

Caracterización morfológica del cacao nacional “Theobroma cacao L.” del cantón Naranjal, Ecuador

Morphological characterization of the national cocoa “Theobroma cacao L.” of Naranjal, Ecuador

Carlos Amador Sacoto¹ <https://orcid.org/0000-0002-5534-5474>,
Arturo Alvarado Barzallo¹ <https://orcid.org/0000-0002-9806-9684>, Simón Ezequiel Farah Asang¹
<https://orcid.org/0000-0003-3245-2936>, Juan Javier Martillo Garcia¹ <https://orcid.org/0000-0002-0182-666X>

¹Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
camador@uagraria.edu.ec, aealvarado@uagraria.edu.ec,
sfarah@uagraria.edu.ec, jmartillo@uagraria.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2022/09/22

Aceptado: 2022/12/10

Publicado: 2022/12/30

Resumen

La investigación se realiza en una zona del cantón Naranjal y para este estudio participan 10 fincas aleatoriamente seleccionadas. Estas fincas se dedican a la producción del cacao nacional o fino de aroma. Adicionalmente, en estos lugares, se desarrollan las observaciones y mediciones destinadas a caracterizar morfológicamente este cultivo de cacao originado a partir de variedades de los tipos Forastero y Trinitario. Para su análisis se aplicaron parámetros de estadística descriptiva a un grupo de variables morfológicas como: peso, largo y ancho del fruto, rugosidad, grosor y coloración del pericarpio, y número de semillas por fruto. Se tomaron 10 mazorcas. Y de cada mazorca se describieron 5 semillas, de estas se tomaron determinaciones de variables como peso, largo ancho y espesor de la semilla, peso de la pulpa y testa. A más de ello, se escogieron 10 flores al azar de cada planta para medir sus estructuras. Luego de analizar cada una de estas variables de forma individual, se aplicó un análisis de regresión múltiple, para obtener información del grado de participación de las variables. Finalmente, se obtuvo variables de coloración de peso, forma y rugosidad del fruto para separar las plantas evaluadas por características fenotípicas similares, las que se sometieron a un ANDEVA para evidenciar cuál de los grupos tenía mayor variabilidad estadística. Se encontró una mayor participación del tipo forastero y menor del trinitario. Se constató que los caracteres de mayor importancia se encuentran en el fruto.

Palabras clave: cacao nacional, caracterización morfológica, fruto, semilla, cultivar.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Amador, C., Alvarado, A., Farah, S. & Martillo, J. (2022). Caracterización morfológica del cacao nacional “Theobroma cacao L.” del cantón Naranjal, Ecuador. *Revista Tecnológica - Espol*, 34(4), 80-97. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/978>

Abstract

This investigation was carried out in Naranjal in ten randomly selected farms. These farms produce national or fine-aroma cocoa. Observations and measurements were made to morphologically characterize the Forastero and Trinitario cocoa. Descriptive statistics parameters were applied to a group of morphological variables such as weight, length, and width of the fruit, roughness, thickness and coloration of the pericarp, and number of seeds per fruit, of each of the plants that make up the sample, according to which ten ears were taken and from each ear, five seeds were described taking determinations of variables such as weight, length, width and thickness of the seed, weight of the pulp, and taste. Likewise, ten random flowers were taken from each plant to measure their structures. After the analysis of each of these variables individually, a multiple regression analysis was applied to obtain information on the degree of participation of the variables. Then, the variables of coloration, weight, shape, and roughness of the fruit were obtained to separate the evaluated plants for similar phenotypic characteristics, that were later subjected to an ANOVA to show which of the groups had greater statistical variability. A greater participation of the Foreign type and less of the Trinitarian type was found. Also, it was found that the most important characters for the characterization are found in the fruit.

Keywords: national cocoa, morphological characterization, fruit, seed, cultivate.

Introducción

Ecuador se caracteriza por poseer un cacao fino de aroma con características organolépticas y sabor agradable lo que le permite ser reconocido en el ámbito mundial por la calidad que presentan sus productos derivados. El sector cacaotero nacional representa a un segmento económico importantes para el país.

La baja productividad de las plantas de cacao nacional provoca que muchos agricultores se vean obligados a sembrar nuevas variedades más productivas como los clones de ccn-51, que presentan mayor resistencia a plagas o enfermedades o híbridos que se puedan adaptar con más facilidad a las condiciones climáticas y edáficas del lugar. Más del 70% de la producción mundial de cacao fino y de aroma se encuentra en Ecuador, convirtiéndolo en el mayor productor de este fruto (Mosquera, B. 2015).

Las principales áreas del país donde se cultiva cacao de tipo Nacional son: Naranjal, Tenguel, Balao Chico y Naranjito (provincia del Guayas); ciertas áreas cacaoteras de las provincias de la Sierra (Bolívar y Cotopaxi); y, en la cuenca del Amazonas, donde se han reportado áreas de cacao Nacional en estado silvestre (Quiroz 1997). Existe en Ecuador una gran variedad de materiales genéticos, de los cuales se pueden mencionar: EET 95 EET 96, EET 103 y EET 576. Estas variedades se las puede identificar mediante características taxonómicas y ubicarlas dentro del grupo de cacao Nacional "arriba" (Romero C, et al 2010).

Los frutos de cacao son una drupa bastante grande, los que están sujetos por un pedúnculo que se origina del pedicelo de la flor. Los frutos tienen cinco lóculos, cada lóculo posee dos partes formadas cada una por dos lomos y un surco interno. Su forma varía y esto ha dado lugar a que se pueda realizar una clasificación de distintos genotipos (Enríquez, 2004).

