

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE *Theobroma cacao* EN EL SURESTE DE MÉXICO

REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF *Theobroma cacao* IN SOUTHEASTERN MEXICO

Magdiel Torres-de la Cruz¹, Carlos Fredy Ortiz-García^{2*}, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza²,
José Ángel Gaspar-Génico¹, Santos Triunfo Leiva-Espinoza³ y Segundo Manuel Oliva-Cruz³

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa, Centro, Tabasco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco, México. ³Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Chachapoyas, Perú.

*Autor de correspondencia (cfortizg@gmail.com)

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao*) es uno de los principales cultivos agrícolas en el sureste de México. Actualmente no existe un estudio amplio del comportamiento reproductivo que permita eficientar el manejo agronómico. El objetivo del presente estudio fue caracterizar el comportamiento reproductivo de *T. cacao* ecotipo Complejo Trinitario Mexicano en el sureste de México. Se contabilizó el número de flores abiertas, frutos nuevos, frutos de 2 a 7 cm, frutos mayores de 7 cm, frutos verdes y frutos maduros cada semana durante un año en cinco plantaciones. Se describió el comportamiento de las variables y se analizó la relación de las variables con la temperatura y humedad relativa. El periodo reproductivo abarcó el año completo. El patrón de floración fue anual, con máxima floración de abril a agosto. El porcentaje de flores que desarrollaron en frutos fue de 6.7 %. El periodo de máxima cantidad de frutos de 2 a 7 cm se presentó de agosto a septiembre y el periodo de máximo número de frutos mayores de 7 cm se mostró de agosto a noviembre. La mayor cantidad de frutos verdes se registró de octubre a diciembre y el mayor número de frutos maduros se presentó en noviembre y diciembre. Temperaturas mayores de 25 °C mostraron correlación de Spearman positiva con la densidad de flores abiertas ($\rho = 0.68$ a 0.81) y frutos nuevos ($\rho = 0.41$ a 0.54); sin embargo, la humedad relativa correlacionó negativamente con estas variables, $\rho = -0.36$ a -0.65 y $\rho = -0.31$ a -0.47 , respectivamente. El periodo de mayor cantidad de frutos verdes y maduros correlacionó negativamente con la floración y frutos nuevos. El patrón fenológico propuesto puede ser indicativo de las tendencias de *T. cacao* en la región. Este estudio podría ser la base para la comparación de clones y la planificación de estrategias de manejo del cultivo.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, fenología reproductiva, floración, frutos.

SUMMARY

Cacao (*Theobroma cacao*) is one of the main agricultural crops in Southeastern Mexico. Currently, there is no comprehensive study on reproductive behavior that allows efficient agronomic management. The objective of this study was to characterize the reproductive behavior of *T. cacao* ecotype Mexican Trinitario Complex in Southeastern Mexico. The number of open flowers, new fruits, fruits of 2 to 7 cm, fruits larger than 7 cm, green fruits and ripe fruits were accounted every week for one year in five plantations. The behavior of the variables was described and the relationship of those variables with temperature and relative humidity was analyzed. The reproductive period spanned the whole year. The flowering pattern was

annual, with maximum flowering from April to August. The percentage of flowers that developed into fruits was 6.7 %. The period of maximum amount of fruits of 2 to 7 cm was shown from August to September and the period of highest number of fruits larger than 7 cm was from August to November. The highest number of green fruits was recorded from October to December and the highest number of ripe fruits occurred in November and December. Temperatures above 25 °C showed positive Spearman correlation with the density of open flowers ($\rho = 0.68$ to 0.81) and new fruits ($\rho = 0.41$ to 0.54); however, relative humidity negatively correlated with these variables, $\rho = -0.36$ to -0.65 and $\rho = -0.31$ to -0.47 , respectively. The period of larger quantity of green and ripe fruits negatively correlated with flowering and new fruits. The proposed phenological pattern may be indicative of *T. cacao* trends in the region. This study could be the basis for comparing clones and planning crop management strategies.

Index words: *Theobroma cacao*, flowering, pods, reproductive phenology.

INTRODUCCIÓN

El cacao es un cultivo de importancia mundial, ya que constituye la materia prima para la elaboración del chocolate (FEDECACAO, 2015). En el sureste de México se cultivan 52,499 ha que benefician directamente a 41,000 familias (SIAP, 2022). Los estados de Tabasco y Chiapas son los principales productores de cacao en México y concentran 99 % de la producción nacional.

