

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

RELACIÓN ALTITUDINAL Y CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL CACAO
(Theobroma cacao L.).

POR

RAMÓN DELGADO DELGADO.

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO DE 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

RELACIÓN ALTITUDINAL Y CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL CACAO
(*Theobroma cacao L.*).

POR

RAMÓN DELGADO DELGADO

NORMAN LEONEL MERCADAL M. Sc.

Asesor Principal

ESMELYN OBED PADILLA M. Sc.

ROBER DANILO RUBI M. Sc.

Asesores auxiliares

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO DE 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el Departamento Académico de Investigación y Extensión Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura: **M.Sc. NORMAN LEONEL MERCADAL, M.Sc. ROBER DANILO RUBY, M.Sc. ESMELYM OBED PADILLA**. Miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **RAMÓN DELGADO DELGADO** del IV Año de la Carrera de Ingeniería Agronómica presentó su informe.

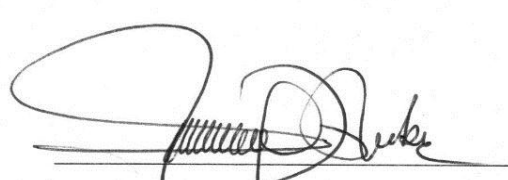
“RELACIÓN ALTITUDINAL Y CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL CACAO (*Theobroma cacao L.*)”

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

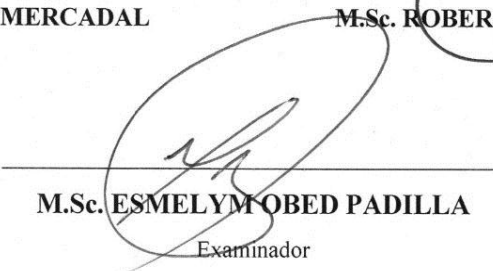
Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veintiuno días del mes de junio del año dos mil dieciséis.


M.Sc. NORMAN LEONEL MERCADAL

Consejero Principal


M.Sc. ROBER DANILO RUBY

Examinador


M.Sc. ESMELYM OBED PADILLA

Examinador

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por brindarme las oportunidades, sabiduría y fortalecerme para poder afrontar todas sus pruebas día a día.

A mis padres, Jesús Delgado y Balería Delgado Delgado, por ser ellos mi mayor ejemplo y brindarme su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A nuestro Padre Celestial por darme fuerzas para vencer todas las adversidades que en mi camino se presentaron y por iluminarme en cada situación de mi vida, ya que sin su ayuda no somos nada y es imposible lograr nuestros objetivos y alcanzar nuestras metas

A mis padres y hermanos por darme siempre todo el apoyo y la motivación necesaria para poder culminar mis estudios superiores dentro de esta universidad

A la Universidad Nacional de Agricultura por haber extendido sus fronteras más allá de Honduras y permitirme ser un miembro más de esta gran familia universitaria, permitiéndome a través de su personal de docentes, técnicos y trabajadores realizar mis estudios de educación superior con mucho éxito.

A la Asociación Pueblos Franciscanos de Muchachos y Muchachas (APUFRAM) por su lucha incansable para que muchos jóvenes tengan la oportunidad de recibir el pan del saber y puedan superarse, por haberme adoptado y tratado como un miembro más de esa familia,

Agradezco a los Ingenieros Norman Leonel Mercadal, Robert Danilo Rubí, Esmelyn Obed Padilla y Héctor Aguilar por su voluntad desinteresada en formar parte del equipo de evaluadores de este trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos Melida Rosibel Cruz, Dulce María Domínguez, Dora Xiomara Castro, Israel Antonio Corrales, Gabriel Antonio Domínguez, por todo lo que vivimos juntos en nuestra estadía en la Universidad Nacional de Agricultura.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2. Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Generalidades sobre la producción de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	3
3.1.1 Tipos genéticos	4
3.1.2 Propagación sexual	6
3.1.3 Propagación asexual	6
3.2 Requerimientos edafoclimaticos	8
3.2.1 Aspectos de suelo y clima	8
3.2.2. Altitud	8
3.3. El Cacao en el Mundo	9
3.4. Producción de cacao en Honduras	9
3.5 Enfermedades más comunes en el cultivo de cacao	9
3.5.1 La moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>)	10
3.5.2. Mazorca negra (<i>Phytophthora palmivora</i>)	10

3.6 Calidad del cacao	10
3.6.1 Calidad física del grano	11
3.6.2. Calidad organoléptica del grano	12
3.7. Principales factores que afectan la calidad.....	15
3.8. Beneficiado del cacao	17
3.8.1 Cosecha.....	17
3.8.2 Fermentación	18
3.8.3 Secado	19
3.8.4 Almacenamiento	19
IV MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1 Ubicación del experimento	20
4.2. Materiales y equipo	20
4.3. Factores en estudio	20
4.4. Diseño experimental.....	21
4.5 Manejo del experimento	21
4.5.1 Cosecha.....	21
4.5.2 Fermentación	21
4.5.3 Secado	22
4.5.4. Almacenamiento	22
4.6 Variables a evaluar	22
4.6.1 Peso de 100 almendras	22
4.6.2 Número de almendras en 100 gramos	22
4.6.3 Porcentaje de testa o cascarilla	23
4.6.8 Sabores básicos	23
4.6.9 Sabores específicos.....	23
4.6.10. Sabores adquiridos	23
4.7. Análisis estadístico	24

V RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
5.1 Características físicas	25
5.1.1 peso de 100 almendras	25
5.1.2 Numero de almendras en 100 gramos	26
5.1.3. Porcentaje de testa.....	27
5.2 Características organolépticas	28
5.2.1 Sabores básicos	28
5.2.3. Sabores adquiridos	31
VI CONCLUSIONES	32
VII RECOMENDACIONES	33
VIII. BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS.....	40

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Resultados promedio y agrupación de media utilizando el método de Tukey para las variables peso de 100 almendras (g), número de almendras en 100 gramos y porcentaje de testa. -----	25
Cuadro 2. Valores promedio y agrupación de media utilizando el método de Tukey para los atributos acidez, amargor y astringencia. -----	28
Cuadro 3 Valores promedio para la característica sabores específicos y agrupación de media utilizando el método de Tukey. -----	29

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Relación de la altitud con el peso de 100 almendras.	26
Figura 2. Relación de la altitud con el número de almendras en 100 gramos.	27
Figura 3. Relación de la altitud con el porcentaje de cascarilla.	28
Figura 4. Efecto de la altitud sobre los sabores básicos (ácidos, amargor y astringencia)	29
Figura 5. Relación de sabores específicos con la altitud	30

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza de la variable peso de 100 almendras.	40
Anexo 2. Análisis de varianza de la variable número de almendras en 100 gramos	40
Anexo 3. Análisis de varianza para el porcentaje de cascarilla.	40
Anexo 4. Análisis de varianza para el atributo cacao.	40
Anexo 5. Análisis de varianza para el atributo acidez.	40
Anexo 6. Análisis de varianza para el atributo astringencia.	41
Anexo 7. Análisis de varianza para el atributo amargor	41
Anexo 8. Análisis de varianza para el atributo afrutado.	41
Anexo 9. Análisis de varianza para el atributo floral.	41
Anexo 10. Análisis de varianza para el atributo nueces.	42
Anexo 11. Análisis de varianza para el atributo panela.	42
Anexo 12. Análisis de varianza para el atributo crudo/verde.	42

Delgado Delgado, R. 2016. Relación altitudinal y calidad organoléptica del cacao (*Theobroma cacao L.*). Tesis Ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. 42 pág.

RESUMEN

En el marco de la investigación se evaluó la relación que existe entre la altitud y la calidad física y organoléptica del grano de cacao, dicha investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y el Centro de Enseñanza Demostrativo de Cacao Jesús Alfonso Sánchez (CEDECJAS) en la Másica, Atlántida, utilizando diseño completamente al azar para las variables físicas, siendo estas: peso de 100 almendras, número de almendras en 100 gramos, porcentaje de testa o cascarilla y las variables organolépticas: sabores básicos, sabores específicos y sabores adquiridos, estas evaluaciones fueron realizada por un panel de catadores del grupo de mujeres de la REDMUCH, para todas la variables físicas los niveles de altitud mayores presentaron mejores resultados, sin embargo ninguna de las variables organolépticas presentaron diferencia significativa en ninguno de los niveles, por tanto que la altitud no influye en la calidad organoléptica del cacao.