Las semillas son de forma oblonga, tienen un recubrimiento o cutícula que protege a los cotiledones; y en la parte exterior está el mucilago o hilio que es la parte dulce mucilaginoso la cual permite la fermentación de la semilla, además se puede diferenciar algunos genotipos de cacao por su sabor (Enríquez, 2004).

Las poblaciones de cacao provenientes de la Amazonía se denominan forastero. Los tipos criollos y forasteros son considerados como dos subespecies distintas y se pensó que eran originarias de Centro y Sur América, respectivamente. Un tercer grupo se identifica como trinitario y es descrito como híbrido entre criollo y forastero. Las utilizaciones de marcadores moleculares sobre estos individuos han podido dar respuestas sobre la domesticación y más específicamente sobre la deriva genética (Motomayor, 2002).

Los cacaos criollos se caracterizan por ser arboles relativamente bajos y menos robustos respecto a otras variedades. Su copa es redonda con hojas pequeñas de forma ovalada, de color verde y rojizas en estado inmaduro tornándose amarillas y anaranjadas cuando están maduras, las almendras son de color blanco marfil (Perez, 1996).

El cacao forastero es un tipo de cacao mucho más resistente, y por tal razón, abarca el 90% de la producción cacaotera mundial. Su principal característica es su fuerte amargor, alta astringencia y falta de aroma. Las mazorcas son verdes en estado inmaduro, tornándose amarillas en estado de madurez (Quiroz, 2009).

El cacao trinitario proviene de la hibridación entre los grupos criollo y forastero. La mayoría de las variedades conocidas que se cultivan comercialmente en el mundo, se han seleccionado a partir de este grupo (Enríquez, 2004). Fueron seleccionados en trinidad y de ahí su nombre. Sus características botánicas son intermedias entre el criollo y forastero. Los tipos existentes se denominan de acuerdo con los nombres proporcionados en los centros de investigación de donde fueron seleccionados (Arguello, 2001).

El Cacao Nacional se clasifica botánicamente como el tipo forastero, puesto que tiene algunas características fenotípicas de este. Posee un sabor y aroma característico del cacao criollo, muy apreciados en las industrias de todo el mundo. Tradicionalmente se conoce al cacao ecuatoriano como Cacao Arriba, debido a que se cultivaba en la zona superior del río Guayas (río arriba), denominación que se convirtió en sinónimo de buen sabor y aroma floral de jazmín, rosas y lilas (MAG/IICA, 2001).

Existen varios tipos de caracterización entre las que se pueden mencionar:

- Caracterización morfológica
- Caracterización molecular
- Caracterización física
- Caracterización fisiológica

Caracterización Morfológica. Un descriptor es un atributo cuya expresión es fácil de medir de la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Sirve para discriminar entre fenotipos. Los descriptores son altamente heredables, pueden ser detectados a simple vista y se expresan de igual forma en todos los ambientes (Franco e Hidalgo, 2003). Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente. Los más importantes son: la flor y el fruto (Enríquez, 2004). Han sido empleados para caracterizar el germoplasma de las colecciones en diferentes centros de investigación tales como el CATIE, el ICGT y el ICGD, entre otros (End et. al., 2010).

Pound (1933), señala que algunas características de la flor y la semilla son de suma importancia en la caracterización de clones de cacao, lo cual es confirmado por Dejean (1984) y Ostendorf (1965). Enríquez y Soria (1967), proponen una lista de 11 caracteres para la evaluación de las flores, que fueron usados por Engels (1983) y Bartley (2000.). Para la

caracterización morfológica Williams y Damania (1981) recomiendan 35 frutos. Las características de las almendras: ancho, largo, espesor, peso húmedo sin testa, peso seco sin testa, porcentaje de testa y pulpa, están entre los mejores descriptores para caracterizar una población, usando una muestra de 12 a 20 mazorcas (Braudeau, 2000).

Esta investigación pretende realizar un estudio de caracterización del cultivo de cacao con visión a proporcionar información referente a las diferentes características físicas y morfológicas del cultivo de cacao presentes en el cantón Naranjal de la provincia del Guayas.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en diez fincas distribuidas en diferentes parroquias del cantón Naranjal, provincia del Guayas, con las coordenadas UTM: X 653706,31m; Y 9704447,94m, latitud: 02° 40' 23,34" S y longitud: 79° 37' 2,35" W con un comportamiento climatológico dado por temperatura máxima: 31.5 °C, temperatura mínima: 19.8 °C, temperatura media: 25.7 °C, humedad Relativa: 95%, altitud: 25 msnm.

El cantón Naranjal cuenta con alrededor de 1500 hectáreas cultivadas de cacao nacional, dentro de la zona cacaotera tipo nacional se encuentran pequeñas plantaciones de superficie que van de entre 5 a 10 hectáreas (Municipalidad de Naranjal 2010). Las fincas de Cacao Nacional pertenecen por lo general a pequeños productores que van de entre una a diez hectáreas, no cuentan con infraestructuras óptimas de tecnología productiva, sistemas de riego ni métodos especializados de fertilización, muchas de estas son producidas de manera silvestre, en donde solo se realizan prácticas de limpieza una vez al año, generando un bajo nivel en producción y rendimiento de estas fincas.

