



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

# BIOLOGÍA FLORAL DE CACAO (*Theobroma cacao* L.); CRIOLLO, TRINITARIO Y FORASTERO EN MÉXICO

## FLORAL BIOLOGY OF CREOLE, TRINITARIO AND FORASTERO CACAO (*Theobroma cacao* L.) IN MEXICO

López-Hernández, J.G.<sup>1</sup>; López-Hernández, L.E.<sup>1</sup>; Avendaño-Arrazate, C.H.<sup>\*2</sup>; Aguirre-Medina, J.F.<sup>1</sup>;  
Espinosa-Zagaroza, S.<sup>1</sup>; Moreno-Martínez, J.L.<sup>1</sup>; Mendoza-López, A.<sup>2</sup>; Suárez-Venero, G.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Chiapas, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas, México. <sup>3</sup>Universidad de Guanajuato, Cuba.

**\*Autor de correspondencia:** avendano.carlos@inifap.gob.mx

### ABSTRACT

With the objective of identifying the dynamic of the floral biology and fruit development of cacao (*Theobroma cacao* L.) varieties, Creole, Trinitario and Forastero in the Soconusco region, Chiapas, Mexico, and relating them with environmental variables, the floral biology of five biological variants of *T. cacao* L. called: Creole: Carmelo, Lacandón, Lagarto; Trinitario: RIM 24 and Forastero: PMCT-58, was studied. The trees used were of juvenile stage (4-5 years) with 3 m height. Randomly, 10 floral buds from each tree were identified, without considering their position (n=150 floral buds between the five materials). The variables were: growth of floral bud, growth, development and maturation of the fruit, related to the variables precipitation/temperature with fruit growth. The longitudinal growth period of the fruit was differential between the materials and varied from 110 to 150 daa (days after anthesis) and the diameter from 50 to 70 daa. The longest fruit (270 mm) was Creole lagarto and it grew until 150 daa; however, Trinitario RIM 24 cacao presented the highest growth in less time, reaching a length of 230 mm and diameter of 60 mm in 120 daa. The lowest growth was found in Forastero PMCT-58 cacao with 150 mm of length and 70 mm of width in 130 daa. The floral biology of the Creole, Trinitario and Forastero genotypes showed small variations in length and diameter of the floral bud, as well as the time of highest growth in the five materials of cacao.

**Keywords:** chocolate, flowering, fruit.

### RESUMEN

Con el objetivo de Identificar la dinámica de la biología floral y del desarrollo del fruto en cacaos (*Theobroma cacao* L.) Criollos, Trinitarios y Forasteros en el Soconusco, Chiapas, México, y relacionarla con variables ambientales, se estudió la biología floral de cinco variantes biológicas de *T. cacao* L., denominadas: Criollos: Carmelo, Lacandón, Lagarto; Trinitario: RIM 24 y Forastero: PMCT-58. Los árboles utilizados fueron de etapa juvenil (4-5 años) con 3 m de altura. Se identificaron al azar 10 botones florales de cada árbol sin considerar su posición (n=150 botones florales entre los cinco materiales). Las variables fueron:

Crecimiento del botón floral,  
crecimiento, desarrollo y  
maduración del fruto,  
relacionadas con



**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 9, septiembre. 2018. pp: 129-135.

**Recibido:** mayo, 2018. **Aceptado:** julio, 2018.

las variables precipitación/temperatura con el crecimiento de los frutos. El tiempo de crecimiento longitudinal del fruto fue diferencial entre los materiales y varió de 110 a 150 dda (días después de anthesis) y el diámetro de 50 a 70 dda. El fruto más largo (270 mm) fue el criollo lagarto y creció hasta los 150 dda; sin embargo, el cacao trinitario RIM 24 presentó el mayor crecimiento en menor tiempo, alcanzó longitud de 230 mm y diámetro de 60 mm en 120 dda. El menor crecimiento se registró en el cacao forastero PMCT-58 con 150 mm de longitud y 70 mm de ancho en 130 dda. La biología floral de los genotipos criollos, trinitarios y forasteros registraron pequeñas variaciones en longitud y diámetro del botón floral, así como el tiempo de mayor crecimiento en los cinco materiales de cacao.