La producción de cacao en el sureste de México tiene un rendimiento promedio menor de 500 kg ha⁻¹ año⁻¹ (SIAP, 2022). Este bajo rendimiento se ha atribuido al aumento de los costos de producción, la edad de las plantaciones (Díaz-José *et al.*, 2013), la aplicación inoportuna de prácticas agronómicas y a la presencia de la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*), la cual causa la muerte de hasta el 75 % de los frutos al año (Torres-de la Cruz *et al.*, 2020).

En relación con la fenología reproductiva, diversos autores han establecido que *T. cacao* presenta un patrón

fenológico de floración relacionado con la época del año (Omolaja *et al.*, 2009), ritmos de desarrollo de flores, crecimiento de brotes (Swanson *et al.*, 2008) y tiempo de llenado de granos (Hoopen *et al.*, 2012). Actualmente, los estudios fenológicos se usan en la investigación de las interacciones ecológicas entre especies (Boyle y Bronstein, 2012). También se emplean en la gestión eficiente de enfermedades (Hoopen *et al.*, 2012) y en la planificación de prácticas de manejo agronómico (Righi *et al.*, 2001). La información fenológica de *T. cacao* en las diversas regiones productoras es escasa (Bridgemohan *et al.*, 2016); además, de acuerdo con Boyle y Bronstein (2012), los patrones fenológicos varían entre tipos y clones de cacao, lo que puede reflejar respuestas fisiológicas específicas de la especie a las condiciones abióticas locales.

En el sureste de México, el material genético de la mayoría de las plantaciones de cacao corresponde al Complejo Trinitario (López *et al.*, 2013), donde diversos clones han sido seleccionados para su propagación masiva. Actualmente, el programa gubernamental Sembrando Vida promueve el establecimiento de nuevas plantaciones de *T. cacao* del Complejo Trinitario. No existe en la literatura un estudio del comportamiento reproductivo del cacao Trinitario que permita eficientar el manejo agronómico y el control de las enfermedades más importantes. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue caracterizar la fenología reproductiva de *T. cacao* ecotipo Complejo Trinitario bajo las condiciones climáticas que se presentan en el sureste de México. La caracterización de la fenología reproductiva de *T. cacao* podría ser usada para mejorar la producción potencial de esta especie e incrementar los retornos económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y características de las plantaciones

El estudio se realizó en cinco plantaciones comerciales del estado de Tabasco, México y región norte de Chiapas (Cuadro 1). Las plantaciones se ubicaron en un transecto dirección norte a sur, desde un sitio cercano a la costa del Golfo de México, hasta el inicio de la sierra de Chiapas. El área presenta un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano.

Las plantaciones presentaron una edad de producción estable de 20 a 25 años. Las plantas correspondieron al ecotipo Complejo Trinitario sembrado a partir de semillas a en una densidad de 784 plantas ha⁻¹ y un arreglo topológico 3.5 × 3.5 m. El manejo cultural consistió en el control manual de maleza y la eliminación manual de brotes vegetativos del cacao. En cada sitio se demarcó una parcela experimental de 180 árboles, en un área formada

de 10 × 18 plantas, donde la parcela útil fue el área central formada de 4 × 12 árboles. La ubicación geográfica de las plantaciones se presenta en el Cuadro 1.

Variables reproductivas y registro de datos

Se definieron seis variables reproductivas, las cuales se describen en el Cuadro 2. Todas las variables se registraron semanalmente durante el ciclo productivo 2011-2012, que comprendió el periodo del 25 de mayo de 2011 al 9 de mayo de 2012. Para cada variable se cuantificó el total de flores o frutos presentes en cada árbol por fecha de muestreo.

Variables climáticas

La humedad relativa y la temperatura se registraron cada 2 h usando data loggers (Hobo H8[®] Onset Instruments, Pocasset, Massachusetts, EUA). Los dispositivos se instalaron a 2 m de altura en el centro de cada parcela de evaluación. Los datos se recolectaron a intervalo semanal.

