

Recibido 29 de noviembre de 2023
Aceptado 28 de diciembre 2023
www.unipaz.edu.co

Evaluación morfológica de materiales genéticos de cacao (*Theobroma Cacao* L.) en San Vicente de Chucurí, Santander

Morphological evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) genetic materials in San Vicente de Chucurí, Santander

Verónica Coronado^{†a}, Edwin Sarmiento^b, Angie Poveda^c

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar morfológicamente tres clones de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí, Colombia. Fueron establecidos ensayos en campo para el estudio de variables morfológicas bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones, el número de muestras experimentales utilizadas fue de nueve plantas por cada finca. Para la toma de datos en campo se consideraron 8 variables fenotípicas. Las variables fueron evaluadas con el modelo de análisis de varianza (ANOVA) de una vía y para la comparación de medias fueron realizadas por la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey (DSH Tukey). Los resultados indicaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) o altamente significativas ($P \leq 0,01$) a la respuesta entre genotipos para todas las variables, excepto para ancho del fruto, relación del fruto, relación de la semilla. La diferencia significativa ($P \leq 0,05$) encontrada entre genotipos fue; largo del fruto, peso de la semilla, número de semillas por mazorcas. Las variables altamente significativas fueron largo de la hoja, ancho de la hoja, relación de largo y ancho de la hoja (RH), largo de la semilla, ancho de la semilla. Para las variables cuantitativas, el material FSV-41 exhibió valores de media superior a los clones FEC-2 y CCN-51 para las variables de ancho de la hoja, largo y ancho de la semilla, permitiendo determinar las características sobresalientes para así facilitar la recomendación del uso de estos materiales para esta zona. Para todo el largo de hoja, el genotipo FEC-2 presentó un promedio superior. El genotipo CCN-51, no exhibió superioridad para las variables de con respecto a los dos clones evaluados FEC-2 y CCN-51.

Palabras claves: Caracterización morfológica, cacao, clones, *Theobroma cacao* L..

Abstract: The objective of this work was to morphologically characterize three cocoa clones in the municipality of San Vicente de Chucurí, Colombia. Field trials were established for the study of morphological variables under a completely randomized design with three repetitions, the number of experimental samples used was nine plants for each farm. For data collection in the field, eight phenotypic variables were considered. The variables were evaluated with the one-way analysis of variance (ANOVA) model, and for the comparison of means, they were performed by the Tukey honest significant difference test (DSH Tukey). The results indicated significant ($P \leq 0.05$) or highly significant ($P \leq 0.01$) differences in response between genotypes for all variables, except for fruit width, fruit ratio, and seed ratio. The significant differences ($P \leq 0.05$) found between genotypes were; length of the fruit, weight of the seed and, number of seeds per ear. The highly significant variables were leaf length, leaf width, leaf length, and width ratio (RH), seed length, and seed width. For the quantitative variables, the FSV-41 material exhibited higher mean values than the FEC-2 and CCN-51 clones for the variables of leaf width, length and width of the seed, allowing the determination of the outstanding characteristics to facilitate the recommendation for the use of these materials in this area. For the entire leaf length, the FEC-2 genotype presented a higher average. The CCN-51 genotype did not exhibit superiority for the variables with respect to the two clones evaluated, FEC-2 and CCN-51.

Keywords: Characterization, cocoa, clones, morphological, *Theobroma cacao* L..

^a Ingeniero agrónomo del programa Ingeniería Agronómica, UNIPAZ.

^b Ingeniero agrónomo del programa Ingeniería Agronómica, UNIPAZ.

^c Ingeniero agrónomo. Docente programa Ingeniería Agronómica, UNIPAZ.

[†] veronica.coronado@unipaz.edu.co

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie perenne de la familia Malvacea, es un cultivo originario de América (Alverson et al., 1999; Motamayor et al., 2002; Arvelo Sánchez et al., 2017; Díaz-Valderrama et al., 2020), de gran importancia económica en diversos países del mundo, como Costa de Marfil, Ghana, Camerún, Indonesia, Venezuela y Colombia. La producción mundial de cacao en el año 2019 fue de 4,7 millones de toneladas, esta producción proviene principalmente de Costa de Marfil, Ghana, Indonesia y Ecuador (CAF, 2019). Por lo tanto, los países del continente africano aportan el 77%, las Américas y Asia y Oceanía se estiman en 17% y 6% respectivamente (ICCO 2021).

En Colombia, la producción para el 2021 se registró una cifra de 69,040 toneladas con un crecimiento del 8,9% con respecto a la producción del 2020. Hace 15 años la producción nacional tuvo un crecimiento del 127% pasando de 30,357 a 69,040 t/ha. En el año 2020, el área sembrada preliminar fue de 189 mil hectáreas, distribuidas principalmente en los departamentos de Santander (31,6%), Antioquia (8,7%), Nariño (8%) y Arauca (7,8%). En el año 2020, la producción fue de aproximadamente 63 mil toneladas (6% más que el año 2019) y se concentró en el departamento de Santander con 27 mil toneladas (42%), seguido de Antioquia con 5,6 mil toneladas (8,8%) y Arauca con 4,8 mil toneladas (7,6%) (FEDECACAO, 2020).

Dada la magnitud de producción de este cultivo para Colombia y especialmente en la zona de Santander, es importante mantener, preservar y caracterizar los materiales de cacao. Es por ello por lo que, una estrategia es la evaluación de cultivares para la identificación de genotipos superiores por su capacidad productiva y de adaptación en localidades. Una descripción o caracterización puede ser la base para identificar cultivares (Enríquez, 2010) o líneas genéticas de interés nacional o regional (Franco & Hidalgo, 2003; Chacón et al., 2007; Quevedo et al., 2020), identificar características deseables; clasificar cultivares comerciales, basados en criterios relevantes y estimar el grado de variación dentro de una colección de variedades (Kassambara y Mundt, 2016) Quevedo et al, 2020).

Tradicionalmente, numerosos caracteres morfológicos son usados para describir genotipos e híbridos de cacao, los cuales son evaluados en distintas etapas de crecimiento de las plantas, lo que permite discriminar fácil y rápidamente entre genotipos, dando a conocer las características específicas de cada material evaluado. La caracterización aporta el conocimiento general y especificando estrictamente del material con una aproximación a su comportamiento en condiciones de cultivo (Quevedo et al, 2020). Tales características cuantitativas y cualitativas incluyen: longitud y anchura de la lámina foliar, relación largo – ancho de la hoja, forma de la lámina foliar, color de la flor, longitud de fruto, ancho de fruto, peso de semillas, largo, ancho y número de semillas, forma de la semilla.