Se realizó un muestreo no probabilístico, seleccionando 10 fincas distribuidas en la zona. En cada finca se estableció un reconocimiento de variedades existentes dentro de la plantación, luego se seleccionó los 10 mejores arboles al azar, resistentes a plagas y enfermedades, altamente productivos, color de mazorcas característicos, olor, tamaño, forma de las mazorcas, entre otras para la evaluación de las diferentes variables de caracterización (Águila et. al., 2012).

Las variables empleadas para el proceso de caracterización de frutos, flores y árbol fueron las siguientes: largo del fruto, ancho del fruto, peso de la cáscara, espesor de la cáscara en el lomo, espesor de la cáscara en el surco, número de semillas por fruto, peso de semillas por fruto, largo de semillas, ancho de semillas, espesor de semillas, forma del fruto, constricción basal.

En Flores: largo del sépalo, ancho del sépalo, largo de la lígula, ancho de la lígula, largo del estaminodio, largo del ovario, ancho del ovario, forma de la lígula, largo del pedúnculo. Para realizar la caracterización de las flores se tomaron 5 flores por planta de las diez plantas seleccionadas de las 10 fincas evaluadas.

El largo del estaminoide y del estilo. Se los realizó con la ayuda de una hoja milimetrada.

La forma de la lígula y largo del pedúnculo. La medición se logró con la ayuda de una hoja milimetrada. La forma de lígula se basa en la multiplicación del largo de la lígula por ancho de la lígula.

Además, también se tomaron las siguientes características como variables morfológicas del árbol: altura del árbol, vigor del árbol, índice de mazorcas, coloración de frutos, rugosidad de pericarpio, forma del ápice (Ayestas, 2013).

Altura del árbol (m). Se tomó una altura promedio de todas las plantas en cada lote provisto para el ensayo, expresado en metros. Y se lo tomó por inspección visual.

Vigor del Árbol. Para el vigor se tomó en cuenta la siguiente tabla realizada por el INIAP en el 2007 y citada por Mario Águila en el 2012.

- 1 = 20% Endeble (Frágil)
- 2 = 40 % Vigor bajo
- 3= 60% Vigor medio
- 4= 80 % Vigoroso
- 5= 100% Muy vigoroso (Águila et. al., 2012)

Índice de Mazorca. Se tomó en cuenta la cantidad de mazorcas sanas encontradas durante todo el tiempo que se realizó este trabajo de tesis.

Peso de Mazorcas (g). Se tomó, con la ayuda de una báscula electrónica, el peso que presenta una mazorca en el momento de la cosecha y se lo expresó en gramos.

Forma del ápice, se utilizó una escala arbitraria con valores de: 1.-Puntiagudo, 2.- Agudo, 3.-Obtuso, 4.- Redondeado, 5.- Pezón, 6.- Dentado.

Diámetro del Fruto (cm). Se tomó en cuenta el diámetro medio de entre todos los frutos de las muestras dentro de cada lote y se realizó con la ayuda de un calibrador de Vernier la medición y se la expresó en centímetros.

Número de Semillas. Se tomó en cuenta la cantidad de semillas obtenidas en cada una de las mazorcas que presentaron los árboles evaluados, teniendo una media por cada árbol.

Coloración de los Frutos. Se realizó el análisis de caracterización mediante la coloración de los frutos y se tomó en cuenta los árboles que tengan la misma coloración y características fisiológicas de los frutos de la misma pigmentación. Esto se realizó mediante la inspección visual directa. Para la identificación de cada tipo de coloración se tomó la siguiente codificación o escala arbitraria: 1= amarillo; 2= rojo; 3= anaranjado; 4= morado; 5= café.

Forma del fruto. Se empleó la escala arbitraria empleada donde: 1=Angoleta, 2=Cundeamor, 3=Amelonado, 4=Calabacín.

Largo del Fruto (cm). Se consideró el largo de la mazorca, promediando entre todos los frutos obtenidos en una planta, se midió con la ayuda de un calibrador de Vernier expresado en centímetros.

Rugosidad del fruto. Se evaluó empleando una escala arbitraria donde: 1=Rugoso, 2=Semi-Rugoso, 3=Liso, 4.- Medianamente liso.

Constricción basal. Se aplicó una escala arbitraria donde: 1=Ausente, 2=Escasa, 3=Intermedia, 4= Bien marcada, 5.- Muy ancha.

Forma del ápice. Se usó una escala arbitraria donde: 1=puntiagudo, 2=agudo, 3=obtusos, 4=redondeado, 5=pezón, 6=dentado.

Forma de la lígula. Se basa en la multiplicación del largo por el ancho de la lígula.

Peso de la Cáscara (g). Se basó en el peso que presentó la cascara de la mazorca al momento de la cosecha, se realizó con la ayuda de una báscula electrónica expresada.

Peso de Semillas Húmedas (g). Se tomó en cuenta cinco semillas por mazorca específicamente en la parte media de cada mazorca, el peso se realizó con la ayuda de una báscula electrónica expresado en gramos.

Se aplicaron a las variables estudiadas, los cálculos de estadígrafos descriptivos como: media, intervalo de confianza, rango, máximos y mínimos. Se utilizaron los coeficientes de regresión múltiple para determinar el nivel de dependencia del peso del fruto con el resto de las variables asociadas a él. Esto también se aplicó a la dependencia del largo del pétalo a las otras variables asociadas a la flor.