Palabras claves: Cacao, calidad, organoléptica, altitud, sabor, física.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial por ser un producto muy nutritivo y de mucha importancia para la salud humana. En el cacao hondureño existe un creciente interés como proveedor potencial de cacao de alta calidad; particularmente, el cacao fino tiene características organolépticas interesantes también para los mercados especializados, actualmente se exporta cacao híbrido orgánico y convencional en mayor cantidad ya que son cacaos más resistentes y productivos que el criollo, a raíz de estos se han realizado proyectos que mejoran la economía de los productores como los centros de acopio de cacao, que se ha convertido en la fuente de trabajo de muchos campesinos y el sustento de muchas familias.

Los mercados para los productos y subproducto del cacao son muy exigentes en cuanto a calidad, motivo que ha despertado el interés y el entusiasmo de los organismos a quienes les compete la producción de cacao, de llevar a cabo una serie de investigaciones para determinar las mejores condiciones y prácticas que se han de tener en cuenta para cultivar y obtener cacao de la mejor calidad posible, para cumplir con los requisitos del mercado y obtener mejores ganancias económicas.

La calidad de los subproductos de cacao depende en gran medida de la calidad física y organoléptica que tenga el grano, misma que está influenciada por varios factores ambientales a los que se encuentran sometidas las plantaciones de cacao, motivo que nos lleva a investigar cuáles son esas condiciones ambientales que nos darán una buena calidad organoléptica, para obtener producto de calidad y a la vez competitivo en el mercado.

El trabajo de investigación consistió en determinar cómo influye la altitud tanto en la calidad física del grano como en la organoléptica, ya que son requisitos indispensables para el comercio del cacao en grano y para la elaboración de subproductos del mismo que en la actualidad tienen una fuerte demanda a nivel mundial y es preciso conocer las condiciones en las que podamos obtener esa calidad que el mercado nos exige.

II OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar la relación que existe entre las diferentes condiciones ambientales donde se desarrollan las plantaciones de cacao y la calidad organoléptica.

2.2. Específicos

Establecer bajo qué condiciones de ambiente se obtiene el cacao de mejor calidad en la zona del Litoral Atlántico de Honduras.

Determinar cuáles son las características organolépticas sobresalientes de acuerdo a las condiciones ambientales donde se cultiva cacao.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*)

En el reino vegetal el *Theobroma cacao* (L.) se clasifica en la clase dicotiledóneas pertenece a la familia Malvaceae, del orden Malvales y es una de las 22 especies del *Theobroma*, las otras son silvestres y no comestibles (Martínez 2007)

Theobroma cacao L. es el nombre científico que recibe el árbol del cacao, que en griego significa “alimento de los dioses” fue el nombre dado por Carl Von Linne quien clasificó por primera vez el árbol del cual provienen las almendras de cacao. La palabra viene del maya Ka’kaw (Bartley 2005). Su origen se adjudica a los bosques de Sudamérica (zona Este de Los Andes) y de América Central (especialmente México), siendo los mayas los primeros en cultivarlo (400-500 A. C.) y denominar a su fruto cacao (cac-rojo y cau-fuerza/fuego) (Verdesoto. 2009).

La fruta del cacao es de forma alargada, tiene aproximadamente 25 cm de largo, de 8 - 10 cm de diámetro y pesa entre 300 - 400 gr. La cáscara es carnosa de 20 mm de grosor cubre la pulpa gelatinosa y agri dulce que contiene un alto grado de azúcar. La fruta contiene entre 25 - 50 pepas de semilla en forma de almendra, de sabor amargo y dispuestas en 5 - 8 filas oblongas, una junta a la otra. (Rosero, Toapanta 2008). La semilla del cacao se llama comúnmente “haba” o grano de cacao. El término “haba de cacao” es para designar la semilla que ha sufrido las operaciones de fermentación y necesarias para la preparación del cacao comercial, mientras que el término “grano” o “haba fresca”, para referirse a la semilla tal como es extraída del fruto maduro (Rosero, Toapanta 2008), está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido por ambos cotiledones. El endosperma es

sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y coriácea envuelta en su periferia por una pulpa ácida y azucarada que se llama mucílago (Batista 2009). Desde un punto de vista económico, es la variedad más importante de la familia Theobroma, según Tinoco (2010), es uno de los productos que demanda el mercado agrícola internacional; algunas compañías han invertido desde sus inicios en investigación y desarrollo.

3.1.1 Tipos genéticos

Hay tres diferentes tipos genéticos: Criollo o dulce, Forastero y Trinitario, los cuales poseen características muy bien definidas (Batista, 2009).

Cacao criollo o dulce

Esta variedad es un árbol relativamente alto, con ramas con ángulos agudos y pronunciados, las mazorcas en su mayoría son de tamaños grandes, se identifica por tener una cáscara rugosa, con diez surcos, bien definidos, delgada y suave generalmente el extremo inferior es puntiagudo y a veces torcido. El fruto presenta un color verde o rojo, antes de la madurez. La almendra, es más gruesa que la de los demás cacaos, con un sabor suave y en el interior el color de la almendra es crema o ligeramente violeta (Martínez 2008).

La pulpa, mucílago o baba, es azucarada, esta variedad es muy exigente en suelos y climas, susceptible a algunas enfermedades y plagas, sin embargo es el que da origen al chocolate de mejor calidad (Martínez 2008).

Variedad Forasteros

Este tipo de cacao presenta menor calidad relacionada con el sabor y aroma que confieren sus granos al chocolate elaborado son ellos (Dubón y Sánchez 2011).

El fruto de este tipo de cacao es de apariencia ovalada o amelonada, de forma esférica o calabacillo, de cascara lisa, surcos apenas perceptible, de color verde pálido a blanquecino antes de la madures, el color interno de la almendra es morado oscuro o violeta oscuro, de sabor astringente y amargo, (Dubón y Sánchez 2011).

Esta variedad es considerada como cacao ordinario o corriente constituye la mayoría de los cacaos plantados en Brasil, oeste de África y este de Asia (Dubón y Sánchez 2011).

Variedad Trinitario

Este tipo de cacao es una población híbrida muy heterogénea resultante de cruces espontáneos en la Isla de Trinidad, donde el cacao criollo introducido en un principio por los españoles, se cruzó con forastero llevados probablemente del valle del Orinoco en Venezuela (Dubón y Sánchez 2011).

Estos cruces naturales dieron origen a un tipo de cacao con características intermedias entre criollo y forastero, incluyendo por supuesto la calidad; de manera que heredo en parte la robustez del cacao forastero y a su vez el delicado sabor del cacao criollo (Dubón y Sánchez 2011).

La importancia de la clasificación del cacao ayuda a definir el precio del mismo; por eso el mercado internacional del cacao lo clasifica en dos formas: el cacao ordinario y el cacao fino o de aroma.

El cacao ordinario: son los granos producidos del cacao Forastero, es de baja calidad y se utiliza para la elaboración de manteca de cacao y en productos que tengan una elevada proporción de chocolate.

El cacao fino o de aroma: estos granos provienen del cacao criollo o en su defecto del trinitario, es cacao de alta calidad que usualmente se mezcla con el cacao forastero para rescatar ciertos sabores. Es utilizado para capas de cobertura o cacaos finos de revestimiento (UNCTAD/GATT. 1991)

3.1.2 Propagación sexual

La reproducción sexual tiene lugar por medio a la unión de dos individuos de géneros diferentes. En cacao el resultado del cruzamiento entre dos clones da lugar a una planta híbrida, cuyas características genéticas van a depender de la transmisión de los caracteres de ambos padres. Este tipo de reproducción tiene la ventaja de una producción y manejo de mayor facilidad, pues no implica la necesidad de habilidades especiales, como es el injerto. Las plantas de reproducción sexual resultan más económicas, muestran un alto vigor híbrido, pero al mismo tiempo tienen la desventaja que suelen reproducir características indeseables que resultan en perjuicio de la empresa (Batista, 2009.).