Para los programas de mejoramiento es necesario manejar sus poblaciones con el fin de conservar variación genética que permita alcanzar mejoras en cultivos, de esta manera los recursos fitogenéticos logren ser aprovechados, para esto se requiere que el material conservado y/o cultivado se encuentre debidamente caracterizado, sin embargo, existe una considerable brecha entre el número de materiales conservados y de los que tienen datos de caracterización (Hernández y Esquivel, 2004). Bajo el anterior contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar los genotipos de cacao; FSV-41, FEC-2, CCN-51 bajo las condiciones de la localidad Campo Hermoso, San Vicente de Chucurí del departamento de Santander.

Métodos

Sitio experimental

Las evaluaciones se llevaron a cabo in situ a 135 árboles distribuidos en las 15 fincas productivas de cacao, en la localidad de Campo Hermoso del municipio de San Vicente de Chucurí (Tabla 1). Localizado en una zona de vida Bosque Húmedo Tropical (Bh-T), en latitud norte 6° 52' 59" y longitud oeste 73° 25' 1" a 593 msnm. La temperatura promedio del muestreo fue 28°C, una precipitación de 3.100 mm y la humedad relativa promedio fue del 70%.

Tabla 1. Ubicación geográfica de las fincas a evaluar.

Finca	Coordenadas
Cartagena	6°51'10" N 73°28'03" W
Reposo	6°51'16" N 73°27'51" W

Finca	Coordenadas
Alpes	6°50'50" N 73°27'28" W
Reforma	6°51'36" N 73°27'37" W
Paz	6°51'28" N 73°27'57" W
Villa Alejandra	6°51'46" N 73°27'28" W
La Belleza	6°51'45" N 73°27'29" W
La Gloria	6°51'52" N 73°27'22" W
San Isidro	6°51'46" N 73°27'30" W
La Granjita	6°51'39" N 73°27'33" W
Palmita	6°51'14" N 73°27'33" W
Santaines	6°51'23" N 73°27'58" W
Campo Hermoso	6°51'38" N 73°27'48" W
El Triunfo	6°51'43" N 73°27'26" W
La Casaleta	6°51'38" N 73°27'36" W

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Material vegetal

Se utilizaron 3 clones de cacao. Estos materiales han sido elegidos previamente por su capacidad productiva y de adaptación en localidades, los cuales se identificaron como CCN51, FEC2 y FSV41.

Tabla 2. Material vegetal de cacao utilizado en la evaluación.

Clon	Origen	Genealogía
CCN51	Ecuador	ICS 95 x IMC 67
FEC2	El Carmen	Hibrido trinitario
FSV41	San Vicente de Chucurí	Hibrido trinitario

Fuente: Perea, A., Martínez, N., Aránzazu, F., & Cadena, T. (2013).

Diseño experimental

En cada localidad experimental se realizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones (clones de cacao; CCN51, FEC2 y FSV41), con un nivel de significancia de 0,05; los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas fueron evaluadas con la prueba de Shapiro-Wilk y prueba de Levene, respectivamente. Los análisis estadísticos se analizaron por medio del programa R, versión 3.5.2 (R Core Team 2021). Diferencias entre tratamientos

fueron evaluados con un modelo ANOVA de una vía. Se crearon gráficos de barras con Excel. Las comparaciones múltiples fueron realizadas por la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey (DSH Tukey).

Muestreo experimental

La evaluación que contemplaba aspectos morfológicos se realizó con base en los descriptores desarrollados por Mejía, et al. (1999); Calderón, et al. (2018). En este trabajo, para la toma de muestra en campo se consideraron 8 variables fenotípicas, de las cuales 8 fueron cuantitativas. Se escogieron tres plantas con tres repeticiones por cada genotipo, el número de muestras experimentales utilizadas fue de nueve plantas por finca, en 15 parcelas experimentales bajo un muestreo aleatorio.

Tabla 3. Descriptores morfológicos empleados en la evaluación de 3 materiales de cacao.

Variable	Descripción
Longitud de lámina foliar (cm).	La medida es desde la base de la lámina foliar hasta el ápice.
Anchura de lámina foliar (cm).	En el centro del ancho de la hoja se debe marcar un punto para determinar el siguiente descriptor.
Relación de largo y ancho de hoja.	Se determina con la división de la longitud de la lámina foliar entre el ancho de la lámina foliar.
Largo del fruto (cm).	Se mide la distancia lineal entre los extremos del fruto (del ápice a la base del fruto).
Ancho de fruto (cm).	Se determina en la línea ecuatorial de la mazorca.
Relación de largo y ancho de fruto.	La longitud del fruto entre el ancho del fruto.
Peso de la semilla (g).	Con ayuda de una balanza se toma la masa en gramos (g) de cada mazorca.
Largo de semilla (mm).	Se mide desde el embrión al ápice de la semilla.
Ancho de semilla (cm)	Se mide en la parte plana de la semilla.
Relación de largo y ancho de semilla.	Se determina con la división de la longitud de la semilla entre el ancho de la semilla.
Número de semilla (unidades).	Contabilizar el número de semillas íntegras de cada fruto evaluado.
Forma basal de la hoja.	Se evalúa de forma visual 1. Aguda; 2. Redondeada. 3. Cordiforme; 4. Obtusa.

Variable	Descripción
Forma del ápice de la hoja.	Se evalúa de forma visual; 1. Agudo; 2. Acuminado corto; 3. Acuminado largo.
Color de la flor.	Tener en cuenta la presencia de antocianinas en sépalos, pedúnculo, pétalos y estaminodios. Se clasifican de la siguiente manera: rojas, rosadas, blancas.
Color del fruto inmaduro.	Se eligen al azar 10 frutos de 4 meses de edad, se determina el color de cada uno. Las coloraciones están relacionadas con la presencia de antocianinas en los frutos.
Color del fruto maduro.	Deben tener plena madurez fisiológica y se clasifican de acuerdo con la escala.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Resultados y discusión

Descripción de variables cuantitativas

Las variables bajo estudio de la planta; largo de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), relación largo y ancho de la hoja (RLA-H), largo del fruto (LF), ancho del fruto (AF), relación largo y ancho del fruto (RLA-F), peso de la semilla (PS), ancho de la semilla (AS), largo de la semilla (LS), relación largo y ancho de la semilla (RLA-S), número de semillas por mazorcas (NS) fueron seleccionadas para un análisis de la varianza, para la estimación de los efectos de tratamientos, repeticiones y su respectivo error experimental. En la Tabla 4, se presenta un resumen de la significancia de los cuadrados medios de los tratamientos, repeticiones, valores medios, desviación estándar, coeficiente de variación, y valores mínimos y máximos, para las variables evaluadas.