**Palabras clave:** Chocolate, floración, fruto.

## INTRODUCCIÓN

**El cacao** (*Theobroma cacao* L.) (Malvaceae) es un cultivo tropical de importancia económica y social, y esta condición, ha favorecido su expansión en el ámbito nacional e internacional (Avendaño *et al.*, 2010). A nivel mundial los países tropicales con mayor producción de cacao son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Ecuador, Perú, República Dominicana, Colombia, Nueva Guinea y México, este último ocupa el doceavo lugar. La producción en los diferentes continentes está distribuida en América Latina (16%), África (72%), Asia y Oceanía (12%) (ICCO, 2013). *T. cacao*, se originó a partir de plantas silvestres procedentes de las regiones tropicales húmedas de América Central y Sur América, específicamente de la cuenca del río Amazonas. Este sitio ha sido considerado como el centro de diversidad genética del cacao (Chesman, 1944). Las investigaciones en cacao en el Soconusco, Chiapas, México, se iniciaron a partir de 1945 con énfasis en la recolecta de materiales regionales y en los años siguientes, se generaron componentes tecnológicos en diversas líneas de investigación que favorecieron su desarrollo (Aguirre-Medina e Iracheta, 2005). No se abordaron estudios relacionados a la morfología, botánica o genética de los mismos. La población regional de cacao, desde el punto de vista del fruto, se representa por los forasteros, criollos y trinitarios, mismos que presentan diferenciación en su desarrollo y producción. Esta variabilidad regional ha favorecido el interés por entender los efectos del ambiente en la floración y fructificación del cacao, con el fin de identificar su dinámica durante estas etapas fenológicas, con fines de mejoramiento genético o producción. El estudio de la biología floral permite identificar las diferentes etapas desde la formación de primordios florales hasta la madurez fisiológica del fruto, contribuyendo al conocimiento de la dinámica del crecimiento del fruto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente investigación de carácter descriptivo sobre la biología floral, se usaron los genotipos de cacao criollo: Carmelo, Lagarto y Lacandón; como trinitario al clon RIM-24, y dentro de los forasteros, al clon PMCT-58. En cada uno de ellos, se identificaron al azar 10 botones florales sin considerar la posición en el árbol (n=150 botones florales entre los cinco geno-

tipos representativos). Los botones florales se marcaron con el fin de realizar el seguimiento del desarrollo en intervalos de 2 a 3 días.

### Variables

**Crecimiento del botón floral:** Se midió con un vernier digital la longitud del botón completo, longitud del pedúnculo, longitud del botón y diámetro del botón floral, en un lapso de tiempo de 30 días desde que el botón floral nace hasta que ocurre la apertura del mismo; y una vez abierta la flor se registraron datos en un periodo de tiempo de dos días, ya que la viabilidad del grano del polen es generalmente de 48 h, y en algunas condiciones especiales de 72 h (Enríquez, 1985), y después de ello, ocurre la caída de flor (Enríquez, 2004).

**Crecimiento y desarrollo del fruto:** Durante el crecimiento del fruto se registraron la longitud del fruto completo, del pedúnculo, fruto, y el diámetro del éste, desde anthesis, hasta la maduración del mismo.

**Maduración del fruto:** Los frutos procedentes de los botones florales seleccionados alcanzaron la madurez fisiológica la cual correspondió al momento en el que las semillas estaban suficientemente desarrolladas para ser viables y germinar. Un fruto fisiológicamente maduro es cuando sus semillas tienen la capacidad de germinar y de auto perpetuar la especie (De Los Cobos, 2012).

