

02

Fecha de presentación: Julio, 2020
Fecha de aceptación: Octubre, 2020
Fecha de publicación: Noviembre, 2020

DIVERSIDAD MORFOAGRONÓMICA: CARACTERIZACIÓN DE 650 ÁRBOLES DE THEOBROMA CACAO L **MORFOAGRONOMIC DIVERSITY: CHARACTERIZATION OF 650 TREES OF THEOBROMA CACAO L**

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Maribel Ramírez Villalobos¹

E-mail: mcramire@fa.luz.edu.ve

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5050-6454>

Jonathan Zhiminaicela Cabrera¹

E-mail: jzhiminai1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9462-9608>

Mercedes J. Noles León¹

E-mail: mnoles_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1726-3328>

Carlos Quezada Hidalgo¹

E-mail: cquezada3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9462-9608>

Steeven Aguilar Flores¹

E-mail: saguilar5@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9803-3692>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Quevedo Guerrero, J. N., Ramírez Villalobos, M., Zhiminaicela Cabrera, J., Noles León, M. J., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de Theobroma cacao L. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 14-21.

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene una amplia diversidad genética en Ecuador, la provincia de El Oro es una de las tres provincias que registra áreas de cultivo de cacao fino y de aroma, por tal razón son importantes los estudios que permitan conocer la diversidad morfoagronómica existente de esta especie. El objetivo fue caracterizar in situ 650 árboles que forman la colección viva de cacaos de la Universidad Técnica de Machala, colectados por el Programa Nacional del Cacao en 1979. Para la caracterización se utilizaron 51 descriptores morfoagronómicos cuantitativos y cualitativos. El análisis de PCA mostró que los descriptores más discriminantes fueron: ancho de la hoja (HA), largo de la hoja (LH), intensidad de la antocianina del pedicelo (PIC), intensidad de la antocianina del ovario (OIC), ancho del estilo (ESA), longitud del estilo (ESL), ancho de la lígula (LA), ancho del pedicelo (SA), profundidad del surco (FSP), espesor del caballete (FCE), peso de la baya (FBP), longitud de la baya (FBL), que explican el 34% de la varianza total acumulada. En el análisis de agrupamiento empleando el método de conglomerados jerárquicos se obtuvo el dendrograma, mismo que muestra diez grandes grupos bien definidos. Se evidencia una alta diversidad fenotípica, 60 árboles que representan la diversidad de la colección.

Palabras clave: Descriptor, antocianina, fenotípica, componentes principales.

ABSTRACT

Cacao (*Theobroma cacao* L.) has a wide genetic diversity in Ecuador, the province of El Oro is one of the three provinces that registers areas of cultivation of fine and aroma cacao, studies that allow knowing the existing diversity of this species. The objective was to characterize in situ 650 trees that form the living cocoa collection of the Technical University of Machala, collected by the National Cocoa Program in 1979. For the characterization, 51 quantitative and qualitative morphoagronomic descriptions were used. The PCA analysis showed that the most discriminating descriptors were: leaf width (HA), Leaf length (LH), Pedicel anthocyanin intensity (PIC), Ovarian anthocyanin intensity (OIC), style (ESA), style length (ESL), ligule width (LA), pedicel width (SA), groove depth (FSP), ridge thickness (FCE), berry weight (FBP), length berry (FBL), which explain 20% of the total accumulated variance. In the cluster analysis using the hierarchical cluster method, the dendrogram was obtained, which shows ten large well-defined groups. A high phenotypic diversity is evidenced, 60 trees representing the diversity of the collection.