Análisis estadístico

La distribución normal de los datos de las variables reproductivas se verificó con el estadístico de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó la comparación de las variables climáticas entre plantaciones mediante análisis de varianza ($P \leq 0.05$). Los datos de cada variable fenológica se ordenaron a intervalos quincenales. Se realizó una comparación entre fechas de muestreo mediante análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y una prueba Post-hoc con la técnica de Student-Newman-Keuls para evidenciar las fechas con diferencias significativas y detectar las fechas con los valores mayores en cada variable. Los resultados de cada variable se integraron en un gráfico Box-Plot. El coeficiente de correlación de Spearman entre variables del clima y los valores de densidad semanal de flores abiertas y frutos nuevos se calculó con el software IBM SPSS[®] 22.0, con desfase a intervalo semanal; así también, este coeficiente se calculó para conocer la relación entre flores abiertas con la cantidad de frutos verdes y frutos maduros y la relación entre frutos nuevos con la cantidad de frutos verdes y frutos maduros. Por otro lado, los datos de cada variable se promediaron por fecha de muestreo para especificar la duración de las fases reproductivas en la región de estudio y para la exploración de los incrementos absolutos en función del tiempo del ciclo evaluado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del comportamiento reproductivo

Todas las variables reproductivas evaluadas mostraron una fluctuación temporal similar en todas las parcelas. La

Cuadro 1. Localización de los sitios de muestreo para el estudio de comportamiento reproductivo de *Theobroma cacao* en el sureste de México. Ciclo productivo 2011-2012.

| Sitio | Municipio, Estado | Latitud Norte | Longitud Oeste | Altitud (msnm) |
|-------------|--------------------------|---------------|----------------|----------------|
| Moctezuma | Paraíso, Tabasco | 18° 21' 06.9" | 93° 12' 57.8" | 3 |
| Poblado C28 | Cárdenas, Tabasco | 18° 01' 46.7" | 93° 29' 42.0" | 3 |
| Paredón | Huimanguillo, Tabasco | 17° 44' 59.6" | 93° 23' 57.8" | 7 |
| La Piedra | Cunduacán, Tabasco | 18°07'45.2" | 93° 11' 52.4" | 14 |
| Platanar | Pichucalco, Chiapas | 17°33'01.3" | 93° 18' 90.9" | 76 |

msnm: metros sobre el nivel del mar.

Cuadro 2. Variables registradas para el estudio de comportamiento reproductivo de *Theobroma cacao* en el sureste de México. Ciclo productivo 2011-2012.

| VARIABLES REPRODUCTIVAS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------|--|
| Número de flores abiertas | Flor con sépalos y pétalos abiertos del 50 al 100 %. |
| Número de frutos nuevos | Frutos visibles de hasta 1.5 cm de largo. |
| Número de frutos de 2 a 7 cm | Frutos de 2 a 7 cm (susceptibles a marchitez fisiológica). |
| Número de frutos mayores a 7 cm | Frutos mayores de 7 cm, gordos, en fase de no marchitamiento y que han alcanzado del 60 al 70 % de su tamaño final. |
| Número de frutos verdes | Frutos cercanos a la madurez fisiológica con embriones completamente desarrollados y que han alcanzado un 90 % de su tamaño final. |
| Número de frutos maduros | Frutos que han alcanzado su madurez fisiológica con cambio externo de color de verde/rojo a amarillo o naranja. |

fenofase de flores abiertas presentó una duración de 12 meses. Todas las plantaciones mostraron un patrón de floración anual con un solo episodio de máxima floración que se extendió de abril a agosto, con los principales picos de floración en los meses de mayo y junio (Figura 1). Este periodo de máxima floración es de mayor amplitud que lo reportado por Leiva-Rojas *et al.* (2019), quienes registraron un periodo de máxima producción de flores de julio a septiembre para el clon ICS-95 en Colombia. El promedio de flores abiertas por árbol y por día fue de 32. Un número similar de flores abiertas por árbol por día fue reportado en Colombia por Gil *et al.* (2017) para el clon FCH-25; sin embargo, estos autores reportaron a los clones CCN-51, ICS-95 con 104 y 148 flores abiertas por árbol por día, respectivamente, lo que indicaría que los cacaos Trinitarios de Tabasco presentan menor número de flores abiertas por día, pero un periodo más extendido.