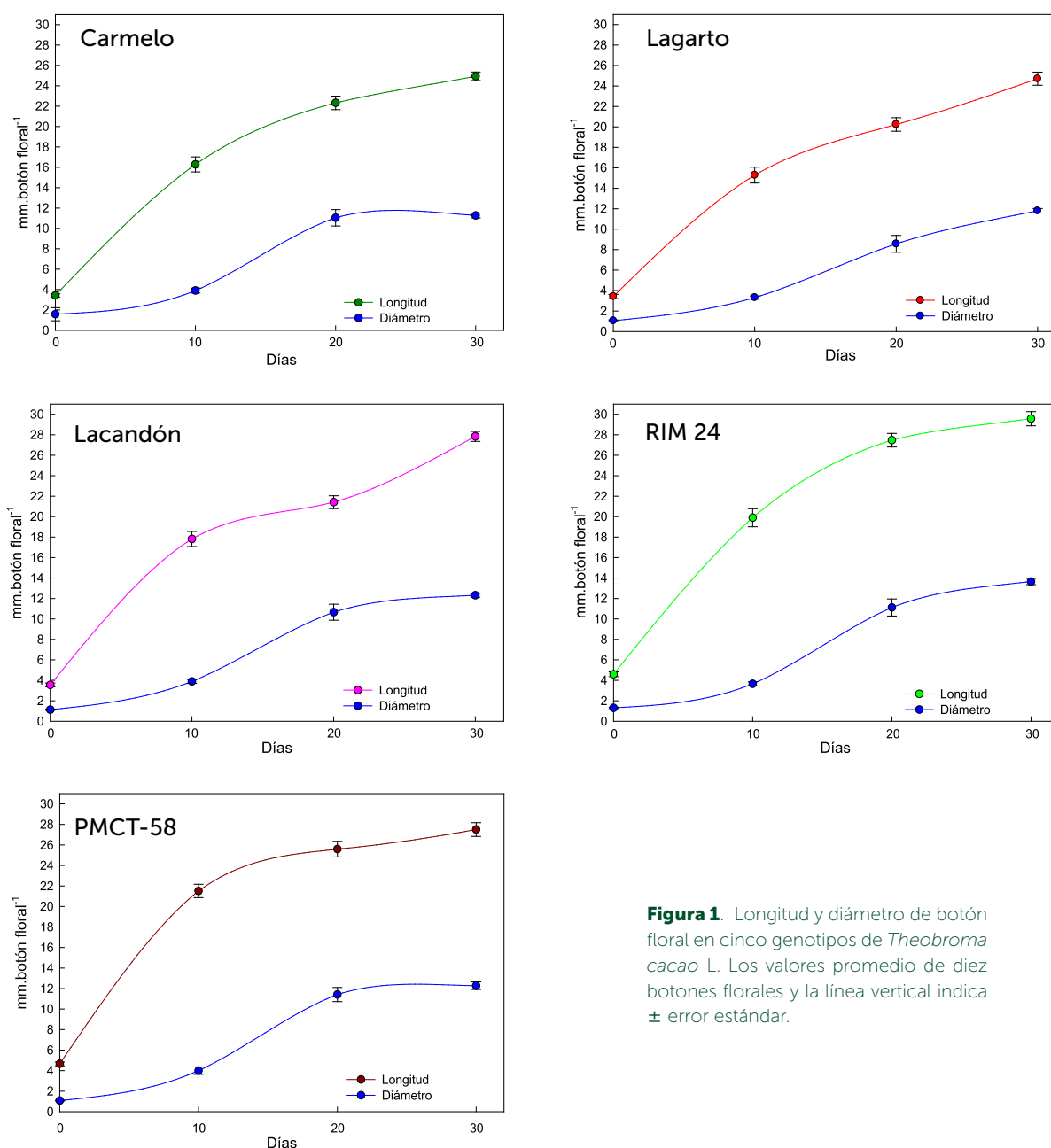
La información registrada se analizó determinando promedio y media de todos los datos obtenidos para cada variable. Se construyeron curvas de crecimiento con promedios de diez botones florales y diez frutos por varietal de cacao. Las gráficas de

correlación entre variables se realizaron con la ayuda del Programa Sigma Plot versión 10 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Crecimiento del botón floral:** El periodo de tiempo desde la aparición del botón floral, hasta la apertura del mismo, fue de aproximadamente 30 d, lo cual coincide a lo reportado por Enríquez (1985). El periodo de crecimiento del botón floral en los tres genotipos de cacao es diferente para cada genotipo. La diferencia en dimensiones entre los botones florales de los cinco varietales fue más evidente en el crecimiento longitudinal, sobresaliendo el trinitario RIM-24 con el mayor

valor promedio de 29.57 mm y diámetro ecuatorial de 13.66 mm al momento de la apertura del botón, en orden descendente le siguieron los genotipos criollo Lacandón con 27.84 mm y 12.32 mm respectivamente, en seguida el forastero PMCT-58 con un promedio de 27.50 mm de longitud y 12.28 mm de diámetro floral, posteriormente se registró que el criollo Carmelo presentó promedios de 24.94 mm y 11.27 mm. Finalmente el Lagarto obtuvo un promedio de 24.71 mm de crecimiento longitudinal y 11.80 mm de diámetro ecuatorial, siendo ligeramente mayor este último para la variable diámetro ecuatorial en comparación al Carmelo (Figura 1).