Resultados y Discusión

Caracterización de Árboles

La Tabla 1 muestra los valores de las variables altura del árbol, vigor del árbol e índice de mazorcas. La altura de árbol presentó una media de 7.27 m y un intervalo de confianza de 0.35 m, un valor máximo de 7.61m y un mínimo de 6.93m. El valor medido en una escala arbitraria del 1(bajo), al 5 (muy alto) obtuvo una media de 2.97, un intervalo de confianza de 0.19, alcanzó como valor mínimo 2.78 y un valor máximo de 3.15, es decir, los árboles descritos presentan un vigor medio. Por su parte, el índice de mazorcas alcanzó una media de 15.24, un intervalo de confianza de 0.78, con valor mínimo 14.46 y valor máximo 16.03, para un rango de entre 14 y 16 mazorcas por árbol entre las fincas evaluadas.

Tabla 1

Estadígrafos descriptivos de Altura del Árbol, Vigor del Árbol e Índice de Mazorcas

PARÁMETRO	ALTURA DEL ÁRBOL	VIGOR DEL ÁRBOL	ÍNDICE DE MAZORCAS
Media	7,27	2,96	15,24
Interv. de confianza	0,34	0,18	0,78
Mínimo	6,92	2,78	14,45
Máximo	7,61	3,15	16,03

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Caracterización de Frutos y Semillas

Los resultados obtenidos en la forma del ápice (según la escala nominal aplicada) se muestran en la Tabla 2, con una media de 2.93, con valor máximo de 3.011, y un mínimo 2.84 lo que indica que la forma del ápice se encuentra entre agudos y obtusos. De igual forma en la misma tabla se exponen los valores concernientes a la rugosidad del fruto donde se utilizó la escala arbitraria siguiente: 1.- Rugoso, 2.-Semi-Rugoso, 3.- Liso, 4.- Medianamente liso. La Tabla 2 presentó el promedio de 1.61, valor máximo 1.78 y valor mínimo 1.44 respectivamente es decir el fruto presenta en el rango rugoso.

Tabla 2*Estadígrafos descriptivos de las variables forma del ápice y rugosidad del fruto*

ANÁLISIS	FORMA DEL ÁPICE	RUGOSIDAD DEL FRUTO
Media	2,92	1,61
Interv de confianza	0,08	0,16
Mínimo	2,84	1,44
Máximo	3,01	1,77

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2105.

Una comparación de los parámetros estadísticos descriptivos de las variables anteriores se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3*Estadígrafos Descriptivos de las Características del Árbol y el Fruto*

VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO	INTERVALO DE CONFIANZA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
Altura del árbol	7,27	1,69	6.00	0,34	23.25 %
Vigor del árbol	2,96	0,91	3.00	0,18	30.74 %
Índice de mazorcas	15,24	3,86	3,87	0,78	25.33 %
Forma del Ápice	2,92	1,23	6.00	0,25	42.12 %
Rugosidad del fruto	1,61	0,82	2.00	0,16	50.93 %

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

En la Tabla 4 se encuentran reflejados los valores de las variables del fruto: peso, largo y ancho.

Tabla 4*Estadígrafos Descriptivos del largo del fruto y ancho del fruto*

ANÁLISIS	PESO DEL FRUTO	LARGO DEL FRUTO	ANCHO DEL FRUTO
Media	588,06 g	17,04	8,55
Interv. de Confianza	38,10 gr	0,58	0,18
Mínimo	549,96 gr	16,46	8,37
Máximo	626,16 gr	17,62	8,73

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo

El peso del fruto presentó un promedio de 588,06 g, el valor máximo para esta variable alcanzó 626,16 g y valor mínimo 549,96 g. En cuanto al largo del fruto (Tabla 4), este presentó una media de 17.04 cm, con un valor mínimo un 16.46 cm y máximo de 17.62 cm. Para el ancho del fruto la misma tabla muestra una media de 8.55 cm, con valor mínimo 8.37cm y valor máximo 8.73cm respectivamente.

La Tabla 5 indica el peso de la cáscara con un valor promedio 480.81 g, valor mínimo 446.56 g y valor máximo 515.03 g respectivamente. También la Tabla 6, muestra el espesor de la cáscara en el lomo con una media de 1.29 cm, un mínimo de 1.21 cm y un valor máximo 1.35 cm respectivamente. Igualmente, y en la misma tabla se observa el espesor de la cáscara en el surco con promedio de 0.96 cm, un valor mínimo de 0.91cm y un valor máximo un 1.03 cm respectivamente.

Tabla 5*Estadígrafos Descriptivos del Peso y Espesor de la Cascara en el Lomo y en el Surco*

ESTADÍGRAFOS	PESO DE LA CASCARA	ESPESOR DE LA CASCARA EN EL LOMO	ESPESOR DE LA CASCARA EN EL SURCO
Media	480,80	1,285	0,965
Interv. De confianza	34,22	0,068	0,059
Mínimo	446,56	1,21	0,91
Máximo	515,03	1,35	1,03

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Como indica la Tabla 6 el número de semillas presentó una media de 30.86 semillas por fruto, un valor mínimo de 29.57, un máximo de 32.16 semillas por fruto. También la Tabla 6 indica el peso de semillas por fruto que alcanzó una media de 107.24 g por fruto, un valor mínimo de 100.02 g y un valor máximo de 114.46 g de semillas por fruto .