La fenofase de frutos nuevos presentó una duración de 12 meses, con dos episodios de máximo número de frutos nuevos (Figura 1). El primer episodio ocurrió de junio a

septiembre de 2011 y el segundo episodio se registró de enero a febrero de 2012 (Figura 1). El primer evento de máximo número de frutos nuevos concuerda con los resultados de Gil *et al.* (2017) y Leiva-Rojas *et al.* (2019), quienes reportaron un periodo de mayor número de frutos nuevos en los meses de julio a septiembre para los clones CCN-51, CCN-95 y LK-40.

La fenofase de frutos de 2 a 7 cm mostró un periodo de 12 meses consecutivos, con dos periodos de incrementos importantes; sin embargo, el periodo de máxima cantidad se presentó de agosto a septiembre (Figura 1). Por otro lado, el menor número de frutos se presentó en dos periodos, el primero de octubre a enero y el segundo de abril a junio (Figura 1). De acuerdo con Niemenak *et al.* (2009), los frutos de este periodo alcanzan hasta el 50 % de su tamaño final; sin embargo, estos frutos son susceptibles al deterioro llamado marchitez fisiológica, el cual se caracteriza por el marchitamiento y necrosis del fruto, lo cual representa una pérdida de frutos importante (Bridgemohan *et al.*, 2016).