**Figura 1.** Longitud y diámetro de botón floral en cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. Los valores promedio de diez botones florales y la línea vertical indica  $\pm$  error estándar.

El crecimiento de los botones florales se apega a un patrón de crecimiento tipo sigmoidea mostrando los mayores incrementos, logrando el 67% del tamaño final del crecimiento longitudinal en los primeros 10 días y el 33% restante hacia el día 30 después de la aparición del botón floral.

Para la variable diámetro ecuatorial, en los primeros diez días logra el 30% del tamaño final caso contrario a lo que ocurre en la variable longitud (logra más del 50% de su tamaño final a los 10 días) y el 70% restante del crecimiento del diámetro ecuatorial se logra hacia el día 30, y ocurre la apertura del botón floral listo para ser polinizado. Las tasas de crecimiento en longitud y diámetro de los botones florales presentan una relación inversa, cuando la variable longitud presenta las mayores tasas de crecimiento, el diámetro expresa un crecimiento relativamente bajo; al disminuir la tasa de crecimiento longitudinal, se observa un incremento mayor en el diámetro ecuatorial, obteniendo crecimientos similares cuando los botones florales se acercan a la apertura, es decir, esto ocurre entre el día 20 y 30 después de la aparición de los botones. Durante el crecimiento de los botones florales, el pedúnculo presenta aumentos en longitud de manera constante.

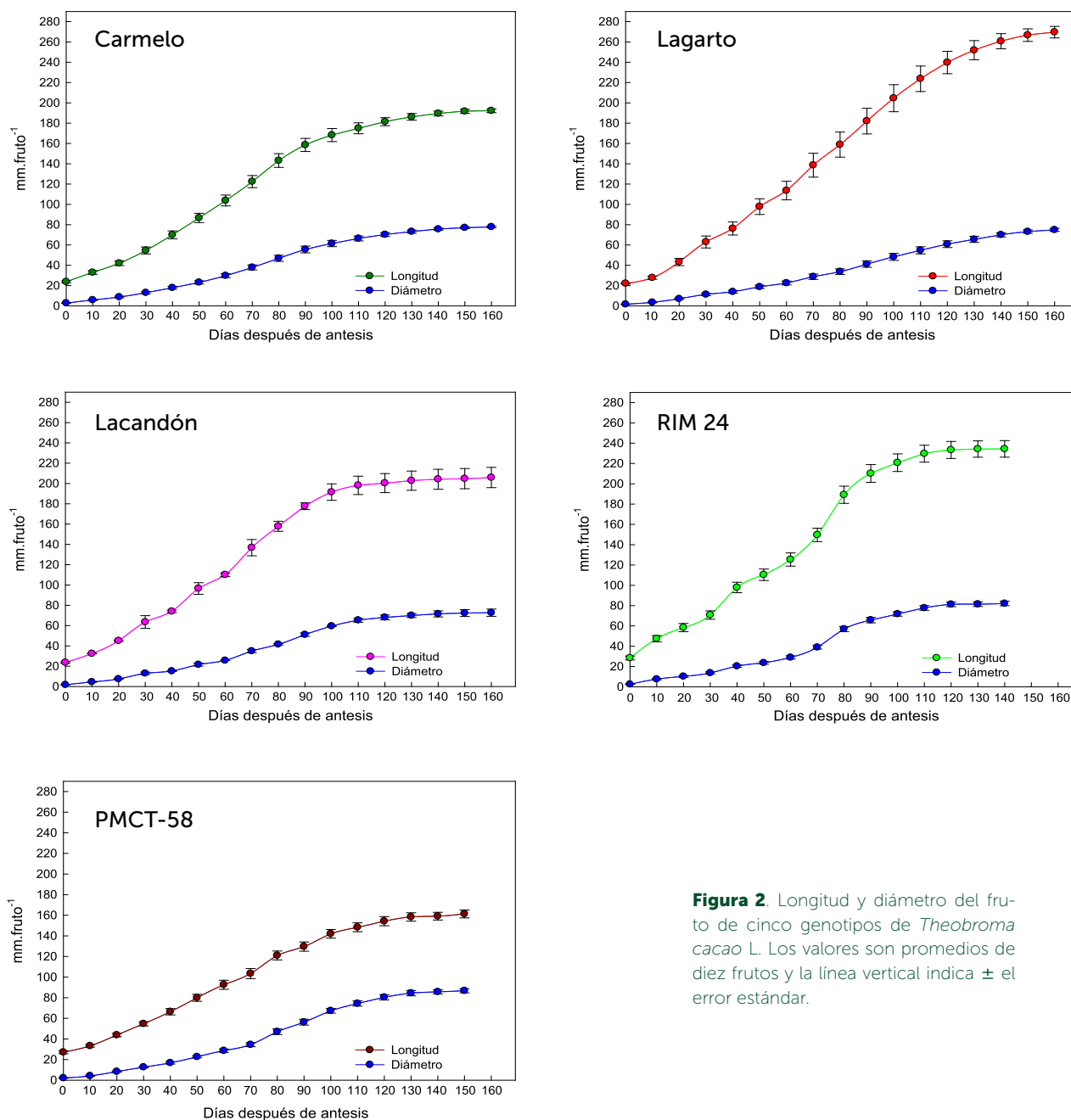
En los tres genotipos de cacao la forma del botón floral de acuerdo a la relación entre el crecimiento longitudinal y diámetro ecuatorial es alargada (2.21 en Carmelo, 2.09 en Lagarto, 2.25 en Lacandón, 2.16 en RIM-24 y 2.23 en PMCT-58 respectivamente), sabiendo que una relación de 1:1 indica forma esférica, valores mayores a 1 se refieren a formas más alargadas y menores a 1 a formas achatadas (Melgarejo, 2015). La forma más alargada de acuerdo a la relación entre las dos variables la presentó el material Lacandón (2.25 respectivamente).

