabla 19).

Se caracteriza al licor de cacao de muestra como un producto altamente astringente y ácido, con valores medios donde destacan en orden decreciente sensaciones a frutos secos, amargor, dulzura, cacao, nuez, herbales y florales. Las notas con presencia baja son los frutos frescos, maderas y especies. Las distintas notas presentan una baja dispersión cercana a la unidad, lo cual es un indicador de la homogeneidad en cuanto a los juicios emitidos. Respecto a esta variable, Quevedo *et al.* (2018) destacan la prevalencia por parte de los pequeños productores del uso de métodos de fermentación a partir de: montones, sacos de yute, recipientes plásticos y cajones de madera. Las limitaciones en cuanto a conocimiento y recursos por parte de los productores los limita al uso de tecnología caduca que perjudica la calidad en cacaos finos y de aroma (Contreras *et al.* 2004). Bajo esa premisa, Quevedo *et al.* (2018) observaron características organolépticas luego de comparar la eficiencia de los fermentadores más utilizados por los pequeños productores de cacao en Ecuador, para ello, compararon cinco (5) fermentadores: saco de yute (T1), rotor de madera (T2), rumo o montón (T3), caja de madera (T4) y balde plástico (T5). Con el uso del rotor de madera se obtuvo un 96% de calidad física del grano y el mejor perfil sensorial con calificaciones altas en sabores cacao, floral, frutal, nuez y caramelo y calificaciones bajas en sabor astringente y amargo. Este método podría elevar las notas obtenidas como medias con esta prueba y así relevar la astringencia y acidez obtenida.

5.5 Las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao.

Los resultados de la prueba de normalidad (K-S) indican que la distribución de los valores de once (11) de las variables se diferencian significativamente de una distribución normal ($p \leq 0,05$). Los estadísticos Z de K-S y significancia (ver cuadro superior), calculados para la variable **madera** presenta un valor que si se ajusta a una distribución normal ($p \geq 0,05$). Esto sugiere que en general la distribución de los datos no se ajusta a una distribución normal (ver tabla 20).

En función de lo anterior se procedió a realizar una prueba no paramétrica de correlación basada en la Thau de Kendall. Los resultados de la matriz de las correlaciones bivariadas (ver tabla 21) permiten identificar siete (7) relaciones significativas de todo el total de relaciones exploradas. Las mismas se asumen como conjunciones sensoriales entre ambas notas particulares.

Para la nota de CACAO se encontró una relación significativa con la nota HERBALES ($p\ 0,031 < 0,05$). La nota de NUEZ presentó relaciones significativas con las notas MADERA ($p\ 0,039 < 0,05$) y DULZURA ($p\ 0,015 < 0,05$). Las impresiones sensoriales FLORALES y MADERA también se relacionan significativamente ($p\ 0,020 < 0,05$). La ASTRINGENCIA es la nota que mayor número de relaciones significativas registra, tres, al hacerlo con las notas ESPECIES ($p\ 0,019 < 0,05$), ACIDEZ ($p\ 0,016 < 0,05$) y DULZURA ($p\ 0,015 < 0,05$).

Estos pares de impresiones sensoriales tienden a incrementarse en la medida en que una de ellas aumenta. En términos de la caracterización de las relaciones sensoriales podría decirse que las notas CACAO se presentan en conjunto con la nota HERBALES; mientras la nota NUEZ está relacionada a impresiones amaderadas y dulces. Destaca la frecuencia de relaciones asociadas a la ASTRINGENCIA (ESPECIES, ACIDEZ y DULZURA). En relación a los resultados de este estudio, Jiménez *et al.* (2011) han reportado que dificultades en la fermentación conduce a una baja en la calidad sensorial de los granos. Asimismo, Quintana *et al.* (2014) observaron que la remoción del material fermentado resalta precursores del sabor, equilibra la acidez y astringencia del producto originada por ácidos. Con esta prueba justamente se identificó una relación significativa entre ASTRINGENCIA y ACIDEZ.

