

Evaluación fenológica de accesiones no tóxicas de *Jatropha curcas* L. en la región de Veracruz**Phenological evaluation of non-toxic *Jatropha curcas* L. accessions in the Veracruz region**

Hilda Beatriz Wencomo-Cárdenas¹ <https://orcid.org/0000-0002-1450-5611>, Arturo Pérez-Vázquez² <https://orcid.org/0000-0002-8440-7814>,
Eliseo García-Pérez^{2*} <https://orcid.org/0000-0002-4752-3752> y Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez³ <https://orcid.org/0000-0002-3702-6920>

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. Central España Republicana, CP 44280. Matanzas, Cuba.

²Colegio de Postgraduados, Campus-Veracruz. km. 88,5, Carretera Federal Xalapa-Veracruz, CP 91690, Apartado Postal 421. Veracruz, México.

³Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto no. 26, Xalapa, CP 91000. Veracruz, México. Correo electrónico: wencomo@ihatuey.cu, parturo@colpos.mx, geliseo@colpos.mx, dra.valdes.colver@gmail.com

Resumen

Objetivo: Evaluar el comportamiento fenológico de accesiones no tóxicas de *Jatropha curcas* L., propagadas de forma sexual y asexual en la región centro del Estado de Veracruz, México.

Materiales y Métodos: Se trabajó con seis accesiones propagadas tanto por semillas como por estacas con tres repeticiones de una plantación con ocho años de edad. El período de observación se realizó de julio a diciembre del 2019, con evaluaciones semanales. Se registró la presencia de las siguientes fenofases: emisión de inflorescencias, flores, antesis floral, frutos verdes y maduros, caída y emisión de las hojas. Se trabajó con el método semicuantitativo de medición, propuesto por Fournier, y el índice de actividad de Bencke y Morellato.

Resultados: La mayor floración se presentó de octubre a noviembre tanto para las plantas propagadas por semillas como por estacas. Las accesiones de *J. curcas* mostraron caída de las hojas, en el período julio-agosto (60 %) y en octubre (98 %). Las hojas fueron emitidas en todos los meses evaluados, excepto en el período julio-agosto y finales de noviembre-diciembre. El mayor número de individuos en esta fase fue en los meses de septiembre y octubre, con el 100 % de los individuos con emisión de hojas.

Conclusiones: Se observó variación en el comportamiento fenológico de las accesiones, especialmente en cuanto a la caída de las hojas. Las accesiones estudiadas mostraron patrones fenológicos desiguales, ya que la mayoría de ellas florecieron y fructificaron en diferentes momentos.

Palabras clave: *Jatropha*, fenología, piñón, fenofases, propagación

Abstract

Objective: To evaluate the phenological performance of non-toxic *Jatropha curcas* L. accessions, sexually and asexually propagated in the central region of Veracruz State, Mexico.

Materials and Methods: The work was conducted with six accessions propagated by seeds as well as by cuttings with three repetitions, from an eight-year old plantation. The observation period took place from July to December, 2019, with weekly evaluations. The presence of the following phenophases was recorded: emission of inflorescences, flowers, floral anthesis, green and mature fruits, falling and emission of leaves. The research was conducted with the semi-quantitative measurement method, proposed by Fournier, and the activity index suggested by Bencke and Morellato.

Results: The highest flowering occurred from October to November for the plants propagated by seeds as well as by cuttings. The *J. curcas* accessions showed falling of leaves, in the period July-August (60 %) and in October (98 %). The leaves were emitted in all the evaluated months, except in the period July-August and at the end of November-December. The highest number of individuals in this phase was in the months of September and October, with 100 % of the individuals with leaf emission.

Conclusions: Variation was observed in the phenological performance of the accessions, especially regarding the falling of leaves. The studied accessions showed unequal phenological patterns, because most of them flowered and fructified at different moments.

Keywords: *Jatropha*, phenology, physic nut, phenophases, propagation

Introducción

En las últimas décadas, el uso de especies de plantas destinadas a la producción de agrocombustibles ha generado una búsqueda significativa para identificar nuevos recursos fitogenéticos con alto potencial

para dicha producción, sin poner en riesgo la seguridad alimentaria de los países. *Jatropha curcas* L., se visualiza como una excelente alternativa por su composición de ácidos grasos, que la hace ideal para la producción de un biodiesel de notable calidad.

Recibido: 02 de octubre de 2020

Aceptado: 28 de abril de 2021

Como citar este artículo: Wencomo-Cárdenas, Hilda Beatriz; Pérez-Vázquez Arturo; García-Pérez, Eliseo & Valdés-Rodríguez, Ofelia Andrea. Evaluación fenológica de accesiones no tóxicas de *Jatropha curcas* L. en la región de Veracruz. *Pastos y Forrajes*. 44:eE12, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Además, su uso podría disminuir la demanda de oleaginosas, liberándolas para la alimentación humana y animal.