El ANOVA indica la existencia de diferencias significativas ($P \leq 0,05$) o altamente significativas ($P \leq 0,01$) a la respuesta entre genotipos para todas las variables, excepto para ancho del fruto (AF), relación del fruto (RF), relación de la semilla (RS). La diferencia significativa ($P \leq 0,05$) encontrada entre genotipos es, largo del fruto (LF), peso de la semilla (PS), número de semillas por mazorcas (NS) lo cual indica la existencia de diversidad genética entre ellas, y por ende variabilidad para las variables evaluadas; también se encuentran variables altamente significativas como largo de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), relación de largo y ancho de la hoja (RH), largo de la semilla (LS), ancho de la semilla

(AS), lo cual muestra que sus características tienen alta significancia.

En lo referente al coeficiente de variación (CV), las variables largo de la hoja, ancho de la hoja, relación largo y ancho de la hoja, largo del fruto, ancho del fruto, relación largo y ancho del fruto, largo de la semilla, ancho de la semilla, relación largo y ancho de la semilla, número de semillas por mazorcas osciló entre 12,80% (LH), 12,45% (AH), 14,90% (RH), 11,46% (LF), 12,79% (AF), 12,423% (RF), 15,82% (LS), 13,028% (AS), 18,77% (RS), 13,35% (NS) con un CV < 25% indicando que para cada descriptor existe, un menor rango de dispersión en los genotipos en estudio y así mismo el carácter de peso de la semilla su coeficiente de variación CV > 50%, con un valor de 83,87% (PS), lo cual sugiere un amplio rango de dispersión debido a la naturaleza de los datos.

En lo referente al coeficiente de variación (CV), las variables largo de la hoja, ancho de la hoja, relación largo y ancho de la hoja, largo del fruto, ancho del fruto, relación largo y ancho del fruto, largo de la semilla, ancho de la semilla, relación largo y ancho de la semilla, número de semillas por mazorcas osciló entre 12,80% (LH), 12,45% (AH), 14,90% (RH), 11,46% (LF), 12,79% (AF), 12,423% (RF), 15,82% (LS), 13,028% (AS), 18,77% (RS), 13,35% (NS) con un CV < 25% indicando que para cada descriptor existe, un menor rango de dispersión en los genotipos en estudio y de esta manera, el carácter de peso de la semilla obtuvo un coeficiente de variación CV > 50%, con un valor de 83,87% (PS), lo cual sugiere un amplio rango de dispersión debido a la naturaleza de los datos.

Caracterización de la hoja. Los valores para el largo de la hoja (LH) oscilaron entre 13,00 y 52,00 cm con una media de 40,27 cm, mientras que el ancho de la hoja (AH) está en 10,00 y 19,00 cm con una media de 13,35 cm, y en la relación de ancho y largo de la hoja (RLA-H) hubo un balance de 1,00 y 4,36 cm con una media de 3,039 cm. El genotipo FEC-2 tuvo un promedio para el largo de la hoja (LH) 42,44 cm, siendo este de mayor rango, a diferencia de los genotipos CCN-51 y FSV-41 con un promedio 39,01 y 39,38 cm, respectivamente. El material FSV-41 obtuvo un promedio para el ancho de la hoja (AH) de 13,83 cm, siendo este superior a FEC-2

obtuvo el mayor rango en relación largo y ancho de la hoja (RLA-H) con un término promedio de 3,35 cm a diferencia de FSV-41 y CCN-51 con un promedio de 2,85 cm y 2,90 cm (Figura 1).

Figura 1. Promedio de los descriptores morfológicos de la hoja de cacao. A. Longitud; B. Ancho y C. Relación de la hoja.