3.1.3 Propagación asexual

Este tipo de propagación consiste en la utilización de partes vegetativas de la planta seleccionada, este método es muy utilizado ya que todas las características de la planta madre la tendrá la nueva planta, esto implica que no hay cambio en la constitución genética de la nueva planta (Torres, 2012).

Hay diferentes formas de reproducir las plantas en forma asexual. En el cultivo del cacao las más usadas son la reproducción por estacas, la reproducción por injerto y la reproducción por acodos (Batista 2009).

Estacas

Para esta se realiza tanto trabajo en finca como de vivero; en finca es donde está el material genético, donde se cortan las porciones vegetativas de 30 cm aproximadamente, es conveniente que se realice esta actividad en horas tempranas de la mañana para evitar deshidratación, en vivero se cortan con una tijera dos tercios de las hojas y se les aplica un enraizador, después de esto se deja bajo condiciones anaeróbicas (uso de nilón) de 45 a 60 días hasta que enraíce, luego de esto se elimina el nilón gradualmente una hora por día hasta cumplir las ocho horas, días después ya se puede plantar en campo (PCC s.f.).

Injerto

Se usa mucho la propagación por injerto, el cual debe realizarse en patrones vigorosos y sanos obtenidos de semilla, desarrollados en recipientes ó en el campo. Los árboles más viejos se pueden injertar siempre que los injertos se hagan en varetas jóvenes ya presentes o en brotes que se producen después de que las plantas han sido podadas, hasta una altura de 30 a 50 cm (abcAgro 2002).

Acodos

Esta técnica consiste en someter a enraíce una rama joven de la planta de cacao aun estando unida en la planta, a través del corte de la corteza en forma de anillo alrededor de la rama y se utiliza un sustrato húmedo, ya sea suelo o musgo para proporcionarle las condiciones idóneas para el enraizamiento, luego se amarra protegiendo con bolsa plástica sujeta por cabuya en ambos extremos evitando la entrada de aire. Dentro de 30 días este ya está enraizado y se planta en la bolsa cortando la rama 15 a 20 cm debajo del acodo para después sembrar (PCC s.f.).

3.2 Requerimientos edafoclimaticos

El desarrollo de la planta de cacao y su rendimiento está íntimamente relacionado con las condiciones medio ambientales del lugar donde se va a cultivar. Debido a eso, los factores climáticos influyen en la producción de la plantación, por tal motivo las condiciones térmicas, de humedad y luminosidad deben ser las óptimas para el cultivo. La época de floración, brotación y cosecha están regulados por el clima. Debido a estos factores es importante implementar calendarios agroclimáticos para un óptimo desarrollo del cultivo (Torres, 2012).

3.2.1 Aspectos de suelo y clima

Los suelos de textura media, o sea los suelos arcillo-arenosos, con un espacio radical de profundidad de un metro, con buena capacidad de drenaje, donde no ocurran encharcamientos de agua en los períodos de mucha lluvia y donde el pH es de 5.5 a 6.5 son los buenos para cultivar cacao. El clima debe ser fresco con temperatura promedio al año de entre 24 a 25 °C. La lluvia debe ser bien distribuida, con un mínimo de 1,200 mm anual. Los vientos fuertes causan daños al cacao, por lo que es importante evitar el cultivo en zonas donde por naturaleza los vientos son de alta velocidad. En tal caso conviene tener árboles rompevientos para reducir los efectos (Batista 2009).

3.2.2. Altitud

El cacao se cultiva desde el nivel del mar hasta los 800 msnm, sin embargo, plantaciones cerca de la línea del ecuador se desarrolla de manera normal en altitudes mayores a los 1000 msnm hasta los 1400 msnm; siendo por estas razones la altitud un factor no determinante para un desarrollo óptimo del cultivo (Torres, 2012).

3.3. El Cacao en el Mundo

El cacao es uno de los cultivos alimenticios que desde el punto de vista tecnológico e industrial ha tenido un avance más lento. Quizás una de las razones se debe a su carácter altamente minifundista y las características de incompatibilidad genética que lo caracterizan (Batista 2009).

En el aspecto de su reproducción en los últimos años el productor está regresando a su etapa de inicio del cultivo, después de la revolución genética, con la recombinación de genes para la obtención de plantas biclonales F1 para mejorar la producción, resistencia a enfermedades y la calidad. Las investigaciones giran de nuevo a la práctica de reproducción asexual por medio de injertos y estacas enraizadas (Batista 2009).

3.4. Producción de cacao en Honduras

Honduras en 2010 produjo 850 Tm y se ubica en el lugar 37 de los países productores de cacao, participando en un 0.03% de la producción mundial. Las áreas de producción de cacao actualmente están localizadas en los departamentos de Atlántida, Cortés, Santa Bárbara, Gracias a Dios y Olancho. La producción de cacao proviene de unidades de producción constituidas por pequeños productores con una área de producción que varía entre 0.70 y 29 hectáreas, donde más del 75% de los productores tienen menos de dos hectáreas y el 95% de los productores son de bajos recursos económicos (FAOSTAT 2011).

3.5 Enfermedades más comunes en el cultivo de cacao

Las enfermedades son el factor biótico de mayor impacto para la producción de cacao en Latinoamérica y el mundo (Philips y Cerda 2009).

3.5.1 La moniliasis (*Moniliophthora roreri*)

La Moniliasis ataca únicamente el fruto, puede afectar la mayoría de éstos cuando las plantaciones están mal manejadas, principalmente con exceso de sombra, falta de poda y altura excesiva, que dificulta la realización de todas las prácticas de manejo de la plantación, incluyendo la cosecha y el retiro periódico de frutos afectados por la enfermedad (FHIA, 2012).

3.5.2. Mazorca negra (*Phytophthora palmivora*)

Esta enfermedad ataca varias partes de la planta pero los daños más importantes se dan en los frutos, particularmente en los cercanos a la madurez. Produce una mancha café de borde regular y de crecimiento rápido que llega a cubrir al fruto en pocos días. Internamente, causa una pudrición café (CATIE, 2000).

3.6 Calidad del cacao

La calidad es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo cacaotero y el nivel que se logre conseguir de la misma, determinará la mayor o menor demanda que tenga en el mercado el producto final del proceso agrícola; esto es, el cacao en grano (Reyes, Vivas y Romero, 1999).

La calidad del cacao depende de las exigencias de cada mercado y del fin a que se lo destine (Graziani, 2003), siendo el cacao la materia prima del chocolate, la calidad comprende las características físicas que se refiere al tamaño y presentación de las almendras y las características organolépticas (sabor y aroma) que posea una determinada muestra de cacao, que asegure su fabricación (Cros, et al, 1994).

3.6.1 Calidad física del grano

La calidad física se basa principalmente en la presentación exterior del grano, que no necesariamente coincide con un buen sabor y aroma a chocolate (Moreira, 1994). Por su parte Enríquez (1995) y Pastorelly (1992), relacionan la calidad del grano con la calificación que dan los países compradores y fabricantes de chocolate a las almendras de cacao por su apariencia, grado de fermentación, humedad, materiales extraños, mohos, insectos, entre otros.

Quiroz (1990), al referirse al peso de la almendra o índice de semilla, menciona que este es más alto en la época de verano, ya que dicho índice está influenciado por el ambiente y la conformación genética de los progenitores.

Pinto y Álvarez (2001) y Calderón (2002), señalan que el porcentaje de fermentación se lo determina mediante la “prueba de corte” utilizada a nivel mundial para evaluar el grado de fermentación del cacao.

Ramos, Ramos y Azócar, (2000) y Jiménez (2003), determinan que el grado de fermentación se clasifica dentro de las siguientes categorías:

Almendras de color marrón o café: poseen una fermentación muy completa, los ácidos han matado al embrión y a las vacuolas de pigmentación, estas almendras son muy hinchadas y se separan fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptimo para elaborar chocolates gourmet.

Almendras marrón o violeta: indican una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado y una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es regular pero aprovechable para producir chocolate

Almendras violetas: son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido.

Almendras pizarrosas (de color gris): presentan un aspecto compacto de color gris negrusco, lo cual indica ningún efecto de fermentación, por lo que desarrollan sabores amargos y astringentes

3.6.2. Calidad organoléptica del grano

Un punto dominante en la calificación del cacao de exportación se basa en las características organolépticas (sabor y aroma), tales como el amargor y la astringencia, que están intrínsecas en las almendras de cacao, requisito fundamental para la elaboración de chocolates finos (Armijos, 2002) y (Calderón, 2002).