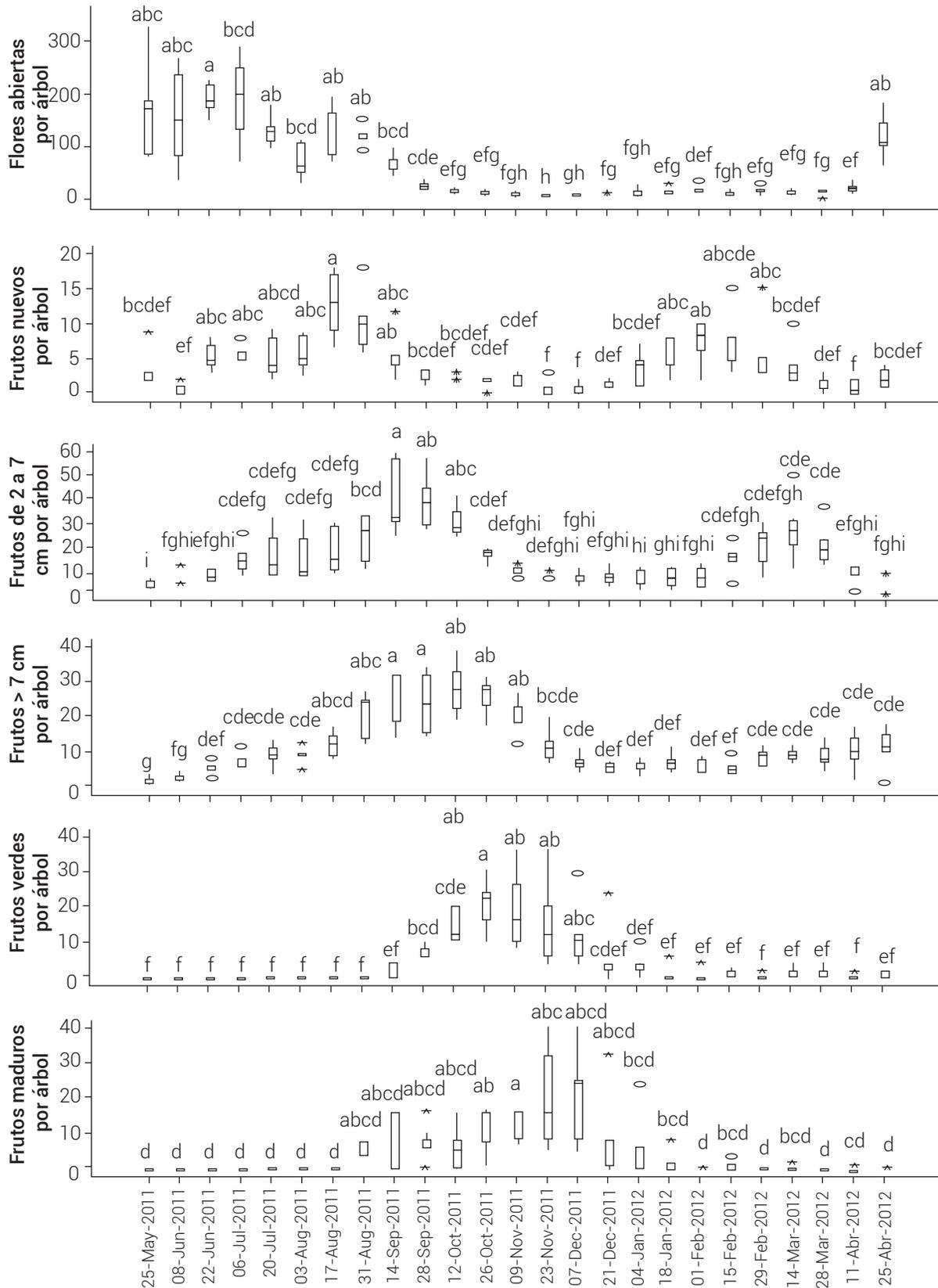


Figura 1. Número de flores abiertas, frutos nuevos, frutos de 2 a 7 cm, frutos mayores de 7 cm, frutos verdes y frutos maduros de *Theobroma cacao* ecotipo Complejo Trinitario de cinco plantaciones del estado de Tabasco y norte de Chiapas, México. Ciclo productivo 2011-2012. Letras distintas indican diferencias significativas, Student-Newman-Keuls (P ≤ 0.05).

La fenofase de frutos mayores de 7 cm mostró una duración de 12 meses consecutivos. El periodo de mayor cantidad de frutos de esta etapa se presentó de agosto a noviembre, con el pico máximo en octubre. Este periodo coincidió con el de menor número de flores abiertas, lo que resalta la competencia entre las diferentes demandas por asimilados, privilegiando a los frutos. La menor cantidad de frutos mayores de 7 cm se registró de diciembre a agosto (Figura 1). De acuerdo con Niemenak *et al.* (2009), los frutos en esta etapa alcanzan hasta el 70% de su tamaño final y no son susceptibles a la marchitez fisiológica; sin embargo, estos frutos son los más susceptibles a la moniliasis del cacao, la principal limitante fitosanitaria del cacao en México (Torres-de la Cruz *et al.*, 2020). Lo anterior es de gran importancia para establecer medidas de protección química de frutos mayores de 7 cm.

La fenofase de frutos verdes presentó una duración de ocho meses consecutivos; sin embargo, la mayor cantidad se registró de octubre a diciembre (Figura 1). De acuerdo con Niemenak *et al.* (2009), frutos en esta fase representan el final de la etapa de desarrollo, donde los embriones están completamente desarrollados y el fruto ha alcanzado el 90 % de su tamaño final. El periodo de mayor número de frutos verdes coincidió con el periodo de menor cantidad de floración, menor número de frutos nuevos y menor cantidad de frutos de 2 a 7 cm.

La fenofase de frutos maduros mostró una duración de 8.5 meses. De acuerdo con Niemenak *et al.* (2009), en la etapa de maduración la parte externa comienza un cambio de color de verde o rojo a amarillo o naranja. En esta etapa se completa la madurez fisiológica y los frutos están listos para ser cosechados. No hubo diferencias en la cantidad de frutos entre fechas correspondientes al periodo del 31 de agosto al 21 de diciembre; sin embargo, los principales picos de madurez se presentaron en los meses de noviembre y diciembre (Figura 1). El periodo de menor presencia de frutos maduros se registró de enero a abril, donde la presencia de frutos maduros fue esporádica. El periodo de máximo número de frutos maduros coincidió con lo reportado por Gil *et al.* (2017), quienes registraron un periodo de mayor número de frutos maduros de octubre a diciembre para el clon CCN-51 y de agosto a diciembre para el clon LK-40; contrariamente, estos autores registraron un periodo de mayor cantidad de frutos maduros de diciembre a febrero para el clon ICS-95.

Después del periodo de mayor cantidad de frutos maduros se presentó un ligero incremento de la floración en los meses de enero y febrero (Figura 1); un segundo periodo de mayor número de frutos nuevos en enero y febrero (Figura 1), y un incremento de frutos de 2 a 7 cm en los meses de febrero y marzo (Figura 1). El incremento en

estas variables coincidió con el periodo de menor número de frutos verdes y maduros. Al respecto, Valle *et al.* (1990) indicaron que la continua remoción de frutos de *T. cacao* provoca un incremento en la floración debido a que existe un equilibrio de fotoasimilados entre flores y frutos, lo cual también se reflejó en el incremento de frutos nuevos y frutos de 2 a 7 cm.