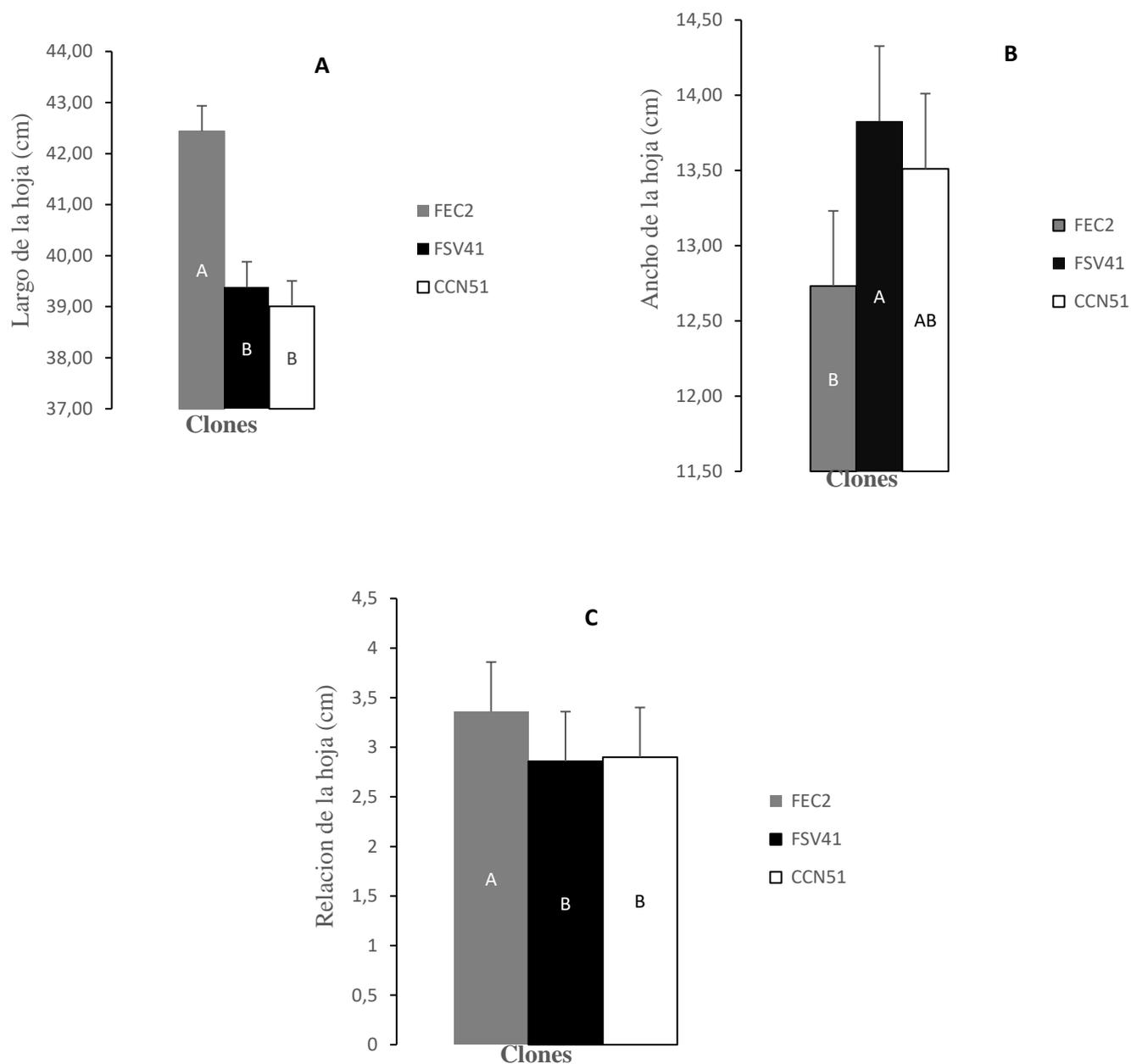


Tabla 4. Cuadrados medios, media, desviación estándar, coeficientes de variación, valores mínimos y máximos para 11 variables agronómicas evaluadas en 3 materiales de cacao en la localidad de Campo hermoso de San Vicente de Chucuri, Santander, Colombia. Año 2021.

F. V	LH (cm)	AH (cm)	REL H (cm)	LF (cm)	AF (cm)	REL F (cm)	PS (g)	LS (mm)	AS (mm)	REL S (mm)	NS (ud)
Genotipo	159.25 **	14.312**	3.466**	21014*	3.818 ^{ns}	0.075 ^{ns}	19.596*	150.49**	41.80**	0.014 ^{ns}	130.49*
Error	26.58	2,766	0.205	5,659	1,622	0.067	5,858	19.81	3.58	0.135	41.51
Media	40.27	13.35	3,039	20.75	9.95	2,094	2,885	28.12	14,524	1,957	48.24
CV %	12.80	12.45	14.90	11.46	12.79	12,423	83,874	15.82	13,028	18.77	13.35
Min	13.00	10.00	1.00	12.40	7.50	1.02	1.43	3.00	9.90	0.23	29.00
Max	52.00	19.00	4.36	28.00	19.50	2.80	30.00	40.00	24.00	3.10	61.00

FV: fuente de variación; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; LH: largo de hoja; AH: ancho de hoja; REL H: relación de la hoja; LF: largo del fruto; AF: ancho del fruto; REL F: relación del fruto; PS: peso de la semilla; LS: largo de la semilla; AS: ancho de la semilla; REL S: relación de la semilla; NS: número de semillas por mazorcas; ns: no significativo; * y **: significativo para $P > 0,05$ y $P < 0,01$, respectivamente.

Los valores para el largo de la hoja (LH) oscilaron entre 13,00 y 52,00 cm con una media de 40,27 cm, mientras que el ancho de la hoja (AH) está en 10,00 y 19,00 cm con una media de 13,35 cm, y en la relación de ancho y largo de la hoja (RLA-H) hubo un balance de 1,00 y 4,36 cm con una media de 3,039 cm. El genotipo FEC-2 tuvo un promedio para el largo de la hoja (LH) 42,44 cm, siendo este de mayor rango, a diferencia de los genotipos CCN-51 y FSV-41 con un promedio 39,01 y 39,38 cm (Figura 18). El genotipo FSV-41 obtuvo un promedio para el ancho de la hoja (AH) de 13,83 cm, siendo este superior a FEC-2 con 12,73 cm y CCN-51 con 13,51 cm (Figura 19). El genotipo FEC-2 obtuvo el mayor rango en relación largo y ancho de la hoja (RLA-H) con un término promedio de 3,35 cm, a diferencia de FSV-41 y CCN-51 con un promedio de 2,85 cm y 2,90 cm.

Con respecto a los resultados obtenidos para cada una de las variables evaluadas largo, ancho y relación largo/ancho de la hoja, el material FSV-41, presentó valores promedios similares a la investigación de Perea et al. 2013, realizada en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander para valores promedios de 36,30cm para largo de la hoja, 12,80 cm del ancho de la hoja. Cabe señalar que, según Villavicencio (2010), el tamaño de la hoja varía entre 15 y 50 cm, con una alta respuesta al ambiente.

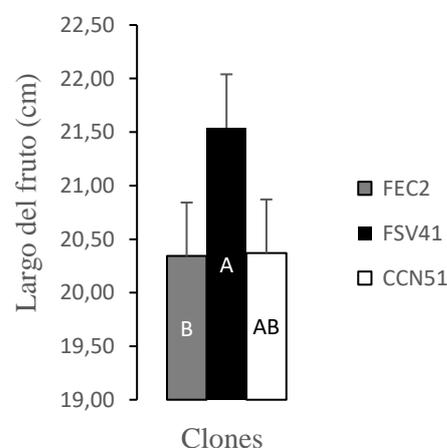
Con relación largo/ancho de 2,80 cm, Ramos et al. (2020), obtuvieron evaluaciones uniformes dentro de cada individuo para el material CCN 51, en la localidad de Dibulla, La Guajira, con valores promedios de 39.06 cm, para el largo de la hoja, 12,14 cm, para el ancho de la hoja y relación largo/ancho de 2,80 cm, señalan que la relación de ancho sobre el largo y las medidas de ángulo apical y basal son las que tienen mayor importancia ya que son datos más consistentes y menos variables y estos pueden servir para caracterizar perfectamente no solo clones sino complejos genéticos.

Con relación a los resultados hallados en la caracterización para el clon Fedecacao FEC-2 para las

variables largo de la hoja, ancho de la hoja, relación largo/ancho, se encontró relación a lo reportado por Perea et al. 2016 con valores promedios de 41,10 cm para el largo de la hoja, 10,70 cm para el ancho de la hoja, y una relación largo/ancho de 3,90 cm. La presencia de hojas es de gran importancia debido a la función principal de elaborar fotoasimilados que la planta necesita para su normal desarrollo (fotosíntesis) y la formación de mazorcas, además para que este proceso se realice de forma normal se necesita requerimientos de fotoperíodo, debido a que, si el cultivo de cacao cuenta con mucha sombra, dificulta dichos procesos fotosintéticos (García, 2011).