Navarrete (1992), Moreira (1994), y Pérez (1999), coinciden y resumen las cualidades organolépticas que deben reunir los granos de cacao que son deseados por los fabricantes para procesar un producto de buena calidad, siendo estas las siguientes: 1) capacidad para desarrollar un buen chocolate, aroma (a cacao), y 2) libres de sabores secundarios especialmente humo, moho y acidez excesiva.

Romero (2004), menciona que los fabricantes de chocolate realizan pruebas complejas para determinar las cualidades organolépticas del grano. En los cacaos finos, tratan de encontrar delicados matices de sabor y en los básicos se preocupan más de que no tengan sabores extraños. Además, describe que los peores defectos que se pueden encontrar en los licores de cacao son el sabor a humo, ocasionado por el secado artificial del cacao y el olor a jamón ahumado ocasionado por una sobre fermentación.

Para el fabricante, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. Esta prueba permite medir, analizar e interpretar reacciones de las características de los alimentos, los cuales son percibidos por los sentidos de la vista, olfato y gusto es decir sabor y aroma (Jiménez, 2003).

Sabor y aroma

Las características especiales del sabor y aroma del cacao no solo provienen del tipo de cacao; forastero, trinitario o criollo; sino también de las condiciones de clima, la composición del suelo, la región donde se cultiva y principalmente el trabajo del artesano del cacao, el agricultor (casaLuker).

Voltz (1990), Ramos, Ramos y Azócar (2000) y Jiménez (2003), manifiestan que los sabores más frecuentes que se pueden encontrar en una degustación en licores de cacao, son los siguientes:

Sabores básicos

Acidez, se la describe como un sabor ácido, debido a la presencia de ácidos volátiles y no volátiles y se la percibe a los lados y al centro de la lengua, se lo puede relacionar con las frutas cítricas y vinagre.

Amargor, sabor fuerte, generalmente debido a la falta de fermentación. Se percibe en la parte posterior del paladar o en la garganta, se lo relaciona con el café, cerveza caliente y la toronja.

Astringencia, más que un sabor es una sensación que causa una contracción de la superficie de las mucosas de la boca, dejando una sensación seca y áspera en la lengua, además produce salivación generalmente debido a la falta de fermentación y se percibe en toda la boca,

lengua, garganta y hasta en los dientes. La referencia es cacao no fermentado, inicialmente se percibe un sabor floral pero después es amargo, parecido a al sabor de las hojas de plátano.

Dulce, este sabor es percibido en la punta de la lengua.

Salado, se percibe a los lados de la lengua y produce salivación

Sabores específicos

Cacao, describe el sabor típico a granos de cacao bien fermentados, tostados y libre de defectos. Referencia barras de chocolate de cacao fermentado.

Floral, son aquellos licores con sabor y aroma a flores, casi perfumado. Referencia flores de cítricos.

Frutal, caracterizan licores con sabor a fruta madura. Esto describe una nota de aroma a dulce agradable. Referencia cualquier fruta seca o cacao fresco almacenado.

Nuez, se describe como un sabor similar a la nuez, característico de los cacaos tipo Criollos y Trinitarios.

Sabores adquiridos

Moho, describe licores con sabor mohoso, generalmente debido a una sobre fermentación de las almendras o a un incorrecto secado. Referencia sabor a pan viejo o musgo.

Crudo/verde, se presenta con aroma desagradable, generalmente debido a la falta de fermentación o falta de tostado.

La calidad aromática de un chocolate está relacionada con el origen de las almendras, con la fermentación y secado y con el tostado (Cros, 2004 a). El aroma del cacao incluye varias fracciones determinadas en los granos frescos: una fracción constitutiva (presente en la almendra fresca), de una fracción desarrollada durante la fermentación y secado y por ultimo por una fracción formada durante el tostado (Cros, 1997).

Según Braudeau (1970), el aroma a chocolate se forma desde el momento en que ocurre la muerte del embrión, al tiempo que se producen la rápida destrucción de las antocianinas, proporcionándole a las almendras de cacao el sabor y aroma característico del chocolate.

Torrefacción o tostado

El tostado del cacao se lleva a cabo con el propósito de facilitar la eliminación de la cascarilla y para que los precursores del sabor (azúcares, aminoácidos, y otros que se forman durante la fermentación) se combinen y produzcan los olores y sensaciones típicas del sabor a chocolate y otras notas sensoriales como: sabor floral, frutal y nuez, dependiendo del tipo de cacao (Amores, 2004).

El proceso de tostado contribuye a desarrollar el aroma característico del cacao. En esta etapa son importantes, el control del tiempo y de la temperatura de tostado (Álvarez, Pinto y Pérez, 2001). Altas temperaturas y largo tiempo de tostado eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma y favorecen primero al desarrollo de un aroma térmico y luego a un sabor a quemado (Cros, 2004 b).

3.7. Principales factores que afectan la calidad

Genética

La variabilidad genética en cacao tiene gran influencia en las características de las almendras de cacao, el sabor, color, tamaño de la almendra, contenido de manteca y sobretodo, aroma que pueda desprender después de la torrefacción (Braudeau, 1970 y Moreno y Sánchez, 1989).

Un cacao de determinado origen genético presenta propiedades organolépticas muy características (Moreira, 1994). Así se pueden identificar dos tipos de granos de cacao: cacao común, proveniente de árboles Amazónicos, ubicados bajo la denominación de Forasteros, y el cacao fino que proviene de árboles Criollos (Calderón, 2002).

Ambiente

Ciertas características de las almendras de cacao se ven afectadas por el ambiente durante el desarrollo de la mazorca. La deficiencia de agua y nutrientes en el suelo reduce el tamaño de las mazorcas y las almendras (Moreira, 1994).

Manejo postcosecha

El manejo postcosecha o beneficio constituye parte fundamental y decisiva para obtener una buena calidad del grano y permitir su correcta comercialización. El precio del producto y la rentabilidad del cultivo se incrementan con un buen beneficio (siempre y cuando haya incentivos para producir calidad), labor que representa entre el 15 y el 20 % de los costos directos de producción. El beneficio adecuado desarrolla en las almendras los principios fundamentales del sabor y aroma inconfundibles del cacao, lo que determina en gran medida su condición de finos y aromáticos, es decir la calidad del producto final (FUNDACITE, 2000).

3.8. Beneficiado del cacao

Normalmente se considera que el beneficio del cacao comprende aquellas operaciones que se hacen al grano después de la cosecha. Sin embargo, muchos autores incluyen, las operaciones de cosecha, pues estas tienen un gran impacto en el resultado final de la calidad de las almendras o granos (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).

El beneficio comprende: cosecha, fermentación, secado y almacenamiento (Reyes, Vivas y Romero (2000).

3.8.1 Cosecha

El estado ideal para cosechar las mazorcas es cuando están maduras. Sin embargo, en el momento de la recolección, no todas se encuentran en ese estado, y se recolectan también las mazorcas que recién comienzan su maduración (pintonas) (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008)

En los períodos “picos” de cosecha, las rondas de recolección se deben realizar semanalmente. No obstante, en las temporadas de menor producción, las cosechas se pueden programar cada dos o tres semanas (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).

Es fundamental no dejar sobremadurar las mazorcas pues se pueden contaminar de algunas enfermedades con hongos (fungosas). Este estado propicia la germinación de los granos, que se considera un defecto de calidad (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).

Las mazorcas verdes no se deben recolectar porque el grano sin madurez origina un producto de mal sabor y aroma (FEDECACAO, s.f).

Al tiempo que se cortan o tumban las almendras o mazorcas una vez maduras, también hay que ir eliminando aquellas que están dañadas y afectadas por enfermedades como monilia o la mazorca negra (Torres, 2012).

3.8.2 Fermentación

Es el proceso fundamental en el beneficio del cacao puesto que en este proceso se desarrollan las cualidades del grano, agradables al gusto y al olfato. Por el contrario una mala fermentación o la ausencia de esta puede demeritar el producto de manera notable (FEDECACAO s.f).