5.6 Comparación entre las dimensiones de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación).

Los resultados que se presentan en la tabla 22 permiten identificar cinco (5) diferencias significativas que corresponden a las notas FLORALES ($p 0,025 < 0,05$), HERBALES ($p 0,05 \leq 0,05$), FRUTALES FRESCOS ($p 0,022 < 0,05$), MADERA ($p 0,012 < 0,05$) y ESPECIES ($p 0,011 < 0,05$). Cabe destacar que son estas notas las que presentan los menores promedios en cuanto a la valoración de los expertos en organoléptica (ver tabla 23). En este sentido, se concluye que las combinatorias de las variables para cada tipo de tratamiento parecieran ser un factor que influye en las notas sensoriales menos frecuentes según los catadores. Sin embargo, no puede el tratamiento ser considerado como un factor que incide sobre las notas sensoriales de mayor valoración (ver tabla 16). Sin embargo, Rodríguez-Campos *et al.* (2012), reportan haber encontrado interacción del factor tiempo y su influencia en el nivel de fermentación del cacao. Por otro lado, Mayorga-Gross *et al.* (2016), y Puchaicela, (2016), reportaron que los clones trinitarios logran una fermentación óptima en un intervalo que va desde 3 a 6 días. También, Carrillo (2011), estudió la influencia del tiempo de fermentado y método de secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao (*Teobroma cacao* L.) Clon CCN51 Tingo María, el cual señala que para garantizar la calidad es necesario prestar atención en las etapas de cosecha y beneficio, y enfatizando en el fermentado y secado de los granos, encontró que el tiempo de fermentado influyó significativamente en el sabor a cacao, acidez y amargor del licor, mientras que el método de secado solar solo influye significativamente en la acidez del producto. Asimismo, el autor recomendó que los granos de cacao del clon CCN51 deben fermentarse siete días y secarse en forma gradual al sol para alcanzar una diferenciación sensorial adecuada.

6. CONCLUSIONES

- 6.1** Los granos secos de cacao se obtuvieron un promedio de 370,22 gr. \pm 31,08 g. El calibre del grano de cacao registró un promedio de 1,193 gr. \pm 0,64 gr., sin embargo, el examen de frecuencias muestra que el porcentaje acumulado en la fracción inferior o igual a 1,7 gr. fue prevaeciente (66,7%), mientras que la mayor o igual a 2,5 gr. fue de un 33,3%. Resalta la ausencia de calibres dispuestos entre los 1,7 gr. y los 2,5 gramos. Este aspecto invita a revisar la variedad del cacao y su influencia en el calibre y peso.
- 6.2.** El porcentaje de fermentación de los granos de cacao obtuvo un promedio de 87,04 % \pm 11,624 %, y alcanzó un rango de 45 g. que va entre los 55 % y los 100 %. La revisión de las frecuencias ilustra la ausencia de granos en el intervalo que va desde 60% a 75%. El porcentaje acumulado en la fracción inferior o igual a 60% es de 11,1%, mientras que la mayor o igual a 75% alcanza un 88,9%.
- 6.3** La variación del porcentaje de fermentación acumulada, podría ser consecuencia del tipo de método de fermentación y de variaciones en los procesos de exposición del grano a las condiciones meteorológicas y ambientales, en los días de exposición de la materia prima al proceso de fermentación.
- 6.4** El color externo del grano de cacao presentó tres coloraciones: marrón oscuro (55,6%), marrón claro (33,3%), marrón gris (11,1%). A partir del indicador color pareciera que se alcanzaron niveles de fermentación adecuados. El olor del grano presentó dos apreciaciones: olor típico (77,8%) y olor ácido (22,2%), aspecto este favorable para el producto.
- 6.5.** Respecto a la relación entre el peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación. Los valores de correlación indican que ninguna de las variables está correlacionada significativamente (p : $>$ 0.05), por

lo tanto, es necesario seguir explorando para establecer posibles relaciones que permitan mejorar los procesos productivos del cacao.