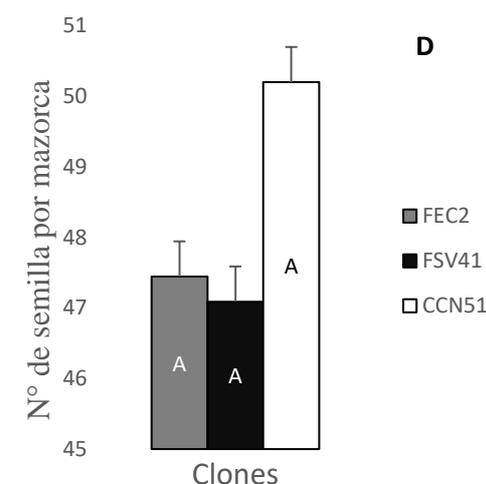
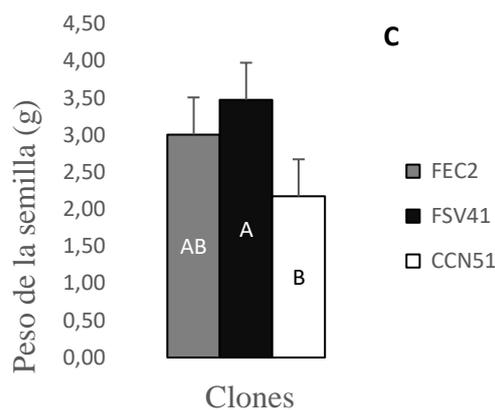
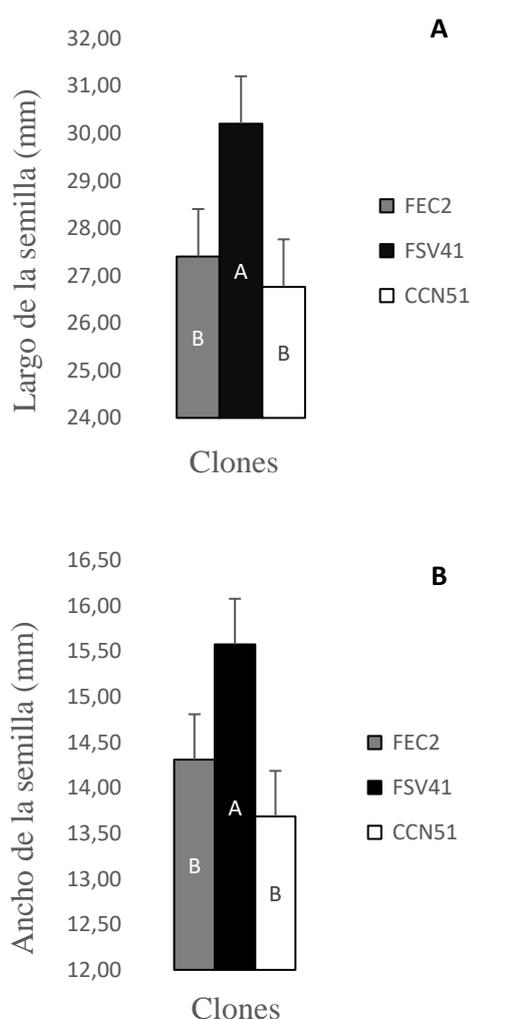
Caracterización del fruto. Con respecto, el largo del fruto (Figura 3) osciló entre 12,04 y 28,00 cm con una media de 20,75 cm, el genotipo FSV-41 alcanzó un promedio de 21,54 cm, siendo este de mayor rango que FEC-2 y CCN-51 con un promedio entre 20,34 y 20,37 cm. Perea et al. 2016, reportaron resultados similares a esta investigación, para el estudio de cacao en la zona de Santander, con promedio de frutos para el FSV-41 de 20,7 cm, FEC-2 con 22,7 cm y CCN-51 con valor de 21,04 cm.

Figura 2. Promedio de los descriptores morfológicos del fruto de cacao para largo del fruto.



Caracterización de la semilla. El largo de la semilla para los diferentes clones fue de 40,00 y 3,00 mm, con una media de 28,12 mm. Al respecto al ancho de la semilla, tiene un rango de 24,00 y 9,9 mm con una media de 14,52 mm. Para la relación largo y ancho de la semilla no se encontró diferencia significativa entre los genotipos. Para largo de la semilla, el genotipo FSV-41 obtuvo un promedio superior de 30,20 mm, a diferencia de los genotipos FEC-2 con 27,40 y CCN-51 con 26,76 mm. El genotipo FSV-41 alcanzó un mayor rango de 14, 57 mm en el ancho de la semilla, a diferencia de los genotipos FEC-2 con un promedio de 14,30 y CCN-51 con un promedio de 13,68 mm (Figura 3).

Figura 3. Promedio de los descriptores morfológicos del peso de la semilla y número de semillas por mazorca de cacao. A. Largo; B. Ancho; C. Peso de la Semilla; D. Número de semillas por mazorca.



Descripción de variables cualitativa

Caracterización de la hoja. En la forma de la hoja se obtuvo uniformidad con respecto a los tres genotipos evaluados. La forma de su ápice predominó el acuminado largo y la forma de su base sobresalió la aguda y la obtusa.

Tabla 5. Características cualitativas de forma de hojas de los genotipos CCN 51, FEC 2, FSV41

	Ápice	Base	Hoja
FSV 41	Acuminado largo	Aguda	Ovalada
FEC 2	Acuminado largo	Aguda	Ovalada
CCN 51	Acuminado largo	Obtusa	Ovalada

FSV-41. La forma de la hoja fue ovalada, su base predominó la forma aguda y en el ápice el de mayor rango fue el acuminado largo con relación a Perea et al. (2013) su forma fue ovada, la forma del ápice acuminado corto y su base fue obtusa.

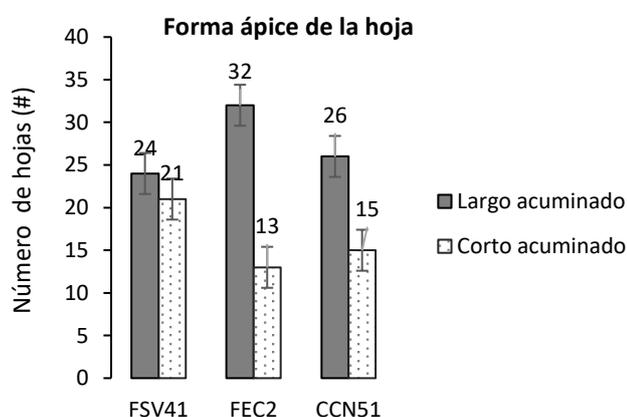
FEC2. La forma de la hoja fue ovalada, su base predominó la forma aguda y en el ápice el de mayor

rango fue el acuminado largo; tuvo una semejanza a Perea et al (2013) donde su forma fue ovada, un acuminado largo y su base obtusa.