Moreno y Sánchez (1989), Reyes, Vivas y Romero (2000), Ramos (2004) y Portillo, Graziani y Cros (2006), coinciden en 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.

Cuando la fermentación la realizamos adecuadamente, se obtiene granos de calidad con color rojizos que tienen el sabor y el aroma típico del chocolate (Torres, 2012).

Hay muchos sistemas de fermentación, en sacos, en montones pero los mejores resultados de almendras fermentadas se obtienen en cajones de madera, se colocan las almendras dentro de los cajones y se lo cubren con hojas de plátano o banano y se deja reposar durante 48 horas antes de la remoción. Una vez removidas las almendras se cubren nuevamente y se deja reposar otras 48 horas antes de sacar la masa al tendal. El objetivo del volteo es obtener un fermentado uniforme (Torres, 2012).

3.8.3 Secado

Después de la fermentación el cacao se debe secar inmediatamente, no solo para sacar la humedad del grano que debe quedar al 7%, sino también, para que continúen algunas reacciones bioquímicas que finalmente producirán los precursores del sabor. Es tan importante el secado como una buena fermentación. El contenido de humedad de los granos secos no debe ser mayor al 7% por la propensión de los granos a enmohecerse, tampoco debe estar por debajo del 6%, porque los granos se vuelven frágiles y quebradizos (Cubillos, Merizalde y Correa, 2008).

El secado se puede hacer de manera natural al calor del sol y los rayos solares, o también se puede secar de manera artificial ya sea usando una secadora que utiliza combustible, a veces no es muy recomendable porque plantea dos problemas: el secado demasiado rápido y la penetración de humo en las almendras (Torres, 2012).

El proceso de secado debe hacerse en forma lenta y gradual, empezando por pocas horas de exposición al sol durante los primeros días y aumentar progresivamente hasta la plena exposición en los últimos días (Jiménez, 2000).

3.8.4 Almacenamiento

Los granos de cacao deben conservarse en lugares ventilados, libres de humedad y sin ningún tipo de contaminación. Además deben tener una temperatura y humedad adecuadas, para que el material no adquiera humedad durante su almacenaje (Moreno y Sánchez, 1989).

Los sacos con almendras de cacao deben ser almacenados en compartimientos o estantes que estén por encima del suelo con un mínimo de 10 cm. de circulación del aire entre ellos y al granel, en silos adecuados, para una mayor garantía de la calidad del producto (Ramos, 2004).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y el Centro de Enseñanza Demostrativo de Cacao Jesús Alfonso Sánchez (CEDECJAS) en La Másica. Situada, a 18 msnm; la cual se caracteriza por tener una temperatura promedio de 25.5°C, humedad relativa de 83% a 88%, y una precipitación promedio de 2676 mm/año.

4.2. Materiales y equipo

Se evaluaron materiales genéticos de cacao del tipo trinitario, procedente de diferentes zonas climáticas, cajones de madera de 90 cm de largo x 80 cm de ancho x 60 cm de profundidad, termómetro, bandejas de madera, bolsas de papel, balanza de precisión, horno, molino, paletas de madera, rastrillo, lápiz, libreta, tijeras, guillotinas, lupa, potenciómetro, botes de plásticos, descascarilladora, tamiz, mortero.

4.3. Factores en estudio

Se analizaron las características físicas y organolépticas de las almendras de cacao, teniendo como variables: peso de 100 almendras, número de almendras en 100 gramos, porcentaje de testa o cascarilla, sabores básicos, sabores específicos y sabores adquiridos.

4.4. Diseño experimental

Para las variables físicas que se evaluaron en condiciones de laboratorio, se utilizó el Diseño de bloques completamente al azar (BCA), se evaluaron cacao proveniente de 3 sitios con diferentes características agroclimáticas: 18 msnm, 200 msnm y 250 msnm (tratamiento) y tres repeticiones.

4.5 Manejo del experimento

4.5.1 Cosecha

La recolección de las mazorcas se realizó cada 15 días, considerándose solamente frutos maduros y sanos.

4.5.2 Fermentación

El método de fermentación que se usó fue el sistema de micro fermentación, utilizando la cantidad de cacao fresco que se cosecho de cada sitio. Se utilizaron cajones de madera de las siguientes medidas: 90 cm x 80 cm x 60 cm y con perforaciones en el fondo de un cm de diámetro, separadas a 10 cm entre ellas, para facilitar el drenaje de las exudaciones de la parte mucilaginosa de las almendras frescas de cacao, esta masa de cacao obtenida de las muestras recolectadas en las fincas fueron puestas a fermentar. El tiempo de fermentación fue de acuerdo al protocolo desarrollado por la FHIA descrito a continuación:

Se coloca la masa en los cajones con las medidas mencionadas en el párrafo anterior, se cubre con hojas de plátano, se monitorea la temperatura de la masa y del ambiente y se le hacen volteo cada 24 horas, a partir del cuarto día se realizan pruebas de cortes y cuando se alcanza un 68% de fermentación se baja el cacao a las gavetas y se deja en reposo por 18 horas aproximadamente, luego se realiza el pre-secado exponiendo la masa dos horas de sol el primer día, cuatro horas el segundo día, seis horas el tercer día y del cuarto día en adelante ocho horas al día, hasta obtener 6.5% de humedad.

Para determinar las variaciones de temperatura de la masa en fermentación, esta se registró con logger de tres sondas, muestreando a 10 cm, 20 cm y 30 cm de profundidad. Paralelamente, se registró la temperatura del ambiente.

4.5.3 Secado

Concluido el tiempo de fermentación, se realizó el pre-secado de las almendras en bandejas de madera, con exposiciones graduales al ambiente. El primer día se colocó una capa de 3 a 5 cm aproximadamente por dos horas, el segundo día por cuatro horas y desde el tercer día durante ocho horas hasta obtener una humedad de 6.5 a 7 %. Las almendras fueron removidas cada 20 minutos para facilitar el secado.

4.5.4. Almacenamiento

Las muestras fueron almacenadas en bolsas de papel, en el Laboratorio de Calidad de Cacao, hasta el momento de realizar las mediciones de las diferentes variables y preparación del licor de cacao para las evaluaciones sensoriales.

4.6 Variables a evaluar

4.6.1 Peso de 100 almendras

Esta variable se determinó en base al peso de 100 almendras fermentadas y secas, tomadas al azar y expresado en gramos, para lo cual se utilizó una balanza de precisión.

4.6.2 Número de almendras en 100 gramos

Para el registro del número de almendras en 100 gr, se pesaron 100gr de almendras fermentadas y secas; tomadas al azar y luego se contaron.

4.6.3 Porcentaje de testa o cascarilla

El porcentaje de testa, se obtuvo en base al peso de un grupo de 30 almendras fermentadas y secas, misma que fueron separadas de la cascarilla de forma manual, obteniendo su porcentaje mediante la utilización de la siguiente fórmula:

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

4.6.8 Sabores básicos

Acidez, amargo, astringencia y dulce.

4.6.9 Sabores específicos

Cacao, floral, frutal y nuez.

4.6.10. Sabores adquiridos

Crudo/verde

Otros: Esta variable permite hacer notar sabores extraños que se detectaron en las muestras.

Para los tres perfiles de sabores (básicos, específicos y adquiridos) se realizaron evaluaciones sensoriales, que consistieron en degustar cada una de las muestras utilizando los sentidos del olfato y el gusto. Las evaluaciones sensoriales fueron realizadas por un panel de catadores del Grupo de Mujeres REDMUCH.

En todos estos tres perfiles de sabores (básicos, específicos y adquiridos), individualmente se calificó la degustación del licor de cacao usando una escala internacional de 0 a 10 puntos, siguiendo la metodología de Braudeau (1970), donde:

Escala Criterio

0 = Ausente

1 a 2 = Intensidad baja

3 a 5 = Intensidad media

6 a 8 = Intensidad alta

9 a 10 = Intensidad muy alta o fuerte

4.7. Análisis estadístico

De los datos obtenidos de las variables se les aplicó un análisis de varianza al 5% (0.05) de significancia para los tratamientos y las comparaciones entre medias de tratamientos fueron realizadas mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Características físicas

5.1.1 peso de 100 almendras

En el cuadro 1 se muestran las medias obtenidas para las variables físicas peso de 100 almendras, número de almendras en 100 gramos y porcentaje de testa.