En el periodo evaluado se presentaron dos enfermedades que afectan los frutos del cacao: la moniliasis y la mancha negra. La moniliasis se presenta durante todo el año, con mayor incidencia de octubre a diciembre (Torres-de la Cruz *et al.*, 2020) y la mancha negra (*Phytophthora capsici*) tiene mayor incidencia de octubre a noviembre (Torres-de la Cruz *et al.*, 2023), lo que pudo tener un efecto sobre el número de frutos de todas las etapas evaluadas e incidir sobre la cantidad de frutos de las etapas finales de desarrollo (frutos verdes y frutos maduros). De acuerdo con Boyle y Bronstein (2012), la acción de los patógenos y la intensidad de las enfermedades son factores que pueden modificar la fenología de las plantas; sin embargo, hacen falta estudios que demuestren el efecto de los patógenos sobre la fenología de *T. cacao*.

Correlaciones de Spearman entre factores climáticos y fenología reproductiva

De mayo 2011 a mayo 2012, la humedad relativa y la temperatura presentaron una fluctuación temporal similar en todas las plantaciones evaluadas, sin diferencias estadísticas entre sitios ($P > 0.05$). De julio 2011 a febrero 2012, la humedad relativa promedio fue de 90 a 98 %; los meses de marzo, abril, mayo y junio la humedad relativa promedio fue de 69.5 a 89.9 %. Por otro lado, los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre presentaron temperaturas promedio de 25 a 30.3°C; los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero presentaron temperaturas promedio de 20.5 a 24.9 °C.

Los picos de mayor cantidad de flores abiertas coincidieron con la temporada de temperaturas promedio de 25 a 30.3°C; a su vez, el periodo de menor número de flores abiertas coincidió con la temporada de temperaturas promedio menores de 25°C y humedad relativa promedio de 90 a 98 %. La cantidad de flores abiertas correlacionó positivamente con la temperatura ($\rho = 0.68-0.81$), con un desfase de dos semanas (Cuadro 3); sin embargo, el número de flores abiertas presentó una correlación de Spearman negativa con la humedad relativa ($\rho = -0.36$ a -0.65), también con un desfase de dos semanas. De acuerdo con Sáenz y Cabezas-Gutiérrez (2007), temperaturas promedio superiores a 26 °C inducen floraciones constantes y las temperaturas menores afectan negativamente la floración, de ahí que el periodo

de mayores temperaturas (abril a julio) correlacionó con la mayor cantidad de flores abiertas. Por otro lado, la época de bajas temperaturas, coincide en la región de estudio con la época de nortes (lluvias constantes), con humedad relativa alta. Una combinación de alta humedad relativa y temperaturas bajas hace que disminuya la iniciación y diferenciación floral, lo que puede conducir a una baja producción de flores (Akeredolu y Laseinde, 2019).

El primer periodo de frutos nuevos coincidió con la época de temperaturas promedio de 25 a 30.3 °C y el segundo periodo, de mayor cantidad de frutos nuevos, pero de menor duración, se presentó en época de temperaturas menores de 25 °C. El número de frutos nuevos mostró correlación de Spearman positiva con la temperatura ($\rho = 0.41$ a 0.54), con un desfase de 14 d; sin embargo, esta cantidad de frutos nuevos presentó una correlación negativa con la humedad relativa ($\rho = -0.31$ a -0.47) (Cuadro 3). Por otro lado, el número promedio de frutos nuevos presentó correlación de Spearman positiva ($\rho = 0.60$) con el número de flores abiertas. Al respecto, Gil *et al.* (2017) también observaron correlación significativa entre frutos nuevos y flores abiertas. En este estudio, el número de frutos nuevos por árbol por año representó el 6.7 % de las flores abiertas por árbol por año. Según Aneja *et al.* (1999), el porcentaje de flores que se desarrollan en frutos usualmente es muy bajo (0.5 a 5 %) debido principalmente a la baja tasa de autopolinización que existe en plantas auto-incompatibles. Al respecto, la polinización artificial ha demostrado su eficiencia en el incremento de la producción de cacao, lo cual puede ser evaluado en los sistemas de producción del sureste de México (Vera-Chang *et al.*, 2016). Por otro lado, la humedad relativa alta puede dificultar la polinización, favorecer la incidencia de enfermedades y conducir al aborto de flores y frutos (Akeredolu y Laseinde, 2019). De