**Crecimiento y desarrollo del fruto:** El crecimiento del fruto de cacao parece comprender dos periodos: a) la fase del crecimiento que consta de unos 75 días, y b) la fase de maduración durante la cual aumenta considerablemente la actividad metabólica. Posteriormente cada fase puede subdividirse de acuerdo con los aumentos y disminuciones de las cantidades de los distintos componentes químicos, orgánicos e inorgánicos que ocurren en la pared y en la pulpa (Hardy, 1961). El patrón de crecimiento de los frutos de los cinco varietales de cacao, describió una curva sigmoidea para las variables longitud y diámetro del fruto. Se observó que el creci-

miento longitudinal y diámetro ecuatorial presentó tres fases bien marcadas: Fase I: Aunque en la mayoría de los frutos, el desarrollo temprano se divide en tres fases: desarrollo del ovario, división celular y expansión celular (Enríquez, 1985), dado que las mediciones se graficaron cada 10 días, y para detectar los cambios en la pendiente de la curva, especialmente en los primeros días de desarrollo del fruto, fue necesario hacer mediciones con mayor frecuencia (Gillaspy et al., 1993).

A pesar de esto, se observó que inicialmente la velocidad de crecimiento (aumento en el tamaño por unidad de tiempo) del fruto de los cinco genotipos fue mínima en los primeros 10 d, lo cual es característica en esta etapa, con tasa de división celular muy elevada. En la fase II el periodo de crecimiento es rápido y el chillillo (fruto inmaduro) crece de acuerdo al desarrollo de los óvulos, que adquieren su máxima velocidad entre los 75 días después de que ocurre la fecundación (Enríquez, 1985). A partir de los 50 días después de antesis (dda) hasta el día 90 se presenta la etapa de mayor crecimiento caracterizada por un aumento exponencial del tamaño del fruto. En esta etapa se presentó el 80% del tamaño final del fruto. El 20% de crecimiento restante se logró entre los días 100 y 130 después de antesis. Fase III: A partir del día 90 dda, el crecimiento nuevamente es lento, se detiene la división y los procesos de elongación celular, provocando en el fruto cambios en el color, proceso observado por Enríquez (1985). Este mismo autor señala que los óvulos se llenan de un endospermo gelatinoso que poco a poco es consumido por el embrión, hasta los 140 días. Esta fase comprende todos los cambios asociados con la maduración del fruto y termina con su cosecha.