Cuadro 1 Resultados promedio y agrupación de media utilizando el método de Tukey para las variables peso de 100 almendras (g), número de almendras en 100 gramos y porcentaje de testa.

Trat.	Peso de 100 almendras (g).	Número de almendras en 100 gramos.	Porcentaje de testa
T ₁	130.4 a	79 a	14.18 a
T ₂	149.5 b	71 b	12.8 b
T ₃	150.3 b	71 b	12.6 b

Las medias que no comparte una letra en la misma columna son significativamente diferentes.

Si existió diferencia estadística significativa en cuanto al peso de 100 de almendras en el análisis de varianza (p-valor 0.005) entre los tratamientos (niveles de altitud), siendo el T₁ quien mostro el peor comportamiento frente a los otros dos tratamiento que estadísticamente son iguales entre ellos. Moreira (1994) afirma que uno de los factores que más afectan la calidad física del grano es el ambiente, de manera que, puede afectar considerablemente el tamaño de las mazorcas y las almendras. Alvarado y Bullard (1961) indican que los compradores de almendras de cacao exigen valores superiores a 100 g para hacerlos aptos para la industria y para el productor, por tanto que las diferentes condiciones evaluadas en este trabajo cumplen con los requisitos de calidad establecidos.

Se debe considerar que la diferencia de altura entre el T₂ y el T₃ es relativamente baja, razón que pudo haber influido para que estos tratamientos se mostraran estadísticamente iguales (ver cuadro 1).

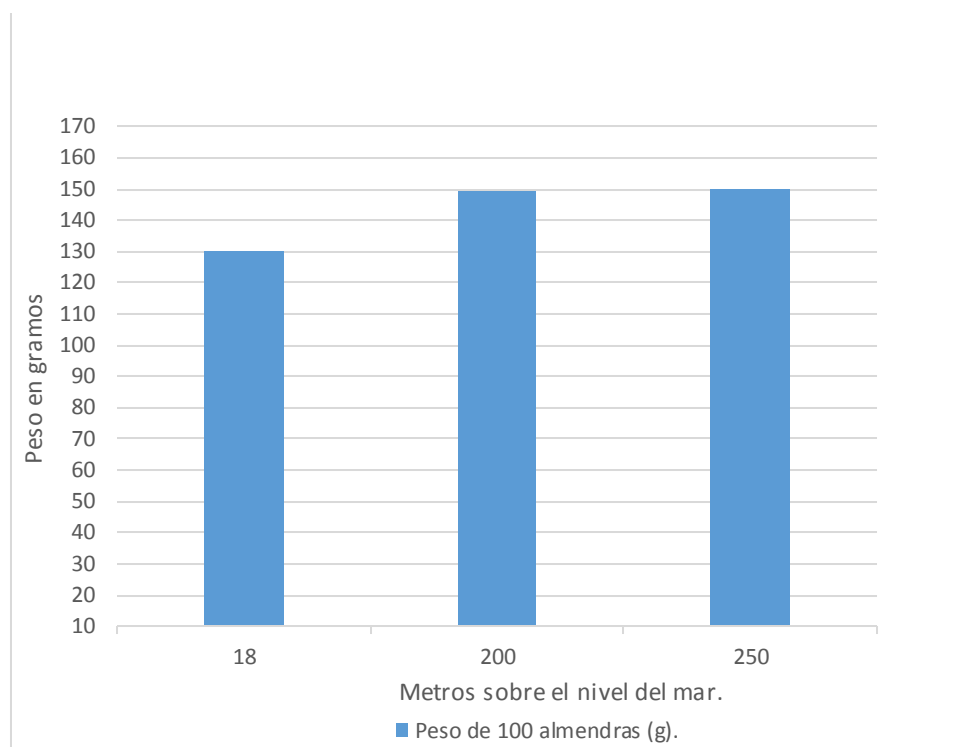


Figura 1. Relación de la altitud con el peso de 100 almendras.

5.1.2 Numero de almendras en 100 gramos

En la variable número de almendras en 100 gramos existió diferencia significativa en el análisis de varianza (p-valor 0.005) entre los tratamientos, siendo T₂ y T₃ estadísticamente iguales superando al T₁, cabe destacar que la diferencia de altura entre el T₂ y el T₃ es de tan solo 50 msnm este pudo ser el motivo por el cual no existió una diferencia estadísticamente significativa (ver cuadro 1). Enríquez (1966), Moreira (1994), indica que para el mercado del cacao es requisito indispensable que las almendras pesen mínimo 1,2 g cada una de ellas, haciendo la relación tendríamos valores de 1.26 g, 1.40 g y 1.40 g por almendra para los T₁, T₂ y T₃ respectivamente, lo que indica que las tres condiciones evaluadas superan el valor mínimo requerido por el mercado de las almendras de cacao.

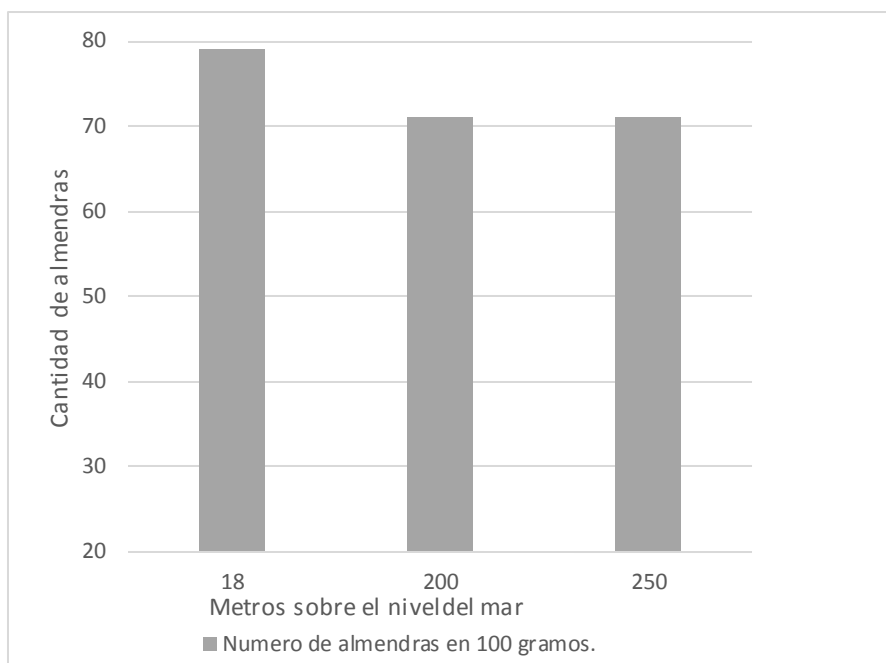


Figura 2. Relación de la altitud con el número de almendras en 100 gramos.

5.1.3. Porcentaje de testa

Para la variable porcentaje de testa se encontró diferencia estadística significativa en el T₁ en comparación con los T₂ y T₃, sin embargo entre ellos no se encontró diferencia estadística significativa (ver cuadro 1).

El T₁ presenta mayor porcentaje de testa y al hacer la relación peso por almendras también presenta el valor más bajo, lo que significa que es el tratamiento con menor tamaño de las almendras, estos resultados obedecen la teoría expuesta por Alvarado y Bullard (1961), quienes mencionan que el contenido de testa de la almendra, guarda una relación inversamente proporcional con su tamaño, por lo cual las almendras pequeñas tienen una proporción mayor de testa que las grandes. Es posible que tal teoría se aplique al comparar el porcentaje de testa en almendras del mismo genotipo, pero no cuando se compara almendras de genotipos diferentes.