J. curcas, es una especie perenne, de la familia *Euphorbiaceae* (Tsuchimoto, 2017), que no ha sido caracterizada completamente, por lo que el conocimiento de sus características fenotípicas y genotípicas es aún limitado, aunque se han documentado hasta el momento ciertas características botánicas (Laviola *et al.*, 2018).

La fenología es el estudio de las fases periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal en el transcurso del año. Esta disciplina analiza los eventos que ocurren en las plantas, como la germinación, el crecimiento, la floración, la fructificación, la abscisión y la dispersión de las semillas. Nietzsche *et al.* (2014) plantean que se trata de una especialidad fenomenológica, principalmente descriptiva y de investigación, que requiere de métodos de observación y de recopilación de información, asociados con la precisión en el trabajo de campo. Belo *et al.* (2019) plantean que su conocimiento permite formar estrategias de recolecta de frutos, que favorecen la calidad y la cantidad de semillas para la producción de nuevas plántulas. Aguirre-Mendoza y León (2012) aseguran que la fenología se relaciona con las épocas climáticas del año, en las que se suceden los eventos reproductivos en las plantas, determinantes para la sucesión de la población y para asegurar la supervivencia y el establecimiento de los individuos jóvenes.

La fenología de las plantas ha sido relativamente poco estudiada en las regiones tropicales y subtropicales. De ahí la necesidad de realizar análisis más profundos acerca de ella, y de su relación con las condiciones climáticas.

Ma *et al.* (2015) refieren que mediante el estudio de la fenología de las especies se trata de establecer las posibles causas de su presencia, con relación a factores ambientales o climáticos. Además, puede contribuir a la solución de muchos problemas forestales, ya que constituye una metodología que favorece la comprensión de la biología de la reproducción de las especies y permite entender la dinámica de las comunidades.

Eras-Chacho y Pintado-Muy (2018) afirman que la fenología constituye una ayuda que puede aportar al conocimiento sobre las épocas de floración y fructificación, la cantidad de follaje, la emisión de las hojas y los frutos, y su relación con factores climáticos o estímulos ambientales. Al respecto, Hidalgo-Meléndez y Grández-López (2013) corroboran la incidencia de las horas luz, la humedad relativa, la temperatura y la

precipitación en la variación temporal de la fenología reproductiva de las especies. En este sentido, la precipitación ha sido una de las variables de clima mayormente asociada a la expresión del follaje y a la floración.

El estudio que aquí se presenta es de relevancia primordial para poder comprender el comportamiento de las accesiones de *J. curcas*. Su objetivo fue evaluar el comportamiento fenológico de las accesiones no tóxicas de *J. curcas*, propagadas por semillas y por estacas, establecidas hace ocho años en el campo experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz, en la región centro del Estado de Veracruz, México.

Materiales y Métodos

Área de estudio. La investigación se llevó a cabo en el banco de germoplasma de *J. curcas* L., no tóxicas, ubicado en el campo experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz, que se localiza en el km 88,5 de la carretera Federal Xalapa-Veracruz, Predio Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, vía Paso de Ovejas. Su ubicación geográfica corresponde a 19° 11' 38,62" LN y 96° 20' 31,26" LO, a una altitud de 24 msnm. El clima es del tipo Aw1 (w) (i) g, que se corresponde con el clima subhúmedo de lluvias en verano, con precipitación media anual de 1 100 mm y temperatura media anual de 25 °C, con menos de 5 % de precipitación en invierno, y fluctuación de temperatura en un rango de 5 a 7 °C (García, 1988).

Datos climatológicos. Los datos de temperatura y de precipitación, correspondientes al período de enero a diciembre de 2019, se obtuvieron de la Estación Meteorológica del Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz, y se muestran en la figura 1.

Material vegetativo. Se trabajó con seis accesiones, propagadas por semillas como por estacas, con tres repeticiones de una plantación de 49 (23 sembradas por semillas y 26 por estacas) con ocho años de edad (tabla 1), recolectadas en el Estado de Veracruz, seleccionadas previamente. Para dicha selección se consideraron los resultados de otros trabajos de investigación, realizados por García (2015) y Zavala (2016).

Diseño experimental. El experimento se estableció a partir de un diseño experimental de bloques completamente al azar. Se consideró cada planta a muestrear como una réplica y estaban sembradas a una distancia de 3 x 2 m. La única práctica de manejo que se aplicó fue el control de plantas arvenses (malezas) de forma periódica.