- 6.6** En cuanto a la comparación del porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento, no resultó significativo (Sig. 0,544 $p > 0.05$), por tanto, no existe diferencia en cuanto al porcentaje de fermentación que experimentan los granos de cacao a partir de los distintos tipos de tratamiento, dejando entrever la probabilidad de interacción de otros factores no detectados.
- 6.7** El licor de cacao resultó ser un producto altamente astringente y ácido, con valores intermedios donde destacan apreciaciones a frutos secos, amargor, dulzura, cacao, nuez, herbales y floral. Las notas con presencia baja son los frutos frescos, maderas y especies.
- 6.8** Respecto a la relación entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao, se identificaron siete relaciones significativas de todo el total de relaciones exploradas: CACAO-HERBALES ($p 0,031 < 0,05$), NUEZ-MADERA ($p 0,039 < 0,05$), NUEZ-DULZURA ($p 0,015 < 0,05$), FLORALES-MADERA ($p 0,020 < 0,05$), ASTRINGENCIA-ESPECIES ($p 0,019 < 0,05$), ASTRINGENCIA-ACIDEZ ($p 0,016 < 0,05$) y ASTRINGENCIA-DULZURA ($p 0,015 < 0,05$). Las relaciones encontradas indican la necesidad de orientar las futuras acciones a la observancia del factor fermentación (tiempo y método) y su posible influencia en las notas.
- 6.9** En relación a la comparación entre las dimensiones de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación), en los resultados se encontraron cinco diferencias significativas que corresponden a las notas FLORALES ($p 0,025 < 0,05$), HERBALES ($p 0,05 \leq 0,05$), FRUTALES FRESCOS ($p 0,022 < 0,05$), MADERA ($p 0,012 < 0,05$) y ESPECIES ($p 0,011 < 0,05$). Cabe destacar que son estas

notas las que presentan los menores promedios en cuanto a la valoración general de los expertos en organoléptica.

7. RECOMENDACIONES

- 7.1** Seguir validando el método utilizado intentando controlar más detalladamente las variables consideradas.

- 7.2** Empezar estudios sobre la influencia de la variedad del cacao y las condiciones climáticas sobre el nivel de fermentación y perfil sensorial de las semillas de cacao seleccionadas.

- 7.3** Analizar la interacción del factor tiempo y su influencia en el nivel de fermentación explorando intervalos que van desde 3 a 6 días.

- 7.4** Incrementar otros métodos de fermentación y comparar sus efectos con respecto al cajón de madera.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriazola, J. (2003). Producción del alimento de los dioses (*Theobroma cacao* L.) Universidad Nacional Agraria de la Selva. Págs. 6, 17, 65.

Álvarez Robledo, M. N. (2018). Estandarización de la fermentación del cacao (*theobroma cacao* L.) fino de aroma. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1476/Mar%C3%ADa%20Alvarez%20Robledo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, R., Portillo, E., Portillo, A. y Villasmil, R. (2018). Evaluación de las propiedades sensoriales del licor de cacao. *Revista Agrollanía* / Vol. 15 / Enero-Diciembre, 2018: 1-6 ISSN: 1690-8066

Arévalo, E.; Zuñiga, L.; Arévalo, C. (2004). Manejo integrado del Cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Impresiones del Castillo S.A.C.

Barrientos, P. (2011). La cadena de valor del cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial. *Semestre Económico*, 18(37), 129-156. <https://doi.org/https://doi.org/10.22395/seec.v18n37a5>

Carrillo Arvildo, B. A. (2011). Influencia del Tiempo de Fermentado y Método de Secado Solar en la Calidad Sensorial del Licor de Cacao (*Teobroma cacao* L.) Clon CCN51 Tingo María. Tesis de Grado. Universidad Agraria de la Selva.
<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/245/FIA-167.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Contreras, C., Ortiz de Bertorelli, L., Graziani de Fariñas, L., & Parra, P. (2004). Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumbote, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 54(2), 226-228. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000200006

Cros, E. (2000). Factores condicionantes de la calidad de cacao. CIRAD CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. 15 p.

Enríquez, G. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao agronómico tropical de investigación y enseñanza. CATIE. Costa Rica.

Espinoza Osorio, M. D. (2011). FERMENTACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO CRIOLLO EN DIFERENTES TIPOS DE FERMENTADORES EN SECTOR LA UNIÓN RÍO NEGRO. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Centro del Perú.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1899/Espinoza%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gaitán, T. (2005). Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) con potencial exportador. Managua – Ecuador. 18-19 p

Guía Metodológica del Cacao en Región Tumbes (2009). GMCRT.