CCN-51. La forma de la hoja fue ovalada, su base predominó la forma obtusa y en el ápice el de mayor rango fue el acuminado largo, a diferencia del estudio realizado por Perea et al (2013) que se obtuvo una forma ovada, su ápice acuminado corto con su base obtusa.

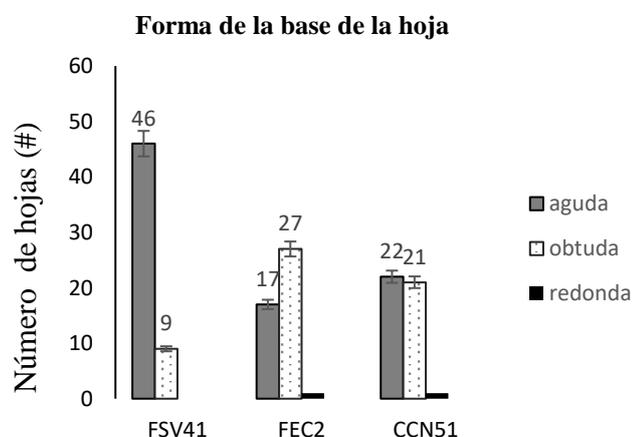
Forma del ápice de la hoja. Para la forma del ápice de la hoja, entre los clones FSV-41, FEC 2 y CCN-51 el que más se destacó fue el acuminado largo.

Figura 4. Número de hojas con acuminado corto y acuminado largo.



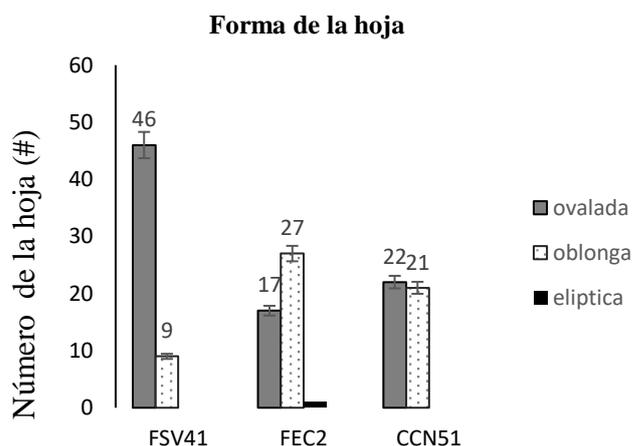
Forma de la base de la hoja. En la forma de la base de la hoja, en el clon FSV-41 y FEC-2 predominó la forma aguda, mientras que en CCN-51 la obtusa (Figura 5).

Figura 5. Número de hojas con la forma de la base.



Forma de la hoja. En la forma de la hoja, en los tres clones FSV-41, FEC,2 y CCN-51 predominó la forma ovalada. (Figura 6).

Figura 6. Número de hojas con su respectiva forma ovalada, oblonga y elíptica.



Caracterización del fruto. La forma del fruto para los tres genotipos estudiados fue de manera uniforme, ya que siempre permaneció oblonga. La rugosidad más fuerte en los tres clones estudiados fue el FSV 41 y con respecto al color del fruto, se visualizó que en el inmaduro siempre permaneció el color violeta intermedio, mientras que en el maduro sí fueron diferentes los colores, pero se destacó más el rojo intermedio.

Tabla 6. Características cualitativas de forma, color y rugosidad de frutos en los tres clones CCN 51, FEC 2, FSV 41.

	Forma	Color inmaduro	Color maduro	Rugosidad
FSV 41	Oblongo	Violeta inmaduro	Rojo intermedio	Fuerte
FEC 2	Oblongo	Violeta inmaduro	Rojo intermedio	Intermedio
CCN51	Oblongo	Violeta inmaduro	Rojo naranja	Intermedio

FSV-41. En este clon su forma fue oblonga, el cual presenta una rugosidad fuerte, su color en fruto maduro rojo intermedio y en fruto inmaduro violeta intermedio en comparación con Martínez et al (2016) su forma es

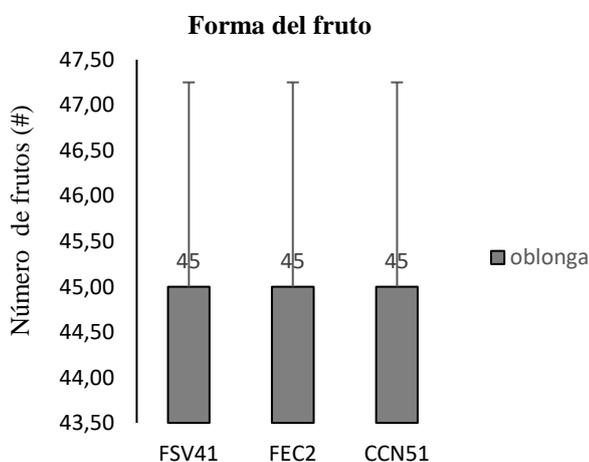
oblonga, su rugosidad intensa, su color del fruto maduro rojo naranja y el fruto inmaduro rojo intenso.

FEC-2. En este clon su forma fue oblonga, el cual presenta una rugosidad intermedia, su color en el fruto maduro es rojo intermedio y en el fruto inmaduro violeta intermedio, en relación con Martínez et al (2016) su forma es oblonga, su rugosidad intermedia, su color del fruto maduro rojo naranja y el fruto inmaduro rojo intenso.

CCN-51. En este clon su forma fue oblonga, el cual presenta una rugosidad intermedia, su color en el fruto maduro es rojo naranja y en el fruto inmaduro violeta intermedio. En comparación a Aránzazu et al., donde su forma fue oblonga, su rugosidad intermedia, su color del fruto maduro es rojo naranja y su fruto inmaduro rojo intermedio.