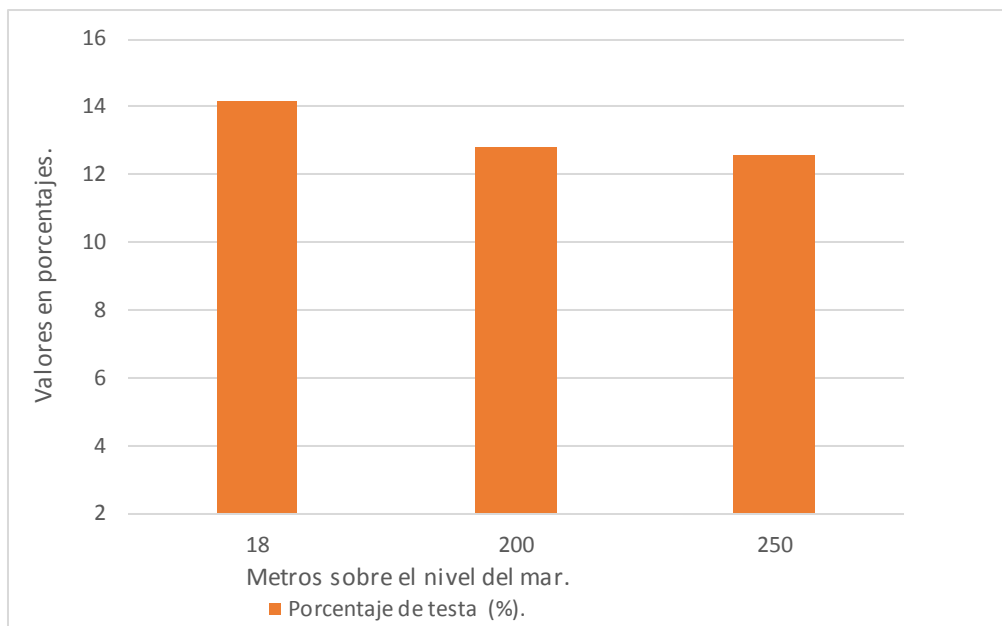


Figura 3. Relación de la altitud con el porcentaje de cascarilla.

5.2 Características organolépticas

5.2.1 Sabores básicos

En el mercado de cacao no existen restricciones para los valores de los sabores básicos, sin embargo valores de intermedio y bajos en la escala de medición son característico de un cacao de buena calidad.

En el cuadro 2 se muestran los valores promedios para los atributos: acidez, amargor y astringencia que en conjunto son los que definen la variable sabores básicos. Cabe mencionar que de la intensidad de estos atributos depende en gran medida la calidad organoléptica del licor de cacao y que no están relacionados el uno con el otro.

Cuadro 2. Valores promedio y agrupación de media utilizando el método de Tukey para los atributos acidez, amargor y astringencia.

Trat.	Acidez	Amargor	Astringencia
T ₁	3.19 a	2.94 a	1.44 a
T ₂	2.63 a	2.38 a	1.25 a
T ₃	2.94 a	1.75 a	1.63 a

No existió diferencia estadística significativa para ninguno de los atributos de sabores básicos en el análisis de varianza (p –valor 0.005) entre los tratamientos

El T₁ mostro valores considerados de intensidad media en la escala de medición de los análisis sensoriales para la acidez, reflejando posiblemente deficiencia en el proceso de fermentación o un secado más violento que los demás tratamientos, estos son los factores que con más frecuencia se ven involucrados en la acidez de los licores de cacao.

Los resultados obtenidos en esta investigación para los sabores básicos coinciden con los encontrados por Verdesoto (2009) en un estudio realizado en cacao procedente de 30, 100 200 y 400 msnm, en el que concluyó que la concentración de los compuestos químicos propulsores del amargor (taninos) y la acidez (ácidos volátiles y no volátiles) no son estadísticamente diferente en los distintos niveles de altitud.

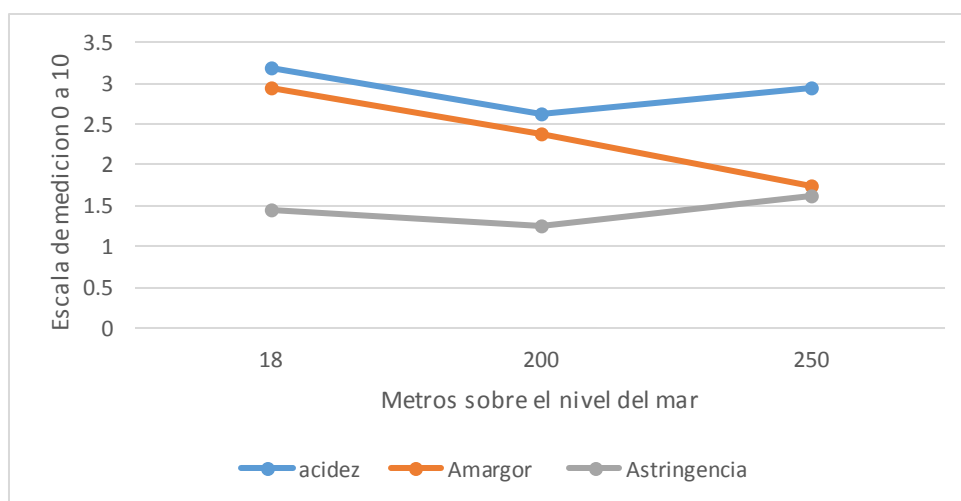


Figura 4. Efecto de la altitud sobre los sabores básicos (acides, amargor y astringencia)

Cuadro 3 Valores promedio para la característica sabores específicos y agrupación de media utilizando el método de Tukey.

Trat.	Cacao	Frutal	Floral	Nueces
T ₁	4.38 a	2.06 a	1.81 a	2 a
T ₂	4.31 a	2.25 a	1.44 a	1.13 a
T ₃	4.25 a	2.19 a	1.38 a	1.13 a

No se encontró diferencia estadística significativa en ninguno de los atributos que caracterizan los sabores específicos en el análisis de varianza (P-valor mayor a 0.05) entre los tratamientos, siendo P-valor: 0.985, 0.832, 0.962 y 0.065 para los atributos cacao, floral, frutal y nuez respectivamente (ver anexos 4, 9, 8 y 10).

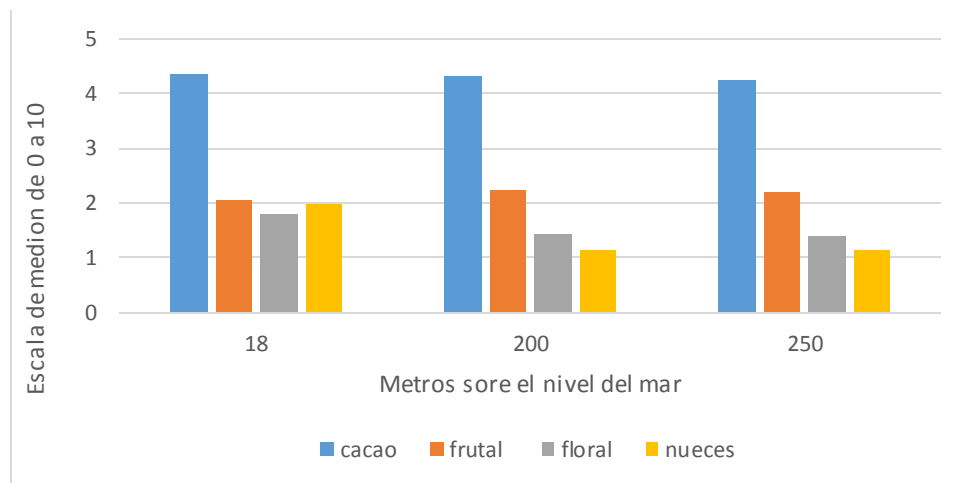


Figura 5. Relación de sabores específicos con la altitud

Los tres tratamientos presentaron notas leves de sabor floral y frutal, pero con un agradable sabor a cacao, debido posiblemente al tipo genético que pertenecen. Ramos, et al (2005) menciona que el sabor a cacao es típico de los cacaos tipo Trinitarios, material que se utilizó en esta investigación.

Hay que destacar que los cacaos considerados finos son los que tienen valores altos en la escala de medición del análisis sensorial en los atributos mencionados en el cuadro 3, el tipo de cacao con los que se trabajó en esta investigación nos son finos pero si es de buena calidad por los resultados obtenidos en el análisis.

5.2.3. Sabores adquiridos

No existió diferencia estadística significativa en el análisis de varianza P – valor 0.005 entre los tratamientos para el atributo crudo o verde que es el sabor adquirido más frecuente en los licores de cacao. Este sabor se da las mayorías de las veces por cuestiones de manejo durante el beneficiado, el secado o por almacenamiento de las almendras de cacao con otros productos que puedan transferir este sabor.