Guimac Cedillo, L. Y. (2017). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del cacao criollo nativo (*Theobroma cacao* L.) de las parcelas cacaoteras de Amazonas APROCAM. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1348/llunely%20Yaseli%20Guimac%20Cedillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hardy, F. (1961). Manual del cacao. Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - Turrialba, p. 332 – 335.

Instituto de Cultivos Tropicales (2004). Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonía Peruana. Tarapoto – Perú: Instituto de Cultivos Tropicales.

IICA (2006). Protocolo Estandarizado De Oferta Tecnológica Para El Cultivo Del Cacao En El Perú / IICA. – Lima. ISBN 92-90-39-762-4.

INDECOPI – NORMAS TECNICAS PERUANAS, (2006-2008) www.ndecopi.gob.pe/biblioteca_virtual/normas_tecnicas. Consultado el 20 de Mayo del 2011.

Jiménez, J. (2006). Calidad sensorial de los cacaos especiales. Seminario taller internacional producción, calidad mercadeos de cacaos especiales. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quevedo – Ecuador. 45 p. Chiclayo – Perú. 118 pág.

Jiménez, J., et al. (2011). Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao. Boletín técnico 140. Quevedo: Estación Experimental Tropical Pichilingue.

Kadow, D., Bohlmann, J., Phillips, W., y Lieberei, R. (2013). Identification of main fine or flavour components in two genotypes. *Applied Botany and Food Quality*, 90 - 98. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.843.1215&rep=rep1&type=pdf>

Kongor, J., Hinneh, M., Van de Walle, D., Afoakwa, E., Boeckx, P., y Dewettinck, K. (2016). Factors Influencing Quality Variation in Cocoa (*Theobroma cacao*) Bean Flavour. *Food Research International*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996916300163>

Liendo, R. J. (2015). Efecto del volteo sobre los perfiles sensoriales del cacao fermentado. *Facultad de Agronomía LUZ*, 32, 41 - 62. Obtenido de: http://revfacagronluz.org.ve/PDF/enero_marzo2015/v32n1a20154162.pdf

Loureiro, Guilherme Amorim Homem de Abreu, Araujo, Quintino Reis de, Valle, Raúl René, Sodré, George Andrade, & Souza, Soraya María Moreira de. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(12), 579-587. <https://dx.doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>

- Mayorga-Gross, A. L., Quirós-Guerrero, L. M., Fourny, G., & Vaillant, F. (2016). An untargeted metabolomic assessment of cocoa beans. *Food Research International*. Obtenido de: <http://scihub.cc/http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996916301466>
- Mera, O., y Ruíz, M. (2015). *Evaluación física, sensorial y bromatológica del licor del cacao en variedades clonales EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96, EET-103 en la ESPAM*. Tesis. Obtenido de: <http://181.196.143.6/bitstream/42000/434/1/TESIS%20CLONES%20DE%20LICOR%20DE%20CACAO%20%20APROBADA%20FINAL.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego (2016). Sierra y selva exportadora. Lima: Autor. Recuperado el 9 de febrero de 2019. Disponible en: <https://www.sierraexportadora.gob.pe/portfolio/cacao-2/>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú. (4 de Julio de 2015). La República. Obtenido de <http://larepublica.pe/economia/200283-produccion-de-cacao-sera-de45-mil-toneladas-este-año>.
- Morales, O., Borda, A., Argandoña, A., Farach, R., García Naranjo, L., y Lazo, K. (2015). *La Alianza Cacao Perú y la Cadena Productiva del Cacao de Fino Aroma*. Lima: Ediciones Essan. Obtenido de: <http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2015/08/17/La%20Alianza%20Cacao%20Per%C3%BA%20para%20web.pdf>
- Morales, V. M. (2015). *Fermentación del cacao como valor agregado a su sabor para la obtención de un chocolate fino ecuatoriano y su estímulo en las exportaciones no tradicionales de Ecuador*. Tesis de pregrado. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9260/1/Tesis%20Vanessa%20Morales%20Franco.pdf>
- Moreno, L. J. y Sánchez, J. A. 1989. Beneficio del Cacao. Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas. Fascículo N° 6. 26 p.
- Paredes, M. (2003). Manual del cultivo del cacao. Pro Amazonas "Programa para el desarrollo de la Amazonia, Ministerio de Agricultura- Perú.
- Portillo, E., Graziani, L., y Cros, E. (2006). Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial de cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23, 49-57. Obtenido de: <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/viewFile/12164/12152>
- Puchaicela, R. (2016). *Fortalecimiento de la cadena productiva y de valor del cacao, de "ASOPROMAS" en el barrio playas del Cuje, ciudad de Zumbi, Cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe, año 2014*. Obtenido de: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10155/1/Trabajo%20de%20Tesis.%20Sisa%20Puchaicela.%202015-03-2016.pdf>
- Quevedo Guerrero, J. N., Romero López, J. A., & Tuz Guncay, I. G. (2018). Calidad físico química y sensorial de granos y licor de cacao (*Theobroma*