La longitud final de los frutos de los cinco genotipos de cacao en el intervalo de crecimiento, estuvo comprendida entre 161.28 y 269.71 mm. Los frutos de mayor crecimiento longitudinal se obtuvieron en el criollo Lagarto con promedio de crecimiento final de 269.71 mm, seguido por el trinitario RIM-24 con 234.40 mm, posteriormente fueron los criollos Lacandón y Carmelo con 205.89 y 192.25 mm respectivamente; y por último el forastero PMCT-58 con 161.28 mm de longitud. En este periodo, entre antesis y madurez, los factores genéticos de la planta son determinantes, ya que el componente varietal tiene gran influencia sobre la velocidad de crecimiento, tamaño final y forma del fruto (Azcón y Talón, 2001) (Figura 2).

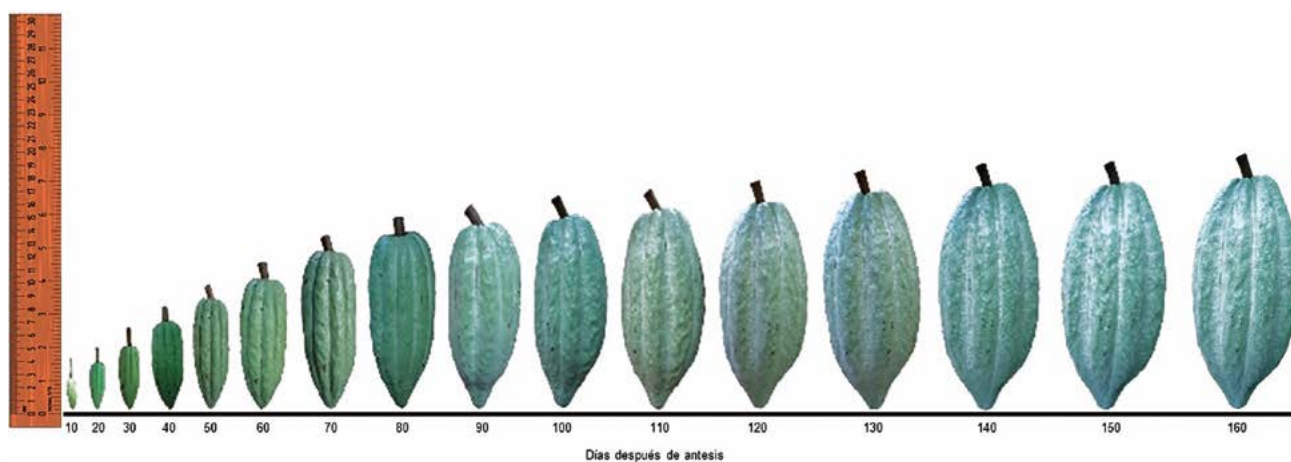


**Figura 2.** Longitud y diámetro del fruto de cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. Los valores son promedios de diez frutos y la línea vertical indica  $\pm$  el error estándar.