acuerdo con Cerda *et al.* (2009), la temperatura media óptima para *T. cacao* es de 23 a 25 °C; sin embargo, en la presente investigación, la mayor cantidad de flores abiertas y el mayor número de frutos nuevos se presentaron en periodos con temperaturas promedio superiores a 25 °C, lo que coincide con el intervalo óptimo de temperatura de 22 a 27 °C indicado por Sáenz y Cabezas-Gutiérrez (2007).

El número de frutos verdes mostró una correlación de Spearman negativa con el número de flores abiertas ($\rho = -0.65$ a -0.79) y con la cantidad de frutos nuevos ($\rho = -0.55$ a -0.75) (Cuadro 3); de igual manera, el periodo de mayor número de frutos maduros mostró una correlación de Spearman negativa con la cantidad de flores abiertas ($\rho = -0.50$ a -0.79) y con la cantidad de frutos nuevos ($\rho = -0.48$ a -0.77) (Cuadro 3). De acuerdo con Sáenz y Cabezas-Gutiérrez (2007), las épocas de mayor carga de frutos coinciden con baja carga de flores.

El periodo reproductivo total de *T. cacao* en el sureste de México abarcó todo el año. El principal periodo reproductivo comprendió de mayo a enero. El patrón de floración fue anual, con un solo episodio de máxima floración de mayo a septiembre. El porcentaje de flores que se desarrollan en frutos fue de 6.7 % y la mayor cantidad de frutos maduros se presentó de noviembre a diciembre. Temperaturas mayores de 25 °C favorecieron el número de flores abiertas y de frutos nuevos. La humedad relativa influyó negativamente sobre la cantidad de flores abiertas y frutos nuevos. El periodo de mayor número de frutos verdes y maduros influyó negativamente en la floración, frutos nuevos, frutos de 2 a 7 cm y frutos mayores de 7 cm. El patrón fenológico propuesto para las fenofases puede ser indicativo del comportamiento reproductivo de *T. cacao* en la región y servir como base para la planificación de estrategias de

Cuadro 3. Correlación de Spearman (ρ) de flores abiertas y frutos nuevos con la temperatura (T), humedad relativa (HR), frutos verdes y frutos maduros en cinco plantaciones comerciales de Tabasco y norte de Chiapas. Ciclo productivo 2011-2012.

| Plantaciones | Correlación de Spearman (ρ) | | | | | | | |
|--------------|------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------|----------------|
| | Flores abiertas | | | | Frutos nuevos | | | |
| | T media semanal (°C) | HR media semanal (%) | Frutos verdes | Frutos maduros | T media semanal (°C) | HR media semanal (%) | Frutos verdes | Frutos maduros |
| Moctezuma | 0.81 | -0.36 | -0.65 | -0.69 | 0.51 | -0.41 | -0.60 | -0.77 |
| Poblado C28 | 0.68 | -0.44 | -0.70 | -0.77 | 0.41 | -0.37 | -0.55 | -0.65 |
| La Piedra | 0.77 | -0.54 | -0.77 | -0.79 | 0.48 | -0.39 | -0.75 | -0.81 |
| Paredón | 0.79 | -0.65 | -0.79 | -0.70 | 0.54 | -0.47 | -0.74 | -0.48 |
| Platanar | 0.77 | -0.63 | -0.73 | -0.50 | 0.75 | -0.31 | -0.70 | -0.48 |

manejo del cultivo para la comparación de clones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT).