KEYWORDS: Descriptor, anthocyanin, phenotypic, main components.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es cultivado en muchos países del mundo donde se reúnen las condiciones edafoclimáticas idóneas, pero su centro óptimo para el cultivo se encuentra entre los 20 ° de latitud Norte y 20 ° de latitud Sur. En el continente americano existe la mayor diversidad de cultivares de cacao con diferentes características, de las cuales actualmente se reconocen tres grandes genotipos de cacao: Criollos, Forasteros amazónicos y Trinitarios. En América se encuentra distribuido su cultivo al norte de México, pasando por Centro América y al Sur con Perú, Bolivia y Brasil (Quintero & Díaz Morales, 2004), gran parte de la diversidad genética se encuentran en México, Ecuador, Brasil, Venezuela y Perú, encontrándose incluso en Ecuador las evidencias arqueológicas más antiguas de más de 3500 años que demuestran la domesticación temprana del cacao. Ecuador y la zona Sur es uno de los países, donde se encuentra una gran diversidad genética y fenotípica de la especie *Theobroma cacao* L.

La distribución del cacao en el Ecuador tanto en la superficie sembrada como la producción se concentran en la provincia de Guayas, Los Ríos, Cañar, Manabí y Esmeraldas. Un cultivo de gran importancia para la economía nacional y toda la cadena de valor en la producción de cacao (Barrezueta-Unda, et al., 2017), sectores que se pueden ver afectados por diversos factores especialmente sequía, inundaciones, plagas, enfermedades, para lo cual se debe conservar su diversidad y así por medio de programas de fitomejoramiento obtener nuevos cultivares resistentes a estos factores que de no preverse pueden afectar la economía del país.

La caracterización morfoagronómica mediante descriptores estándares permite discriminar fácil y rápidamente entre fenotipos, dando a conocer las características específicas de cada accesión evaluada. Habitualmente son caracteres altamente heredables, que podrían ser detectados a simple vista ya que se expresan igual en todos los ambientes, es decir son estables. También, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular (Chacón, et al., 2007). La caracterización aporta el conocimiento general y especificando estrictamente la variedad con una aproximación a su comportamiento en condiciones de cultivo (Santos, et al., 2012). Los datos concebidos acordes a los descriptores de cada genotipo estudiado son incluidos en una ficha descriptiva individual para disponer de una información ordenada acerca de estos materiales que componen el espécimen estudiado.

La descripción sistemática es la clasificación, medición o análisis de la expresión fenotípica de una colección dada, para cada descriptor previamente definido. Es un papel importante en los bancos de germoplasma pues no solo es un paso fundamental en la utilización de los recursos genéticos sino que por medio de ella extraemos una serie de características cuantitativas y cualitativas permitiéndonos hacer un mejor uso de las características agronómicas con mayor potencial descubiertas en cada accesión estudiada.

Una descripción sistemática puede ser la base para identificar cultivares o líneas genéticas de interés nacional o regional; distinguir introducciones, reconocer duplicados; identificar entradas con características deseables; clasificar cultivares comerciales, basados en criterios relevantes; estimar el grado de variación dentro de una colección de variedades. Se delibera que la descripción debe y tiene que ser clara, en términos positivos acorde a los atributos morfológicos que la accesión posee. De ninguna forma se debe describir una accesión distinguiendo con otra introducción o expresando el resultado de la descripción negativamente. A los datos de identificación se le asigna a la información que es registrada por los colectores. Se describen las características que son altamente heredables, que pueden ser fácilmente vistas y que son pronunciadas en todos los ambientes. Para la evaluación preliminar se asigna un número limitado de características adicionales, preferiblemente con consenso de usuarios de cultivos particulares. Estas características podrán ser evaluadas visualmente, pero no necesariamente ser expresadas en todos los ambientes. Un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de individuos, ejemplo: número de semillas, color del fruto, etc., (Kassambara & Mundt, 2016).

En el trabajo con recursos genéticos se utiliza la palabra "descriptor" para definir un atributo o una característica que se aprecia en las accesiones dentro de un banco de germoplasma. Una lista de descriptores es un proceso repetitivo, a medida que la identificación y documentación de los descriptores se va llevando a cabo. La guía de descriptores para una planta es un conjunto de descriptores de las cuatro categorías indicadas y permite sistematizar el trabajo de toma de datos en campo en el transcurso de la caracterización y evaluación y poder difundir la información entre personas que evalúen plantas en condiciones diferentes (Lachenaud, et al., 1999). Se agrupa los descriptores de esta forma: Descriptores cualitativos: Con una expresión discontinua y codificación arbitraria son, por ejemplo: Color, forma del ápice del fruto, etc. El segundo grupo lo constituyen todas aquellas características que tienen una graduación continua, así,

longitud de fruto, anchura de fruto, grosor de pericarpio, longitud de semilla.