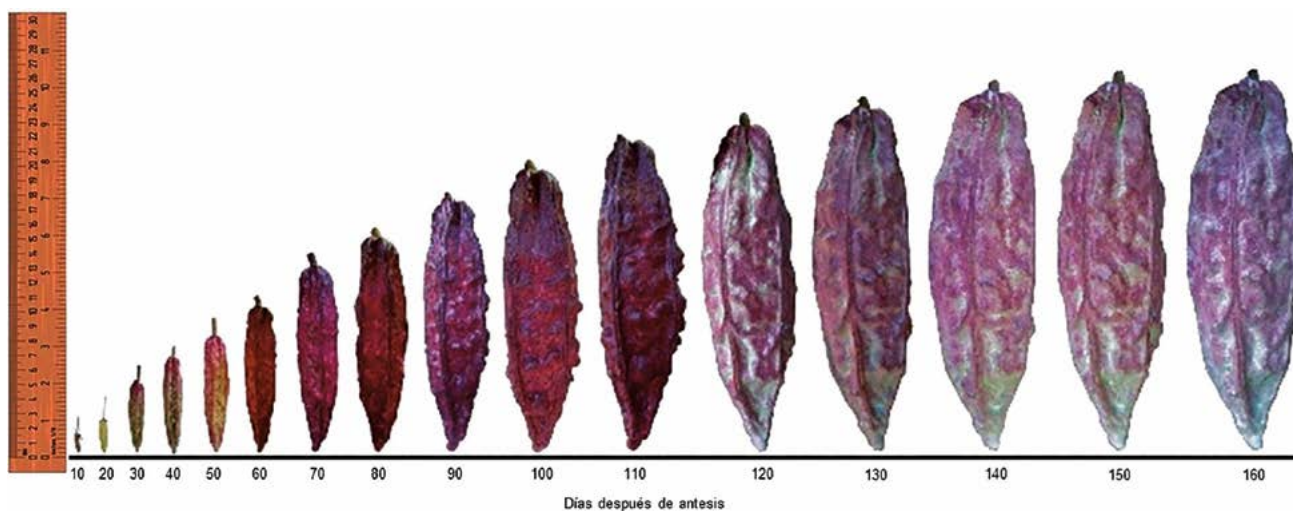
Un panorama diferente se observó para la variable diámetro del fruto donde se presentaron ligeras diferencias entre los cinco varietales, el forastero PMCT-58 se caracterizó por presentar el mayor diámetro con respecto a los demás genotipos con un promedio de 86.80 mm, le siguió el trinitario RIM-24 con 82.15 mm, y después los criollos Carmelo, Lagarto y Lacandón con promedios de 77.81, 75.01 y 72.70 mm respectivamente. El diámetro final de los frutos en el intervalo de crecimiento estuvo comprendido entre 72.70 y 86.80 mm con un orden distinto al de la longitud final del fruto ya mencionado, expresando los mayores diámetros los genotipos forastero y trinitario, mientras que los criollos mostraron los me-

nores valores en diámetro, observando que, al aumentar el tamaño del fruto, el pedúnculo disminuye debido al engrosamiento de la constricción basal del fruto (Figuras 3, 4, 5 y 6).

**Maduración del fruto:** La última etapa del crecimiento del fruto es la maduración la cual consistió en la entrada del fruto en un proceso de senescencia. En los frutos de los cinco genotipos evaluados, se obtuvieron promedios en días diferentes para cada uno, 160 días para los genotipos criollos Carmelo, Lagarto o Pentágono y Lacandón; 140 días para el trinitario RIM-24 y 150 días para el forastero PMCT-58, registrando a partir de éstas, el inicio de madurez del fruto con un periodo de entre 10-15 d,



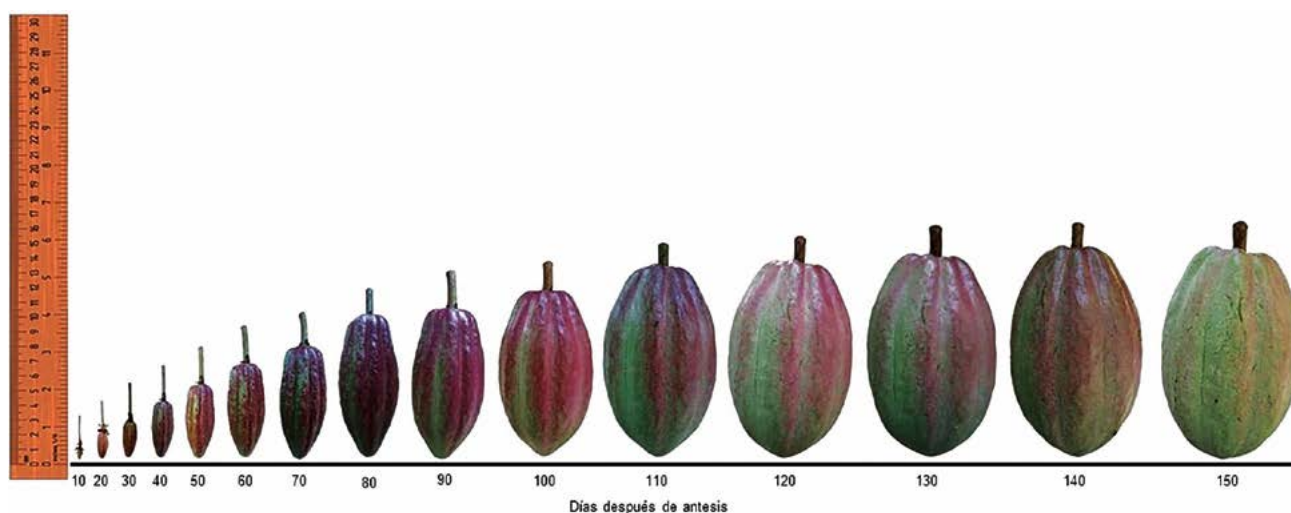
**Figura 3.** Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., Carmelo, desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica  $\pm$  el error estándar de 10 repeticiones.