Tabla 6*Estadígrafos Descriptivos del Número y Peso de Semillas por Fruto*

ANÁLISIS	NÚMERO DE SEMILLAS	PESO DE SEMILLAS POR FRUTO
Media	30,86	107,24
Interv. De confianza	1,29	7,23
Mínimo	29,57	100,02
Máximo	32,16	114,46

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

A partir de la medición de 5 semillas sin pulpa y testa de cada mazorca, como indica la Tabla 7, el largo de semillas presentó una media de 2.013 cm, un valor mínimo 1.933 cm y un valor máximo 2.093 cm respectivamente. De la misma forma la Tabla 7 expresa que el ancho de semillas presentó una media de 1.06 cm, con valores mínimo y máximo 1.1 cm respectivamente. En la misma tabla el espesor de semillas alcanzó una media de 0.79 cm, con valores mínimo y máximo de 0.44 cm y 1.14 cm.

Tabla 7*Estadígrafos Descriptivos del Número y Peso de Semillas por Fruto*

ESTADÍGRAFO	LARGO DE SEMILLAS	ANCHO DE SEMILLAS	ESPESOR DE SEMILLAS
Media	2,013	1,061	0,785
Interv. De confianza	0,077	0,040	0,358
Mínimo	1,93	1,02	0,44
Máximo	2,09	1,1	1,14

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015

Para la forma del fruto, empleando una escala nominal arbitraria, se obtuvo un mínimo de 1.583, máximo de 1.935, indicando que las formas del fruto predominante están entre la Angoleta y Cundeamor en las 10 fincas evaluadas, como indica la Tabla 8. En cuanto a la constricción basal, empleando una escala similar, arrojó el valor de 1.855 como el valor

mínimo y 2.085 para el valor máximo, es decir, la constricción basal predominante entre las mazorcas evaluadas es escasa. Como se indica también en la Tabla 8.

Tabla 8

Estadígrafos Descriptivos de la Forma del Fruto y Constricción Basal

ESTADÍGRAFO	FORMA DEL FRUTO	CONSTRICCIÓN BASAL
Media	1,76	1,96
Interv. De confianza	0,17	0,11
Mínimo	1,585	1,855
Máximo	1,935	2,085

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Un resumen de los estadígrafos descriptivos de las características del fruto y las semillas se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9

Valores de los Estadígrafos de las Características Morfológicas en Frutos y Semillas

VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO	INTERVALO DE CONFIANZA
Peso del fruto (PF) gr.	588,065	189,478	905,188	38,101
Largo del fruto (LF) cm.	17,044	2,933	18,298	0,589
Ancho del fruto cm.	8,554	0,934	5,012	0,187
Peso de la cascara	480,807	170,220	827,427	34,229
Esp. cascara en lomo	1,285	0,340	1,15	0,068
Espesor del surco (ES).	0,965	0,297	1,13	0,059
Núm. de semillas/fruto	30,858	6,421	30,256	1,291
Peso semillas/fruto gr	107,236	35,938	222,853	7,226
Largo de semillas cm.	2,013	0,387	3,056	0,077
Ancho de semillas cm.	1,061	0,200	1,619	0,040
Espesor semillas cm	0,785	1,780	17,638	0,358
Forma del fruto	1,764	0,871	3	0,175
Constricción basal	1,968	0,573	2	0,115

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Se realizó el análisis de regresión intentando cuantificar la posible dependencia entre el peso de los frutos con las demás variables de caracterización del fruto y las semillas, los resultados se observan mediante la fórmula siguiente:

$$Y (\text{fruto}) = I + x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{12}$$

Donde:

Y = Peso del fruto

I = Intersección

X₁ = Largo del fruto

X₂ = Ancho del fruto

X₃ = Peso de la cascara

- X₄**= Espesor de la cascara en el lomo
X₅= Espesor de la cascara en el surco
X₆= Número de semillas
X₇= Peso total de semillas por fruto
X₈= Largo de semillas
X₉= Ancho de semillas
X₁₀= Espesor de semillas
X₁₁= Forma del fruto
X₁₂= Constricción basal

$$Y(\text{fruto})=0.397+0.0023x_1-0.0004x_2+0.999x_3-0.136x_4+0.074x_5-0.0013x_6+0.999x_7+0.280x_8-0.572x_9+0.002x_{10}-0.015x_{11}-0.066x_{12}.$$

La Tabla 10 indica, los coeficientes de regresión de las diferentes variables en el peso del fruto, mostrando al peso de la cáscara y el peso total de semillas por fruto los valores positivos y significativos (8.942 y 2.090 respectivamente) con un margen de probabilidad menor al 0.05.

Tabla 10

Coefficientes de la Regresión de Variables sobre el peso del fruto

VARIABLES	COEFICIENTES	PROBABILIDAD
Intercepción	0,397	0,210
Largo del fruto (LF) cm.	0,002	0,878
Ancho del fruto (AF) cm.	-0,001	0,992
Peso de la cáscara (PC) gr.	0,999	8,94E-218 *
Espesor de la cáscara en el lomo cm.	-0,136	0,567
Espesor del surco (ES).	0,074	0,775
Número de semillas por fruto (NSP).	-0,001	0,745
Peso total de semillas/fruto (PS) gr.	0,999	2,09E-172 *
Largo de semillas (LS) cm.	0,280	0,368
Ancho de semillas (AS) cm.	-0,572	0,340
Espesor de semillas (ES) cm.	0,002	0,865
Forma del fruto (LF/AF).	-0,015	0,589
Constricción basal (CB).	-0,066	0,126

Datos de probabilidad y significancia al 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo 2015

Caracterización de Flores

Tabla 11

Estadígrafos Descriptivos de los sépalos

ESTADÍGRAFO	LARGO DE SÉPALO	ANCHO DE SÉPALO
Media	0,873	0,201
Interv. de confianza	0,014	0,002
Mínimo	0,859	0,199
Máximo	0,886	0,204

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

La Tabla 11 detalla los valores promedios de las variables largo y ancho de sépalos con medias de 0.87 cm, y como valor máximo de ancho de sépalo un promedio de 0.203 cm. En cuanto al largo y ancho de la lígula la medición se la realizó con la ayuda de una hoja milimetrada y se obtuvieron los valores que muestra la Tabla 12 donde se observan medias de 0.67 y 0.213 cm respectivamente.