BIBLIOGRAFÍA

- Akeredolu M. I. and T. Laseinde (2019) Fruiting patterns of cacao as affected by shading regimes. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. July 23-26, 2019. IEOM Society International. Pilsen, Czech Republic. pp:2258-2266.
- Aneja M., T. J. Gianfagna, and E. Ng (1999) The roles of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cocoa flowers. *Plant Growth Regulation* 27:149-155, <https://doi.org/10.1023/A:1006153502897>
- Boyle W. A. and J. L. Bronstein (2012) Phenology of tropical understory trees: patterns and correlates. *Revista de Biología Tropical* 60:1415-1430, <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i4.2050>
- Bridgemohan P., M. E. S. Mohamed, M. Mohammed, K. Singh and R. S. H. Bridgemohan (2016) The application of BBCH scale for codification and illustrations of the floral stages of Caribbean fine cacao *Theobroma cacao* L. *Journal of Agricultural Science and Technology* 6:1-10, <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2016.01.001>
- Cerda R., R. Cabezas, M. Daza e I. Delgado (2009) La planta de Cacao: Distribución Ecofisiología – Fenología. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. San José, Costa Rica. 189 p.
- Díaz-José O., J. Aguilar-Ávila, R. Rendón-Medel and V. H. Santoyo-Cortés (2013) Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40:279-289, <https://doi.org/10.4067/S0718-16202013000200004>
- FEDECACAO, Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia (2015) Guía Técnica para el Cultivo del cacao. 6a edición. Bogotá, Colombia. 180 p.
- Gil R. J. P., E. I. Leiva R. and R. Ramírez P. (2017) Phenology of cocoa tree in a tropical moist forest. *Científica* 45:240-252, <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n3p240-252>
- Hoopen G. M., P. Deberdt, M. Mbenoun and C. Cilas (2012) Modelling cacao pod growth: implications for disease control. *Annals of Applied Biology* 160:260-272, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00539.x>
- Leiva-Rojas E. I., E. E. Gutiérrez-Brito, C. J. Pardo-Macea y R. Ramírez-Pisco (2019) Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:137-146, <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.2.137-146>
- López A. P. A., C. Hernández H. y M. A. Ramírez G. (2013) Caracterización de las variedades de cacao en Tabasco. INIFAP-SAGARPA. Villahermosa, Tabasco, México. 25 p.
- Niemenak N., C. Cilas, C. Rohsius, H. Bleiholder, U. Meier and R. Lieberei (2009) Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 156:13-24, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x>
- Omolaja S. S., P. Aikpokpodion, S. Oyedeji, and D. E. Vwioko (2009) Rainfall and temperature effects on flowering and pollen productions in cocoa. *African Crop Science Journal* 17:41-48, <https://doi.org/10.4314/acsj.v17i1.54209>
- Righi C. A., M. S. Bernardes, D. S. Castro e D. M. Abbud (2001) Fenologia e variação temporal do índice de área foliar de três cultivares de seringueira (*Hevea* spp.). *Agrotropica* 13:125-132.
- Sáenz C. B. y M. Cabezas-Gutiérrez (2007) Un acercamiento a la ecofisiología del cacao. *Revista Innovación y Cambio Tecnológico* 6:44-51.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022) Avances de siembras y cosechas de cultivos perennes por estado en México 2022. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do (Enero 2023).
- Swanson J. D., J. E. Carlson and M. J. Guiltinan (2008) Comparative flower development in *Theobroma cacao* based on temporal morphological indicators. *International Journal of Plant Sciences* 169:1187-1199, <https://doi.org/10.1086/591986>
- Torres-de la Cruz M., G. Mora-Aguilera, C. F. Ortiz-García, A. de la Cruz-Pérez y J. A. Gaspar-Génico (2020) Flujos productivos determinan la estructura epidémica de la moniliasis del cacao en el sureste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:421-431, <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.431>
- Torres-de la Cruz M., G. Mora-Aguilera, C. F. Ortiz-García, J. A. Gaspar-Génico, M. Pérez-de la Cruz and N. Acencio-Castillo (2023) Climate, fruiting and frosty pod rot influence the epidemic intensity of *Phytophthora capsici* in cacao plantations in Mexico. *Mexican Journal of Phytopathology* 41:26-44, <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2210-3>
- Valle R. R., A. A. F. De Almeida and R. M. O. Leite (1990) Energy cost of flowering, fruiting, and cherrille wilt in cacao. *Tree Physiology* 6:329-336, <https://doi.org/10.1093/treephys/6.3.329>
- Vera-Chang J., R. Cabrera-Verdesoto, J. Morán-Morán, K. Neira-Rengifo, R. Haz-Burgos, J. Vera-Barahona, ... y C. Cabrera-Verdesoto (2016) Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. *Idesia (Arica)* 34:35-40, <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000033>