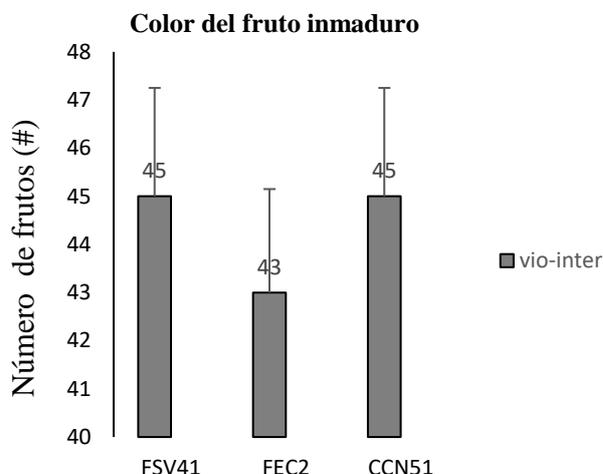
Forma del fruto. La forma que predominó en el fruto en los tres genotipos FSV-41, FEC2 y CCN-51 fue la oblonga (Figura 7).

Figura 7. Número de frutos con su respectiva forma del fruto.



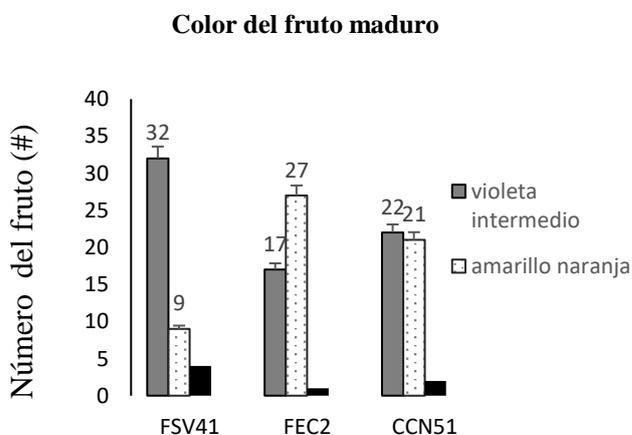
Color del fruto inmaduro. El color inmaduro en los genotipos FSV-41, FEC-2 y CCN-51 predominó el violeta intermedio. (Figura 8).

Figura 8. Número de frutos inmaduros, color del fruto inmaduro.



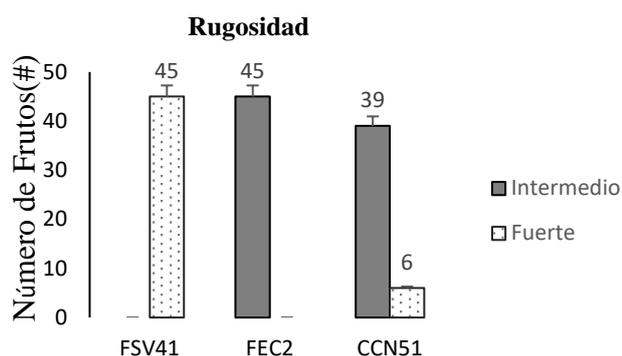
Color del fruto maduro. El color maduro en los genotipos FSV-41, FEC2 predominó el rojo intermedio, mientras en CCN-51 el rojo naranja. (Figura 9).

Figura 9. Promedio del color de fruto maduro.



Rugosidad. En la rugosidad del fruto predominó el intermedio para el clon FEC-2 y CCN-51, mientras para el FSV-41 predominó el fuerte. (Figura 10).

Figura 10. Promedio de rugosidad de fruto.



Caracterización de la semilla

Su forma en los tres genotipos no varió mucho ya que la forma irregular fue la que obtuvo mayor número de semillas con esa misma característica.

FSV-41. En este genotipo la semilla que más predominó fue la forma irregular, al igual que Gavanzo (2016) la forma de su semilla es irregular.

FEC 2. En este genotipo la semilla que más predominó fue la forma irregular. En similitud con Moreno (2016) la forma de su semilla es oblonga.

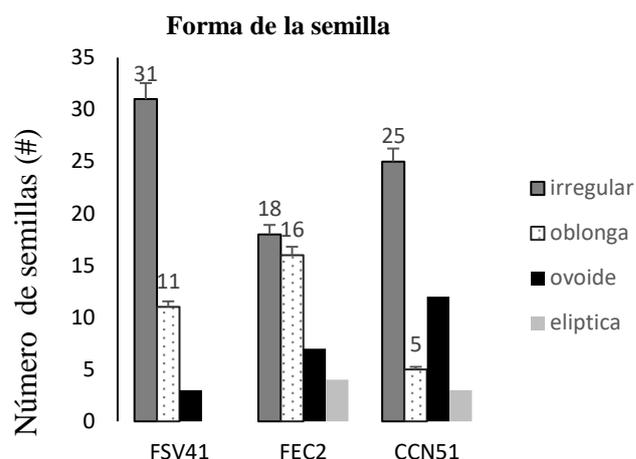
CCN-51. En este genotipo la semilla que más predominó fue la forma irregular a diferencia de Quiroz et al (2021), donde su forma fue elíptica.

Tabla 7. Características cualitativas de las semillas en los tres clones CCN-51, FEC-2, FSV- 41.

Clones	Forma de la semilla
FEC 2	Irregular
FSV 41	Irregular
CCN 51	Irregular

Forma de la semilla. En la forma de la semilla, para los tres genotipos FSV-41, FEC-2 y CCN-51 predominó la forma irregular. (Figura 11).

Figura 11. Promedio de la forma de la semilla.



Caracterización de la flor

En esta variable se tomaron cuatro colores; rojas, blancas, rosadas y crema; donde FSV 41 y CCN 51 el color crema fue el de mayor porcentaje y el clon FEC 2 el color rosado es el que obtuvo mayor abundancia.

FSV-41. En este clon el color que predominó fue crema, al igual que Martínez et al (2013), el color de su flor fue crema.

FEC-2. En este genotipo el color que predominó fue el rosado. En comparación con Aránzazu et al., (2013), su color de la flor fue rosado.

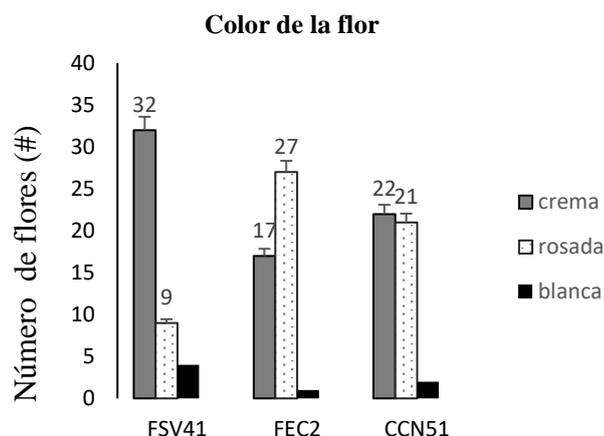
CCN-51. En este clon el color que predominó fue la crema semejante a Aránzazu et al., (2013) su color fue rosado.