VI CONCLUSIONES

La investigación ha demostrado que la calidad organoléptica del cacao no se ve afectada por la diferencias de altitudes a las que se cultivan las plantaciones, las diferencias que en esta se dan pueden ser atribuidos a factores como el tipo de cacao, grado de madurez al momento de la cosecha, proceso de beneficiado u otros que no están ligados a la altitud.

Las plantaciones que están ubicadas a niveles más bajos de altitud producen almendras de menor tamaño que aquellas que se encuentran en un nivel de altitud mayor, no obstante los tres niveles de altitud evaluados en esta investigación superan el peso mínimo requerido por los mercados nacionales e internacionales del cacao.

Los resultados alcanzados en este estudio mostraron que las muestras provenientes de zonas de menor altitud tienen almendras más pequeñas y mayor porcentaje de testa, coincidiendo con la teoría de Alvarado y Bullard (1961), quienes mencionan que el contenido de testa de la almendra, guarda una relación inversamente proporcional con su tamaño por lo cual las almendras pequeñas tienen una proporción mayor de testa que las grandes.

Todos los niveles de altitud evaluados cumplen con los requisitos establecidos por el mercado de cacao para las variables físicas que se evaluaron.

VII RECOMENDACIONES

Se recomienda repetir esta investigación utilizando un número mayor de tratamiento en donde la diferencia de altitud sea la misma entre cada nivel y con diferentes paneles de captadores para las evaluaciones sensoriales del licor de cacao.

Hacer evaluaciones utilizando diferentes materiales genéticos para diferenciar si en alguno de ellos las características físicas que mostraron diferencia son más afectada que en otros.

Se recomienda establecer plantaciones de cacao en cualquiera de los niveles de altitud con los que se trabajó en esta investigación ya que todas las variables físicas que son las que presentan diferencia están dentro de los rangos que exigen los mercados nacionales e internacionales del cultivo de cacao.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ABCAGRO. 2002. El cultivo del cacao. (En línea) Chile. Consultado 10 agosto 2015. Disponible en: <http://www.abcagro.com/herbaceos/industriales/cacao3.asp#7>. Fertilización.

Amores, 2004 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Armijos, 2002 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Bartley, B. 2005. The Genetic Diversity of Cocoa and its Utilization. First Edition, CABI Publishing, Oxfordshire-U.K. p. 337.

Batista, L. 2009. Guía Técnica El Cultivo de Cacao Santo Domingo, República Dominicana. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF).

Braudeau, J. 1970. El Cacao, Traducido por A. Hernández C., Barcelona, España, Editorial Blumé, 185 234 pág.

Calderón, L. 2002. Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación

con la calidad. Tesis Lic. en Química, Quito Ecuador, Pontificia Universidad Católica. 144 pág.

Cros, et al, 1994 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Cubillos, G. Merizalde, GJ. y Correa, E. 2008. Manual de beneficio del cacao. Colombia N° sn 14-23 pág.

Dubón, A y Sánchez, J. 2011. Manual de producción de cacao: tipos genéticos del cacao. 1a ed. Lima Cortes. FHIA. 208 pág.

FAOSTAT. 2011 citado por Ramírez, OA. 2014. Productividad, compatibilidad floral y tolerancia a enfermedades de 40 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de La Masica, Honduras. Tesis Ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. 92 pág.

FEDECACAO. 2004. El beneficio y características físico química del cacao. Colombia.

FEDECACAO (s.f). El beneficio y características físico química del cacao (*Theobroma cacao*) Colombia.

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) 2012. Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras, La Moniliasis del Cacao: el enemigo a vencer. 1a ed. La Lima, Cortés, HN.

Graziani, 2003 citado por Sánchez, VA. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés

comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83p.

Jiménez 2000 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. .Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Jiménez, 2003 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. .Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Martínez, I. 2008. Diagnóstico sobre la situación actual del Cacao (*Theobroma cacao* L.) y perspectivas sobre la producción de Cacao fino de aroma en Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 61 pág.

Moreira, 1994 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

(Moreno y Sánchez, 1989) citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Navarrete, J. 1992. Evaluación de tiempos y métodos de fermentación con diferentes volúmenes de cacao (*Theobroma cacao* L.) de ascendencia nacional, para condiciones

tropicales húmedas. Tesis Ing. Agr. Portoviejo Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 85 p.

OCDIH (sf). Guía técnica sobre el cultivo de cacao.

Pérez, 1999 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Philips, W. y Cerda, R. 2009. Catálogo enfermedades de cacao en centroamérica. Primera edición (serie técnica, manual técnico) Torrialba/CATIE. C.R. 24 pag.

Pinto, J. y Álvarez, C. 2001. Comparación de parámetros fisicoquímicos de granos tostados de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos zonas del Estado Aragua, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria. Disponible en: www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html

Proyecto Cacao Centroamérica (PCC, C.A.). 2011. Injertos, acodos y estacas de cacao. (video) CATIE, Costa Rica, duración (17 minutos con 20 segundos), color.

Quiroz, J. 1990. Estudio de la compatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.), Tesis Ing. Agr. Babahoyo Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Técnica de Babahoyo. 30 pág.

Ramos, 2004 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Ramos, G.; Ramos, P. y Azócar, A., 2000. Beneficio del Cacao, In Manual del

Productor de cacao, Mérida Venezuela, p. 58 69.

Reyes, Vivas, Romero, 1999 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Rosero, A.M.; Toapanta, R.F. 2008. Diseño de una máquina separadora de la semilla del cacao. Tesis Ing. Agro. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 171 pág.

Sánchez, J. 2014. Evaluación de microorganismo eficiente en el mejoramiento del sustrato usado en la producción de plántulas de cacao de cacao (*Theobroma cacao* L) en la Universidad Nacional de Agricultura. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas , Honduras. 64 pág.

Sánchez, V.A. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

Torres, T.A. 2012. Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Monografía previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Cuenca-Ecuador. Universidad de Cuenca. Fac. Ciencias Agropecuarias. 141 pág.

Verdesoto Estévez, P.S. 2009. Caracterización química preliminar de cacao (*Theobroma cacao*) de los municipios de Omoa y La Masica, Honduras Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano. 74 pág.

Voltz. 1990 citado por Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés

comercial. Tesis Ing Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Quevedo, Ecuador. 83 pág.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable peso de 100 almendras.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	762.842	381.421	2681.87	0
Error	6	0.853	0.142		
Total	8	763.696			

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable número de almendras en 100 gramos

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	128.00	64.00	38.40	0.000
Error	6	10.00	1.67		
Total	8	138.00			

Anexo 3. Análisis de varianza para el porcentaje de cascarilla.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	4.4606	2.2303	40.35	0
Error	6	0.3317	0.0553		
Total	8	4.7922			

Anexo 4. Análisis de varianza para el atributo cacao.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.06	0.03	0.02	0.985
Error	21	42.84	2.04		
Total	23	42.91			

Anexo 5. Análisis de varianza para el atributo acidez.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	1.27	0.64	0.34	0.715
Error	21	39.06	1.86		
Total	23	40.33			

Anexo 6. Análisis de varianza para el atributo astringencia.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.563	0.281	0.39	0.681
Error	21	15.094	0.719		
Total	23	15.656			

Anexo 7. Análisis de varianza para el atributo amargor

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	5.65	2.82	1.27	0.301
Error	21	46.59	2.22		
Total	23	52.24			

Anexo 8. Análisis de varianza para el atributo afrutado.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.15	0.07	0.04	0.962
Error	21	39.19	1.87		
Total	23	39.33			

Anexo 9. Análisis de varianza para el atributo floral.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.9	0.45	0.19	0.832
Error	21	50.56	2.41		
Total	23	51.46			

Anexo 10. Análisis de varianza para el atributo nueces.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	4.083	2.042	3.12	0.065
Error	21	13.75	0.655		
Total	23	17.833			

Anexo 11.Análisis de varianza para el atributo panela.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	1.19	0.59	0.3	0.742
Error	21	41.22	1.96		
Total	23	42.41			

Anexo 12. Análisis de varianza para el atributo crudo/verde.

F.V	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	0.063	0.031	0.09	0.917
Error	21	7.563	0.36		
Total	23	7.625			