Se considera que las características visibles de una especie sean más o menos semejantes, por lo tanto todas no se expresan con la misma eficacia y algunos miembros de la población pueden presentar diferentes grados de expresión, que se convierten en diferentes tipos de datos o categorías de variables (Franco & Hidalgo, 2003).

Los descriptores se pueden diferenciar de acuerdo con el estado que presentan, lo cual es conocido como "estados del descriptor" se designan mediante escalas de valor. Existen distintas categorías de datos, según la expresión del descriptor que puede ser en forma cualitativa o cuantitativa. Si se expresa en forma cualitativa, se pueden generar datos binarios (también llamados de doble estado), datos con secuencia (ordinales) y datos sin secuencia (nominales). Si se expresa en forma cuantitativa, los datos generados pueden ser discontinuos (llamados también discretos) y continuos (Franco & Hidalgo, 2003).

Los descriptores han sido empleados desde hace tres décadas para caracterizar el germoplasma de las colecciones en diferentes centros de investigación tales como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Banco Internacional de Germoplasma de Cacao, International Cocoa Genebank Trinidad (ICGT, International Cocoa Genebank Trinidad) y la Base de Datos Internacional de Germoplasma de Cacao (ICGD, International Cocoa Germplasm Database), entre otros (Franco & Hidalgo, 2003).

Los descriptores morfológicos se deben tomar en los órganos vegetativos y reproductivos que están menos influenciados por el ambiente; los más importantes son; la flor y el fruto en importancia decreciente las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares (Enríquez, 2010). El objetivo de esta investigación fue analizar la diversidad morfoagronómica existente en los 650 árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la colección viva de la Universidad Técnica de Machala, mediante el uso de descriptores morfoagronómicos, con el fin de conservar las posibles accesiones correspondientes a cacaos de tipo Nacional fino y de aroma para evitar la extinción de estos

germoplasmas de gran valor en los mercados internacionales del chocolate.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización morfoagronómica de cacao (*Theobroma cacao* L.), se realizó en el periodo comprendido de 2018 a 2020, a la colección de cacao de la Granja experimental Santa Inés, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Ubicada en las coordenadas geográficas 3°15'52.29" S, 79°57'4.3" W, en el Cantón Machala, Provincia El Oro-Ecuador.

Se caracterizaron 650 árboles del cacao, a los cuales se les tomo 51 descriptores morfoagronómicos de acuerdo al Catálogo de clones de cacao del CATIE (Phillips-Mora, et al., 2012) enumerados en el Cuadro 1, todos debidamente etiquetados y cuidando un manejo agronómico uniforme en el cultivo, selección de material sin la incidencia de patógenos que puedan inferir en los resultados. Según el sistema de clasificación de climas de Pourrut, et al., (1995), este lugar corresponde al clima seco a semi-húmedo, con un total pluviométrico anual entre 500 y 1.000 mm recolectados de diciembre a mayo; la estación seca es muy marcada; y las temperaturas medias elevadas, superiores a 24°C. De acuerdo al mapa de taxonomía de suelos del Atlas de la provincia de El Oro (2014), indica que se encuentran en los órdenes de suelos que van desde los Entisoles en las llanuras aluviales hasta los Inceptisoles en los sitios de mayor altura a nivel del mar y una humedad relativa de 84% (Villaseñor, et al., 2015).

Los parámetros evaluados que se tomaron in situ, para la caracterización fueron basados en los descriptores cualitativos y cuantitativos de Cacao propuestos por Phillips-Mora, et al., (2012), donde indica cómo y en qué momento del ciclo del cultivo se deben tomar los datos, los mismos que se registraron en matrices propuestas por FAO para la caracterización de recursos fitogenéticos (Santos, et al., 2012). Para la caracterización morfológicamente se usaron una lista de 51 descriptores (Tabla1): donde constan 8 de hoja, 21 de flores, 17 de fruto y 5 de semilla proporcionados por el catálogo de Catie (Phillips-Mora, et al., 2012).