**Figura 4.** Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., Lagarto desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica  $\pm$  el error estándar de 10 repeticiones.



**Figura 5.** Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., RIM-24 desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica  $\pm$  el error estándar de 10 repeticiones.



**Figura 6.** Desarrollo del fruto de *Theobroma cacao* L. var., PMCT-58 desde antesis hasta madurez fisiológica. La línea vertical indica  $\pm$  el error estándar de 10 repeticiones.

dependiendo del estado nutricional del árbol (número de frutos madurados), y del ambiente (Enríquez, 1985). Avendaño et al. (2011), mencionan que, durante los meses más calurosos, los frutos generalmente maduran entre los 140 y 175 días, mientras que cuando los frutos maduran en los meses más fríos tardan entre 167 y 205 días.

## CONCLUSIONES

La biología floral de los genotipos criollos, trinitarios y forasteros presenta variaciones pequeñas en longitud y diámetro en botón floral, así como el tiempo de mayor crecimiento. El crecimiento longitudinal del fruto fue diferencial entre los genotipos y varió de 110 a 150 dda, y para el diámetro fue de 50 a 70 dda. El fruto de mayor longitud (270 mm) fue el lagarto, y creció hasta los 150 dda. El genotipo RIM 24 presentó el mayor crecimiento en menos tiempo, registrando longitud de 230 mm y grosor de 60 mm en 120 dda, mientras que el de menor valor fue el genotipo PMCT-58 con 150 mm de longitud y 70 mm de ancho en 130 dda. El crecimiento de los frutos de cacao de los tres genotipos (criollo, trinitario y forastero) presentó variaciones en cuanto a longitud y diámetro así como en días a madurez fisiológica; teniendo para los genotipos criollos Carmelo 192.25 mm de longitud y 77.81 mm de diámetro, Lagarto con 269.71 y 75.01 mm, Lacandón con 205.89 y 72.70 mm y un tiempo de 160 días a madurez fisiológica, en cambio el forastero PMCT-58 presentó 161.28 y 86.80 mm con 150 días a madurez fisiológica, y el genotipo trinitario RIM-24 presentó 234.40 y 82.15 mm con 140 días a madurez fisiológica, teniendo menor tiempo a maduración el genotipo trinitario RIM-24.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J.F., Iracheta-Donjuan L. 2005. Rosario Izapa: 60 años de Ciencia e Innovación Tecnológica en el Trópico. Libro Técnico número 1. INIFAP, CIRPAS, CERI.
- Avendaño A.C.H., Juan F.J.M., Campos R.E., Gallardo M.R. A., Mendoza L. A., Aguirre M.J. F., Sandoval E. A., Espinosa Z. S. 2011. Diagnóstico del Cacao en México. Primera Edición en español. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. pp 18-21.
- Avendaño-Arrazate C.H., Ogata-Aguilar N., Gallardo-Méndez R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquivez A. 2010. Cacao diversidad en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 86 p.
- Azcón J., Talón M. 2001. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill-Interamericana, España. 522 p.
- Cheesman E.E. 1944. Notes on the nomenclature classification and possible, relationship ut cacao population. Tropical Agriculture 21 (8): 144-159.
- De Los Cobos A. R. P. 2012. Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Has. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería. Universidad de Almería. Almería, España. 76 p.
- Enríquez G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. CATIE. Turrialba CR. 240 p.
- Enríquez G. 2004. Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones agropecuarias. Quito, Ecuador. 360 p.
- Gillaspy G., Ben-David H., Gruissem W. 1993. Fruits: a developmental perspective. Plant Cell 5: 1439– 1451.
- Hardy F. 1961. Manual del curso del cacao. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 113-118.
- ICCO, 2013. Estadísticas de la producción Mundial de cacao. Londres Inglaterra.
- Melgarejo L.M. 2015. Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo. Facultad de Ciencias: Colciencias: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia – CEPASS, 304 páginas.