Cacaol.) Usando cinco métodos de fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6 (1), 115-127. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

Quintana Fuentes, L. F., Castelblanco, S. G., & Acuña, G. G. (2014). Las TIC's y su aporte para la determinación de la calidad sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en San Vicente de Chucuri, Santander. *Alimentos Hoy*, 22(31), 81-95.

Quintana-Fuentes, L., Gómez-Castelblanco, S., García-Jerez, A., y Martínez-Guerrero, N. (2016). Conformación de un panel de jueces en entrenamiento para el análisis sensorial de licores de cacao obtenidos de diferentes modelos de siembra. *Entramado*, 12 (2). doi: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n2.24212>

Reyes, H.; Vivas, J. y Romero, A. 2000. La calidad del cacao; Cosecha y fermentación. FONIAP. MaracayAragua. Boletín Divulgativo N° 66. 8 p. Consultado el 15 de noviembre del 2004. Disponible en www.ceniap.gov.ve/bdiguital/fdivul/fd66/texto/calidadcacao.htm

Ramos, G.; Ramos, P. y Azócar, A., 2000. Beneficio del Cacao, In Manual del Productor de cacao, Mérida Venezuela, p. 58 69.

Rivera, R., 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*, 5(1), 7-12. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4149700.pdf>

Rodríguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H., Contreras-Ramos, S., Orosco-Avila, E., Jaramillo-Flores, I., & Lugo-Cervantes, E. (2012). Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*, 132. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.078>

Rufino, L. (2012). Manual para el proceso de cosecha y post cosecha de cacao validado en la Región Tumbes. Tumbes: autor.

9. ANEXOS

9.1 DEDICATORIA.

Dedicamos esta tesis a todas las personas que han depositado su confianza en nosotros, han creído y han tenido fé en nuestra capacidad de trabajo durante mucho tiempo, a nuestras familias que están presentes y las que nos dejaron en el camino pero que confiaron en nuestro trabajo, a nuestros hijos que son la razón de todos nuestros esfuerzos por dejar un legado de ciencia y a nuestros amigos cuyo apoyo moral fue invaluable.

Víctor y Abimel

9.2 AGRADECIMIENTO

Nuestro principal agradecimiento al divino creador que nos ha permitido tener salud y sapiencia para lograr terminar una carrera tan ansiada, como también nuestro sincero agradecimiento a los profesores de la UNT, por su valioso apoyo en brindar su conocimiento durante estos años académicos, con la siempre guía del Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete, la Asesoría de los Dres. Faustino Sanjinez Salazar y, Víctor Manuel Reyes, como también los aportes de mucha importancia de los Ing. Mg. Milton Valladolid Ramos y Alexis Clavijo Zarate.

A los productores de la Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes, que nos brindaron las facilidades y apoyo para desarrollar la presente tesis.