Todos los datos se tomaron en 5 ejemplares de cada órgano descrito y luego se promediaron para el análisis estadístico.

Todos los datos se tomaron en 5 ejemplares de cada órgano descrito y luego se promedió para tener un solo valor para el análisis estadístico.

Tabla 1. Descriptores utilizados para la caracterización morfológica de cacao.

DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS		CODIGO
	D1. Color brote terminal	CBT
Hoja	D2. Forma de la hoja	FH
	D3. Forma del ángulo	FA
	D4. Forma de la base	FB
	D5. Ancho de la hoja (cm)	AH
	D6. Longitud de la hoja (cm)	LH
	D7. Longitud del peciolo (cm)	LP
	D8. BPA (cm)	BPA
		D9. Longitud (mm)
	Pedicelo	
	D10. Ancho (mm)	PA
	D11. Intensidad de la antocianina	PIC
	D12. Longitud (mm)	SL
	D13. Ancho (mm)	SA
	D14. Intensidad de la antocianina	SIC
	D15. Longitud (mm)	LL
	D16. Ancho (mm)	LA
Flor	D17. Intensidad de la antocianina	LIC
Sépalo	D18. Longitud (mm)	FL
Lígula	D19. Ancho (mm)	FAN
Filamento	D20. Intensidad de la antocianina	FIC
Estaminoide	D21. Longitud (mm)	EL
Estilo	D22. Ancho (mm)	EA
Ovario	D23. Intensidad de la antocianina	EIC
	D24. Longitud (mm)	ESL
	D25. Ancho (mm)	ESA
	D26. Intensidad de la antocianina	ESIC
	D27. Longitud (mm)	OL
	D28. Ancho (mm)	OA
	D29. Intensidad de la antocianina	OIC

	Color	D30. Inmaduro	FCI
	D31. Maduro	FCM	
	D32. Fruto	FF	
	D33. Ápice	FFA	
	D34. Constricción basal	FCB	
Fruto	D35. Rugosidad	FCR	
Forma	D36. Dureza	FCD	
Cáscara	D37. Peso (g)	FBP	
Bayas	D38. Longitud (cm)	FBL	
Semillas	D39. Diámetro (cm)	FBA	
Caballote	D40. Relación longitud/ diámetro (cm)	FRLD	
Surco	D41. Peso fresco por fruto (g)	SPF	
	D42. Número por fruto	SNF	
	D43. Espesor (cm)	FCE	
	D44. Profundidad (cm)	FSP	
		D45. Color del cotiledón	SCC
		D46. Forma	SF
		D47. Forma de corte trans- versal	SFCT
Semilla	D48. Longitud (cm)	SLG	
	D49. Diámetro (cm)	SDA	
	D50. Espesor (cm)	SES	
	D51. Grados Brix	SGB	

El color del brote terminal se tomó mediante Munsell color charts for plant tissues (1977). La forma de la hoja, forma del ángulo y forma de la base se determinó de acuerdo a la clasificación de Bridwell en Parker (2000). El ancho de la hoja (cm), longitud de la hoja (cm), longitud del pecíolo (cm) y longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA) y los demás se tomaron usando un vernier digital marca Stanley.

Para garantizar que las flores sean frescas se escogieron en la tarde los botones florales que comenzaban abrir y se marcaron para ser recolectados al día siguiente en horas de la mañana como flores recién abiertas. Se evaluaron los siguientes parámetros utilizando una cámara de alta resolución y el programa Photoshop para medir: longitud y ancho del pedicelo (mm), longitud y ancho del sépalo (mm), longitud y ancho de la lígula (mm), longitud y ancho del estaminoide (mm), longitud y ancho del pétalo (mm), longitud y ancho del estilo (mm), longitud y ancho del ovario (mm). Además de la presencia o ausencia de Antocianina en todos los órganos de la flor antes citados.