Tabla 8. Características cualitativas del color de la flor en los tres clones CCN 51, FEC 2, FSV 41.

Clones	Color de la flor
FEC 2	Rosado
FSV 41	Crema
CCN 51	Crema

Color de la flor. Para el color de la flor predominó la crema para el clon FSV-41 y CCN-51, mientras para el clon FEC-2 predominó a rosada. (Figura 12).

Figura 12. Promedio del color de la flor en tres clones.



Conclusiones

La caracterización morfológica permitió describir diferencias significativas para los materiales introducidos (CCN-51) y regionales (FEC-2 y FSV-41), exceptuando las variables de ancho del fruto (AF), relación del fruto (RF), relación de la semilla (RS) y número de semillas (NS). Estas descripciones morfológicas podrían brindar información específica para la identificación de los clones, dando a conocer características de importancia agronómica para tenerlas en cuenta a la hora de instalar un cultivar de cacao.

Con respecto al clon FSV-41, exhibió valores de media superiores a los clones FEC-2 y CCN-51 para las variables de ancho de la hoja, largo del fruto, peso de la semilla y el largo y ancho de la semilla.

El material FEC-2 manifestó un rango superior con respecto a los demás clones evaluados en los descriptores del largo de la hoja y la relación del largo y ancho de la hoja.

Referencias

Alverson, W. S., Whitlock, B. A., Nyffeler, R., Bayer, C., & Baum, D. A. (1999). Phylogenetic analysis of the core Malvales based on sequences of *ndhF*. *American Journal of Botany*, 86, <https://doi.org/10.2307/2656928>.

Aránzazu, F., N. Martínez, D. Guarín, and G. Palencia. 2009. Materiales de cacao en Colombia, su compatibilidad sexual

y modelos de siembra. *Unión temporal de cacao de Colombia uno*, Fedecacao Corpoica. 8, 9, 10 p.

Arvelo, S. M., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya Rodríguez, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao. Buenas prácticas para América Latina*. IICA. ISBN:978-92-9248-732-4. Disponible: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>

Ayestas Villegas, E. D. (2013). *Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de Theobroma cacao L. en Waslala, RAAN, Nicaragua, 2009*. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I. Disponible: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8058>

Calderon, L. E., Suárez, D. R. & Hincapié, O. D. (2018). *Protocolo para la caracterización morfológica de árboles élite de cacao (Theobroma cacao L.)*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35704>.

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. <https://www.revfacagronluz.org.ve/>

Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Aime, M. C. (2020). The history of cacao and its diseases in the Americas. *Phytopathology*[®], 110(10), 1604-1619.

Enríquez, A. E, G. 1966. *Selección y estudio de los caracteres de la flor, la hoja y la mazorca, útiles para la identificación y descripción de cultivares de cacao*. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, CR) OEA, CATIE, Turrialba CR.

Enríquez, G. A. (2010). *Cacao orgánico guía para productores ecuatorianos*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

FEDECACAO (2020). *Presentación El Sector Cacaotero en Colombia en Reunión de acercamiento FEDECACAO. Incentivo al Seguro Agropecuario ISA 2020*. FEDECACAO-MADR-FASECOLDA-FINAGRO Bogotá.

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.

- García, M. 2011. Estudio Agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután y California del Departamento de Usulután en El Salvador. Universidad Dr. José Matías Delgado. Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. p. 60. El Salvador. Recuperado de: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/AGI/ADTESGE0001266.pdf>.
- Hernández-Casillas, J. M., & Esquivel-Esquivel, G. (2004). Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Fitotecnia Mexicana*, 27(Especial_1), 27-27.
- ICCO. 2021. Comité Ejecutivo. Sesión 130. Londres, 12-15 de septiembre. 14 p.
- International Cocoa organization (ICCO). 2021. Origins of Cocoa and Its Spread Around The World. Boletín trimestral de estadísticas del cacao, Número 2 - Volumen XLVII - Año 2020/21.
- Kassambara, A., & Mundt F. (2017). Package factoextra. <https://cran.microsoft.com/snapshot/2016-07-17/web/packages/factoextra/factoextra.pdf>.
- Lovo-Lara, L. M., López-Avilés, W. V., Parada-Berrios, F. A., Lara-Ascencio, F., Arias-de-Linares, A. Y., & Vásquez-Osegueda, E. A. (2019). Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el cantón Cangrejera, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, El Salvador. *Revista Minerva*, 2(2), 37-70.
- Martínez, G.N., Moreno, E., Gavanzo, O., Duarte, D., Gutiérrez, E. 2019. Mejoramiento genético de cacao en Colombia a través de selección varietal participativa, Grupo de investigación e innovación en cacao FEDECACAO. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2353>
- Martínez, J. W. (2007). Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5354>
- Mejía, L. A., Arguello C, O., Contreras, M., Toloza, O. (1999). Manual de caracterización morfoagronómica de clones elite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el noriente colombiano. Agrosavia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13533>.
- Motamayor J, Risterucci A, Lopez P, Ortiz C, Moreno A, Lanaud C. 2002 Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89:380-386.
- Perea, A., Martínez, N., Aránzazu, F., & Cadena, T. 2013. Características de calidad del cacao e Colombia. Catálogo de 26 cultivares. (Primera Edición ed.). Bucaramanga - Colombia: División de publicaciones UIS.
- Quevedo, G., Nicasio, R., Zhiminaicela J., Quezada, C., Aguilar S. Diversidad morfoagronómicos caracterización de 652 cultivares de teobroma cacao L. Universidad y sociedad, noviembre 2020, P. 15, disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v12n6/2218-3620-rus-12-06-14.pdf>
- Quiroz, V., J. G., Mestanza, V., S. A., Parada Vera, N. C., Morillo, V., L. E., Samaniego, M, I. R., & Garzón, A. I. (2021). Catálogo de Cultivares de Cacao en Ecuador.
- Ramos Ospino, A., M. Gómez Álvarez, E. Machado-Sierra, y Aranguren, Y. Caracterización fenotípica y genotípica de Cultivares de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) De Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 21, n.º 3, septiembre de 2020, pp. 1-17, doi: 10.21930/rcta.vol21_num3_art:1557.
- R-Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing [Online]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Vera, J., Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., Macías, J., & Ramos, R. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34.
- Villavicencio, M., & Jiménez, M. (2010). Caracterización morfológica, fisiológica y patogénica de *Moniliophthora roreri* aislados de cinco provincias de la Costa Ecuatoriana. Disponible: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11244>