Víctor y Abimel

9.2 Matriz Resumen

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Título: EFECTO DEL PESO DE LOS GRANOS SECOS DE *Theobroma cacao* L Y EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL LICOR DE CACAO EN EL PROCESO DE POST COSECHA EN EL VALLE DE ZARUMILLA.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVOS GENERALES	MÉTODOS				
¿Cuál es el efecto del peso de los granos secos de <i>theobroma cacao</i> y el tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del licor de cacao en el proceso de post cosecha en el valle de Zarumilla?	La combinación del calibre (peso de los granos secos) y días de fermentación en el proceso de post cosecha de cacao definirá la calidad sensorial y organoléptica del licor de cacao en el valle de Zarumilla.	1. Analizar la interacción entre el peso de los granos secos de <i>theobroma cacao</i> y el tiempo de fermentación en el proceso de postcosecha en el valle de Zarumilla. 2. Evaluar el efecto del peso de los granos secos de <i>theobroma cacao</i> y el tiempo de fermentación en la calidad organoléptica sensorial del licor de cacao en el proceso de post cosecha en el valle de Zarumilla.	<p>Es una investigación experimental que partió de un diseño factorial 3x3, donde se empleó el diseño de bloques aleatorio con arreglo de parcelas divididas, con 9 tratamientos y 3 repeticiones, considerando al factor el peso de los granos secos de cacao (C) y al factor tiempo de fermentación (F) como sub parcelas.</p> <p>Se aplicó la estadística descriptiva para caracterizar las variables.</p> <p>El análisis inferencial (α: 0,05) incluyó pruebas paramétricas de correlación (Pearson), y de comparación de medias (ANOVA).</p> <p>Las pruebas no paramétricas permitieron conocer la normalidad de los datos (K-S), así como obtener los coeficientes de correlación (Tau de Kendall) y comparar grupos (Kruskall-Wallis).</p>				
Objetivos específicos:	VARIABLES 1. Peso de los granos secos. 2. Días de fermentación 3. Calidad sensorial y organoléptica del licor de cacao.		<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th data-bbox="188 1010 1433 1070"></th> <th data-bbox="1433 1010 2045 1070">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="188 1070 1433 1348"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer las características físicas de las muestras de granos de cacao objeto de estudio. 2. Determinar las relaciones entre peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación. 3. Comparar el porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación). 4. Valorar las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao. 5. Determinar las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao. 6. Comparar las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación). </td> <td data-bbox="1433 1070 2045 1348"> <p>El licor de cacao resultó ser astringente y ácido, con valores intermedios de frutos secos, amargor, dulzura, cacao, nuez, herbales y florales. Las combinatorias por tratamiento parecieran ser un factor que influye en las notas sensoriales menos frecuentes (frutos frescos, maderas y especies). Sin embargo, aún no puede considerarse a los tratamientos realizados como determinantes de la calidad sensorial.</p> </td> </tr> </tbody> </table>		RESULTADOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer las características físicas de las muestras de granos de cacao objeto de estudio. 2. Determinar las relaciones entre peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación. 3. Comparar el porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación). 4. Valorar las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao. 5. Determinar las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao. 6. Comparar las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación). 	<p>El licor de cacao resultó ser astringente y ácido, con valores intermedios de frutos secos, amargor, dulzura, cacao, nuez, herbales y florales. Las combinatorias por tratamiento parecieran ser un factor que influye en las notas sensoriales menos frecuentes (frutos frescos, maderas y especies). Sin embargo, aún no puede considerarse a los tratamientos realizados como determinantes de la calidad sensorial.</p>
	RESULTADOS						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer las características físicas de las muestras de granos de cacao objeto de estudio. 2. Determinar las relaciones entre peso del grano de cacao en seco, el calibre del grano y el porcentaje de fermentación. 3. Comparar el porcentaje de fermentación con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación). 4. Valorar las impresiones generales sensoriales y organolépticas del licor de cacao. 5. Determinar las relaciones entre las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao. 6. Comparar las variables sensoriales de la calidad organoléptica del licor de cacao con base en el tipo de tratamiento (combinación calibre * días de fermentación). 	<p>El licor de cacao resultó ser astringente y ácido, con valores intermedios de frutos secos, amargor, dulzura, cacao, nuez, herbales y florales. Las combinatorias por tratamiento parecieran ser un factor que influye en las notas sensoriales menos frecuentes (frutos frescos, maderas y especies). Sin embargo, aún no puede considerarse a los tratamientos realizados como determinantes de la calidad sensorial.</p>						