Se recolectaron 5 frutos verdes y 5 maduros sanos de cada árbol para determinar el color usando Munsell color charts For Plant Tissues (1977), con una balanza

digital electrónica CAMRY ACS-30KG/LB-JE31 se determinó el peso del fruto (kg), con el calibrador se midió la longitud (cm), diámetro (cm), y se calculó la relación longitud/diámetro del fruto. Los descriptores: forma del fruto, del ápice, constricción basal, rugosidad, se tomaron siguiendo las directrices propuestas por Phillips-Mora, et al., (2012), en el catálogo de cacao del CATIE.

Con los frutos analizados en el proceso anterior se les extrajo las semillas, con la extracción del mucilago y la utilización del refractómetro marca BOECO-103 se determinó los grados brix. Luego se evaluaron los siguientes parámetros: número de semillas mazorcas; el color del cotiledón se determinó mediante Munsell color charts For Plant Tissues (1977); la Longitud (cm), diámetro (cm) y espesor (cm) se midió a través del vernier digital marca Stanley. Los descriptores forma de las semillas y forma del corte transversal se determinaron mediante comparación por las propuestas por Phillips-Mora, et al., (2012), en el catálogo de cacao del CATIE.

Los análisis estadísticos se realizaron con los datos recolectados en la caracterización in situ y ordenados en una matriz de Excel con un archivo csv delimitado por comas de office 2019, que contenía la información de 650

CONCLUSIONES

De los 51 descriptores usados solo 12 agrupan el 34% de la varianza total explicada por los 3 primeros componentes, lo que indica una alta variabilidad morfoagronómica existente en la colección de cacaos UTMACH.

El análisis de conglomerados con los 12 descriptores más discriminantes clasifica las accesiones en 35 subgrupos y 10 grandes grupos que muestran una alta variabilidad intraespecífica, diferencias que indican la existencia de accesiones muy diferentes entre sí, aunque 60 pueden considerarse pocas pero que pueden ser de gran importancia para la conservación de la diversidad genética de *T. cacao* L.

Los 12 caracteres seleccionados son importantes para la discriminación de accesiones de *T. cacao* L., y podrían indicarse como un conjunto básico de atributos para ser utilizados en la caracterización de germoplasma de esta especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrezueta-Unda, S., Carpio, E. P., & Sarmiento, R. J. (2017). Características del Comercio de cacao a nivel intermedio en la provincia de El Oro-Ecuador. *Eur. Sci. J.*, 13(16), 273–282.
- Chacón, I., Gómez, C., & Márquez, V. (2007). Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región suroccidental de Venezuela. *Rev. la Fac. Agron. La Univ. del Zulia*, 24(1), 202–207.
- Enríquez, G. A. (2010). Cacao orgánico guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Franco, T. L., & Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos-Boletín Técnico IPGRI No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos - Biodiversity International.
- Kassambara, A., & Mundt F. (2017). Package factoextra. <https://cran.microsoft.com/snapshot/2016-07-17/web/packages/factoextra/factoextra.pdf>.
- Lachenaud, P., Bonnot, F., & Oliver, G. (1999). Use of floral descriptors to study variability in wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) in French Guiana. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 46, 491–500.
- Phillips-Mora, W., Arciniegas-Leal, A., Mata-Quirós, A., & Motamayor-Arias, J. C. (2012). Catálogo de clones de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Pourrut, P., Gómez, G., Bermeo, A., & Segovia, A. (1995). Factores condicionantes de los regímenes climáticos e hidrológicos. Colegio de Geógrafos del Ecuador/Corporación Editora Nacional.
- Quevedo Guerreño, J. N., Jácome Vásquez, J. E., Tuz Guncay, I. G., García Batista, R. M., & Luna Romero, Á. E. (2020). Análisis de diversidad fenotípica de 37 accesiones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) En la zona sur del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad* 12(3), 102–108.
- Quintero, M. L., & Díaz Morales K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47–59.
- Santos, R. C., Pires, J. L., & Correa, R. X. (2012). Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 59(3), 327–345.
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización Física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 34.