Tabla 12

Estadígrafos Descriptivos del largo y ancho de la lígula

ESTADÍGRAFOS	LARGO DE LA LÍGULA	ANCHO DE LA LÍGULA
Media	0,671	0,213
Interv. de confianza	0,008	0,007
Mínimo	0,664	0,205
Máximo	0,680	0,221

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

El largo del estaminoide y del estilo obtuvieron medias de 0.58 y 0.28 cm respectivamente como aparecen en la Tabla 13.

Tabla 13

Estadígrafos Descriptivos del Largo del Estaminoide y del Estilo

ESTADÍGRAFOS	LARGO DEL ESTAMINOIDE	LARGO DEL ESTILO
Media	0,580	0,280
Interv. de confianza	0,018	0,006
Mínimo	0,561	0,274
Máximo	0,598	0,286

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Tabla 14

Estadígrafos Descriptivos del Largo y Ancho del Ovario

ESTADÍGRAFOS	LARGO DEL OVARIO	ANCHO DEL OVARIO
Media	0,208	0,185
Interv. de confianza	0,001	0,004
Mínimo	0,206	0,180
Máximo	0,209	0,189

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

La Tabla 14 refleja promedios para el largo y ancho del ovario de 0.21 y 0.185 cm respectivamente. La Tabla 15 expresa la forma de la lígula, (basada en la multiplicación del largo de la lígula por ancho de la lígula) y el largo del pedúnculo. El largo del pedúnculo (2.01 cm promedio) y la forma de lígula (3.19) se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15*Estadígrafos Descriptivos de la Forma de la Lígula y Largo del Pedúnculo*

ESTADÍGRAFOS	FORMA DE LA LÍGULA	LARGO DEL PEDÚNCULO
Media	3,191	2,013
Interv. de confianza	0,109	0,068
Mínimo	3,082	1,944
Máximo	3,300	2,082

Promedios máximos y mínimos con un intervalo de confianza del 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

En la Tabla 16 se muestran las variables descriptivas: promedios, desviaciones estándar e intervalos de confianza generales de todas las variables morfológicas especificadas en las flores.

Tabla 16*Estadígrafos Descriptivos de las Características Morfológicas en Flores*

VARIABLES	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR	RANGO	INTERV. DE CONFIANZA	COEFICIENTE DE VARIACION
Largo del sépalo	0,873	0,067	0,425	0,014	7.67
Ancho de sépalo	0,201	0,012	0,070	0,002	5.97
Largo de la lígula	0,672	0,040	0,230	0,008	5.95
Ancho de la lígula	0,213	0,037	0,343	0,007	17.37
Largo del estaminoide	0,580	0,092	0,588	0,019	15.86
Largo del estilo	0,280	0,029	0,130	0,006	10.36
Largo del Ovario	0,208	0,009	0,045	0,002	4.33
Ancho del Ovario	0,185	0,022	0,214	0,004	11.89
Forma de la lígula	3,192	0,542	3,901	0,109	0.02
Largo del pedúnculo	2,013	0,342	4,116	0,069	0.02

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Los valores de estas variables florales fueron sometidos a un análisis de regresión donde se tomó como variable de referencia o variable independiente el largo del sépalo (y). Las significaciones estadísticas de estos coeficientes de regresión aparecen en la Tabla 17, siendo significativos: ancho de sépalo, largo del ovario, forma de la lígula y largo del pedúnculo.

$$Y \text{ (largo/sépalo)} = I + X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_9$$

Donde:

Y = Largo del sépalo

I = Intersección

X₁ = Ancho del sépalo

X₂ = Largo de la lígula

X₃ = Ancho de la lígula

X₄ = Largo del estaminoide

X₅ = Largo del estilo

X₆ = Largo del ovario

X_7 = Ancho del ovario
 X_8 = Forma de la lígula
 X_9 = Largo del pedúnculo

$$Y_{(\text{largo/sépalo})} = 0.289 + 1.090x_1 - 0.021x_2 + 0.136x_3 - 0.146x_4 + 0.125x_5 + 1.386x_6 + 0.334x_7 + 0.056x_8 - 0.063x_9$$

Tabla 17

Variables relacionadas con en el Largo del Sépalo

VARIABLES	COEFICIENTE	PROBABILIDAD
Intercepción	0,289	0,128
Ancho de sépalo	1,091	0,017*
Largo de la lígula	-0,021	0,891
Ancho de la lígula	0,136	0,391
Largo del estaminoide	-0,146	0,091
Largo del estilo	0,125	0,498
Largo del Ovario	1,386	0,030*
Ancho del Ovario	0,334	0,174
Forma de la lígula	0,056	0,001*
Largo del pedúnculo	-0,063	7,4E-05*

Datos de probabilidad y significancia al 0.05

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

Variables de acuerdo con el Tipo de Variedades o Razas de Cacao.

Los valores medidos u observados de variables en plantas de acuerdo con su variedad muestran los siguientes resultados.