9.3 Imágenes

ANEXO 2

Identificación de frutos

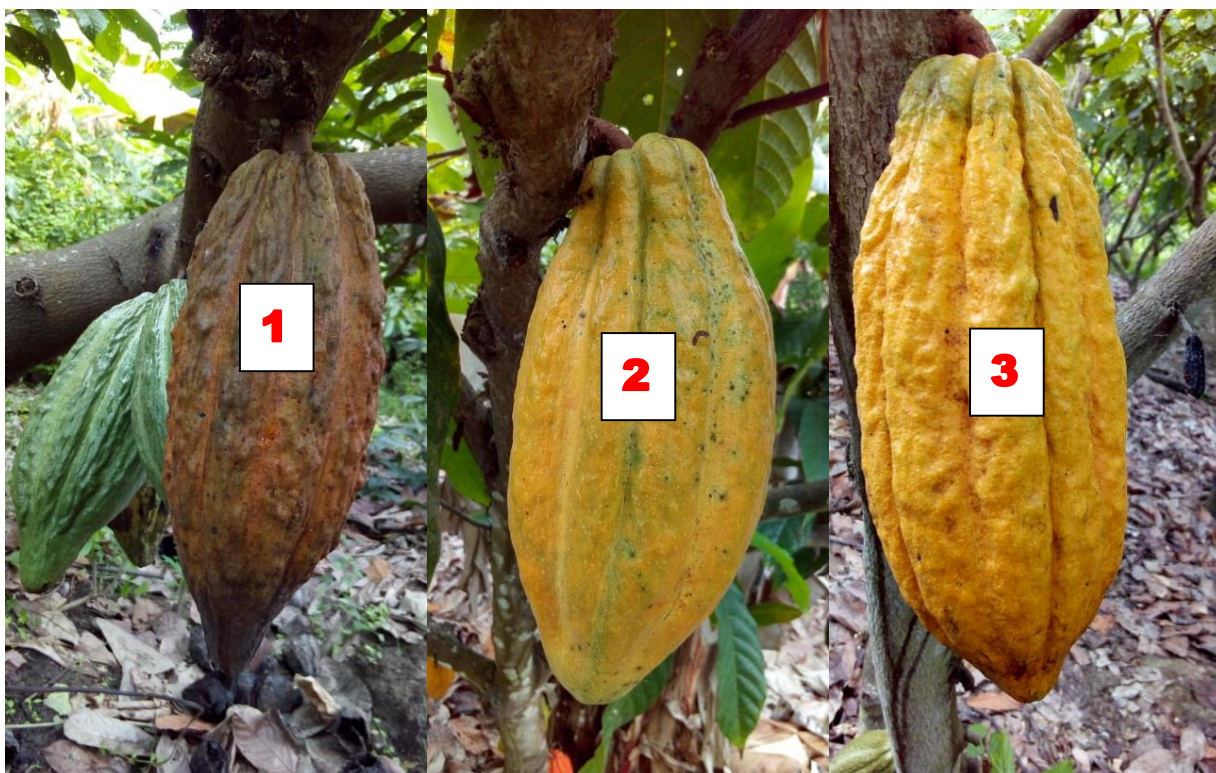


Figura 1: Los 3 genotipos de frutos productivos materia de la investigación: CAT-149(1) CAT - 34(2) y Criollo productivo (3).

ANEXO 3

Cosecha de frutos



Figura 2 Cosecha de frutos en plena madures fisiológica para la investigación.

ANEXO N° 4**Quiebra de mazorcas**

Figura 3 Quiebra con machete sin filo de uso particular para esta actividad.

ANEXO 5**Extracción de los granos**

Figura 4 Se extrajeron granos enteros y sanos y se colocaron en recipientes separados

ANEXO 6**Pesado de los granos frescos.****Figura 5 Pesado de granos frescos en una balanza de precisión digital**

ANEXO 7**Preparación de muestra fresca.**

Figura 6 Preparación de la muestra en bolsas de tela de malla con el cacao fresco

ANEXO 8**Fermentación.**

Figura 7 El proceso de fermentación en los cajones fermentadores

ANEXO 9

Secado



Figura 8 Secado al sol sobre losas de cemento

ANEXO 10

Medición de Humedad



Figura 9 Medición de humedad con la ayuda de un higrómetro

ANEXO 11**Pesado de muestras****Figura 10 Pesado de muestras para determinar el rendimiento**

ANEXO 12

Análisis físico



Figura 11 Análisis físico de los granos utilizando el formato de NTP.

ANEXO 13**Análisis Sensorial**

Figura 12 Análisis sensorial realizado en el Laboratorio de Calidad de la APPCACAO en Lima