La variable número de semillas por fruto es muy similar entre las 4 variedades presentes en el cantón Naranjal siendo el promedio más alto el perteneciente al cacao tipo forastero con un valor de 34.46 semillas por fruto sobre el resto de las variedades (Tabla 18).

Tabla 18

Resultados de la Comparación de Medias para el Número de Semillas por Frutos por Variedades

Nº	VARIETADES	PROMEDIOS	Significancia
1	Forastero	34,46	a
2	Trinitario	32,00	a
3	Nacional	31,68	a
4	Criollo	30,27	a
	P. GENERAL	32,10	
	C. V.	20,06	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

La Tabla 19 muestra que la forma predominante de los tipos forastero y trinitario es cundeamor con expresión intermedia entre cundeamor y angoleta en los tipos criollo y nacional.

Tabla 19*Resultados de la Comparación de Medias para Forma del Fruto por Variedades*

N°	VARIEDADES	PROMEDIOS	Significancia
1	Forastero	2,38	a
2	Trinitario	2,00	a
3	Nacional	1,74	a
4	Criollo	1,68	a
P. GENERAL		1.95	
C. V.		47,18	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

El color del fruto, según la escala nominal empleada mostró un coeficiente de variación muy elevado (57.27%). La variedad forastera obtuvo una coloración entre anaranjado y morado, el nacional mostró coloración entre rojo y anaranjado, mientras que el trinitario presentó coloración rojiza, así mismo el criollo es el que muestra coloración amarilla (Tabla 20).

Tabla 20*Resultados de la Comparación de Medias para el color del Fruto por Variedades*

N°	VARIEDADES	PROMEDIOS	Significancia
1	Forastero	3,77	a
2	Nacional	2,32	b
3	Trinitario	2,00	bc
4	Criollo	1,14	c
P. GENERAL		2.31	
C. V.		57,27	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

La Tabla 21 referente a la variable rugosidad del fruto del fruto, de acuerdo con la escala nominal empleada, muestra que la variedad forastera tiene un fenotipo con pericarpio liso, por su parte el tipo trinitario ofrece una textura entre semi-rugoso y liso, la variedad nacional con rugosidad también entre semi-rugoso y liso, mientras tanto el de tipo criollo muestra pericarpio rugoso.

Tabla 21*Resultados de la Comparación de Medias para la textura del Fruto por Variedades*

N°	VARIEDADES	PROMEDIOS	Significancia
1	Forastero	3,00	a
2	Trinitario	2,50	b
3	Nacional	2,32	b
4	Criollo	1,05	c
P. GENERAL		2.22	
C. V.		20,27	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

De acuerdo con la Tabla 22 referente a la constricción basal, los datos ofrecidos por la escala aplicada indica que las variedades tipo trinitario, forastero y nacional presentan una

constricción basal entre escasa e intermedia, y la del tipo criollo de una constricción basal entre ausente y escasa.

Tabla 22

Resultados de la Comparación de Medias para la Constricción Basal Fruto por Variedades

Nº	VARIEDADES	PROMEDIOS	Significancia
1	Trinitario	2,50	a
2	Forastero	2,46	a
3	Nacional	2,37	a
4	Criollo	1,76	b
P. GENERAL		2.27	
C. V.		24,08	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015.

En la Tabla 23 se muestran resultados relativos a la forma del ápice, indicando forma obtusa en las variedades de tipo criollo, nacional, trinitario y aguda en el caso del forastero.

Tabla 23

Resultados de la Comparación de Medias para la Forma del Ápice en las diferentes variedades

Nº	VARIEDADES	PROMEDIOS	Significancia
1	Criollo	3,05	a
2	Nacional	2,95	a
3	Trinitario	2,75	a
4	Forastero	2,46	a
P. GENERAL		2.80	
C. V.		38,41	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015

Los promedios para largo del fruto se presentan en la Tabla 24, no muestran diferencias significativas entre las 4 variedades, siendo el promedio más alto el de la variedad de tipo criollo con un valor de 17.69 (cm). Sobre el resto de variedades.

Tabla 24

Valores Promedio del largo del fruto por variedades

Nº	VARIEDADES	PROMEDIOS	SIGNIFICANCIA
1	Criollo	17,69	a
2	Forastero	16,38	a
3	Trinitario	16,25	a
4	Nacional	15,93	a
P. GENERAL		17.10	
C. V.		16,63	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015

Los promedios del ancho del fruto aparecen en la Tabla 25, sin diferencias significativas entre las variedades, logrando el promedio mayor la variedad de tipo trinitario con 8.59cm.

Tabla 25*Valores Promedio de Ancho del Fruto por variedades*

Nº	VARIETADES	PROMEDIOS	SIGNIFICANCIA
1	Trinitario	8,99	a
2	Criollo	8,59	a
3	Forastero	8,52	a
4	Nacional	8,47	a
P. GENERAL		8.64	
C. V.		10,89	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: Alvarado B. Arturo, 2015

Discusión

Peña (2003) indica que para realizar una caracterización morfológica no se deben tomar en cuenta las características físicas del árbol en si como las antes mencionadas ya que pueden existir diferencias en esta variable de acuerdo con la zona y manejo del cultivo, índice de sombreado, etc. En este estudio los coeficientes de variación fueron variables, por ejemplo, resultaron del 10,89% para el ancho de semillas; y 20,26% para el número de semillas/fruto en variables no codificadas a escala; de 20,27% en la rugosidad del fruto; y 57,21% variables codificadas mediante escalas utilizadas de forma arbitraria.

Pesantes (2014), indicó que al caracterizar cacao de tipo nacional en la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP, los valores para el coeficiente de variación resultaron de 6.30% para el largo de semillas y 26.28% para el peso total de semillas por fruto, otros autores señalan valores entre 9.22% y 33.85%. Pesantes (2014) señaló que las variables más importantes para realizar un trabajo de caracterización en frutos son el peso del fruto y el número de semillas por fruto teniendo como promedios del peso del fruto 611.97 y la media para número de semillas por fruto 32.69, valores que se asemejan al presente trabajo de investigación.

Conclusiones

Las variedades encontradas entre las fincas evaluadas son la variedad de tipo forastero con un 13.68%, criollo con un 62.11%, nacional con un 20% y trinitario con un 4.21%.

Los caracteres de mayor importancia para la caracterización se encuentran en el fruto entre los cuales se tienen en cuenta la forma del fruto, coloración del fruto forma del ápice, constricción basal, rugosidad del fruto, peso del fruto, largo del fruto, ancho del fruto, número de semillas por fruto, peso de lascara. Mientras que en la flor se tiene como características importantes el largo del estilo, largo del sépalo, largo de la lígula, largo del ovario, ancho del ovario, y numero de óvulos por ovario lo cual tiene relación con el número de semillas por fruto.

En este trabajo de caracterización no se ha tomado en cuenta el aspecto fisiológico, físico y molecular de las plantaciones de cacao, lo cual podría generar información específica para producir nuevos materiales genéticos.

Referencias

Águila L, Alfonso M., Jimenez C. y Mesías M., 2012. Caracterización morfológica y sensorial del cacao nacional (teobroma cacao) a nivel de fincas en el cantón las naves, provincia bolívar. Tesis De Grado. Repositorio Universidad Estatal de Bolivar. Enlace del recurso

<http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1031>. Rights openAccess

- Arguello M., 2001. Tipos de Cacao. Tesis, Agroedit, Cuenca.
- Ayestas, E., et al. 2013. Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua. Agroforestería en las Americas: 1-8.
- Bartley B.G.D., 2000. An Explanation of the Meaning of the Term and its relationship to the Introductions from Ecuador. B.G.D.
- Braudeau, J. 2000. «El cacao. Colección Agricultura Tropical.» Barcelona ES. (Editorial Blume.): 304 p.
- Dejean, M. (1984). Floración del cacao. Boletín informativo del Cacao, San José, CR, 1(3), 1-3.
- End MJ, Daymond AJ, Hadley P, editors. 2010. Technical guidelines for the safe movement of cacao germplasm (Revised from the FAO/IPGRI Technical Guidelines No. 20). Global Cacao Genetic Resources Network (CacaoNet), Bioversity International, Montpellier, France. ISBN 978-92-9043-871-7
- Enríquez, G., 2004. Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito: Quito Ediciones, segunda edición, 360p.
- Enríquez, G., & Soria, V. (1967). Selección y estudio de los caracteres útiles de la flor para la identificación y descripción de cultivares de cacao. Cacao, (Costa rica) 12(1): 8-16.
- Franco, T. L. e Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- MAG/IICA. 2001. Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación. Quito, Ecuador. 45 p.
- Mosquera, B. 2015. Importancia económica del cacao orgánico (*Theobroma cacao*) en el Ecuador. Tesis de pregrado. Universidad de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9226/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000302.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Motomayor J.C., Risterucci A.M., López P.A., Ortiz C.F., Moreno A.Lanaud C. 2002. Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89, 380–386.
- Municipalidad de Naranjal, 2010. Estadísticas Agropecuarias. Naranjal. Guayas, Ecuador.
- Ostendorf, F. W. (1965). Identifying characters for cacao clones crop. Reuniao do Comitê Técnico Interamericano do Cacau, VI Salvador, Bahia, Brasil, 89-110.
- Peña Monserrate, G.R. (2003). Caracterización morfológica de 57 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Escuela de Agronomía, Manabí, Ecuador.
- Pérez, A. 1996. Variedades de Cacao y sus Características. Cali, Colombia: Ed. Lucas.
- Pesantez, A. 2014. Caracterización morfológica y de rendimiento de 26 clones de cacao (*theobroma cacao* l.) considerando características de 6 genotipos identificados en la zona de Yaguachi provincia del Guayas. 2014tesis de ingeniero agrónomo. Guayaquil. Tesis de pregrado Repositorio Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/index.php>
- Pound, F. (1933) Criterios y Métodos de Selección en Cacao. Segundo Informe Anual de Investigaciones sobre Cacao, 27-29.
- Quiróz J.G. 1997. Recolección de Genotipos y Establecimiento de un Banco de Germoplasma de Cacao Nacional. Estación Experimental Tropical Pichilingue INIAP Boletín Técnico 75.

Quiroz, J. 2009. La producción de cacao, programa de capacitación a facilitadores y agricultores en la cadena de cacao. Quito Ecuador: Consorcio Camaren.

Romero C, et al 2010. Identificación varietal de plantas de cacao. Tecnológica ESPOL, 2: 5.

Williams, J.T.; Damania, A.B. 1981. IPGRI. (International Plant Genetic Resources Institute), Industrial Crops: Cacao, Coconut, Pepper, Sugarcane and Tea. 50 p.

Anexos

Anexo 1: Ubicación de las fincas productoras de cacao del cantón Naranjal



Fuente: Google earth