Evaluación fenológica de accesiones no tóxicas de *J. curcas* L. en la región de Veracruz

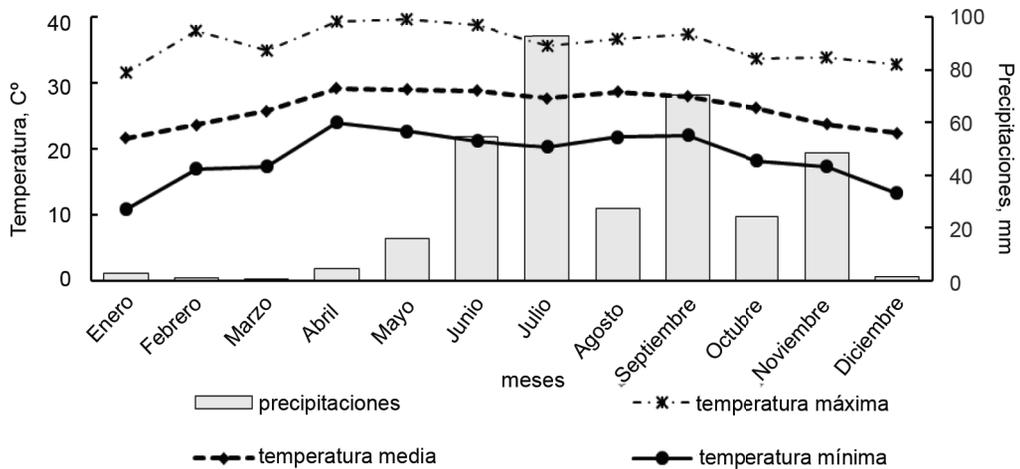


Figura 1. Comportamiento de la temperatura (máxima, media y mínima) y de las precipitaciones.

Tabla 1. Localidad, región de colecta y altitud de las accesiones del estado de Veracruz, México.

Accesión	Localidad	Municipio	Latitud N	Latitud O	Altura, msnm	Propagación
I-13	Paplanta	Paplanta	20° 27' 28.9"	97° 19' 16.2"	173	estacas
I-18	Insurgentes socialistas	Paplanta	20° 11' 25.5"	97° 15' 53.4"	119	semillas
I-26B	Cementereres	Nautla	20° 10' 38.9"	96° 53' 37.0"	9	semillas
I-32	Tuzamapán	Coatepec	19° 24' 00.7"	96° 52' 05.9"	892	estacas y semillas
I-34	Alvarado	Papaloapán	18° 47' 26.1"	95° 45' 31.7"	22	estacas y semillas
I-64	Tepetates	Sotavento	19° 11' 39.7"	96° 20' 38.0"	16	semillas
I-65	Tepetates	Sotavento	18° 11' 41.1"	96° 20' 37.2"	16	estacas
I-78	Paso del correo	Totonaca	20° 21' 24.0"	97° 14' 30.0"	39	estacas
I-80	Buenos Aires	Nautla	19° 56' 09.0"	95° 50' 00.0"	321	estacas y semillas

Fuente: Zavala (2016)

Evaluaciones fenológicas. El período de observación se realizó de julio a diciembre del 2019, con evaluaciones semanales. Se registraron las fenofases emisión de inflorescencias, flores, anthesis floral, frutos verdes y maduros, caída y emisión de las hojas. Se siguió la metodología de Fournier (1974). Se usaron

códigos (tabla 2) para identificar las principales fenofases (brotación, floración y fructificación).

El criterio de evaluación se basó en el método semicuantitativo de medición, propuesto por Fournier (1974), que sigue una escala de 0 a 4, y un intervalo del 25 % entre cada categoría, y permitió

Tabla 2. Simbología de la fenofases.

Fenofase	Código	Identificación de la fenofase
Brotación	1	sin hojas o casi sin hojas
	2	en brotación
	3	hojas adultas
Floración	1	presencia de botones florales
	2	inicio de floración
	3	plena floración
Fructificación	1	fin de floración
	2	frutos verdes
	3	frutos maduros

Fuente: Modificado de Fournier (1974)

estimar el porcentaje de intensidad de la fenofase en cada individuo. En este método, cada una de las fenofases se desarrolla de forma individual, y los valores de la escala se interpretan como sigue: 0) ausencia del fenómeno observado; 1) presencia del fenómeno con amplitud entre 1 y 25 %; 2) presencia del fenómeno con amplitud entre 26 y 50 %; 3) presencia del fenómeno con amplitud entre 51 y 75 % y 4) presencia del fenómeno con amplitud entre 76 y 100 %.

También se utilizó el índice de actividad, mediante el cual es posible verificar la presencia o ausencia de la fenofase en el individuo, sin detallar la intensidad. Este método tiene carácter cuantitativo a nivel de población, al indicar el porcentaje que manifiesta un determinado evento fenológico (Bencke y Morellato, 2002).

Los datos se reflejaron en dendrofenogramas elaborados en Excel y se asociaron con los valores de temperatura y precipitación registrados durante el período de evaluación. No hubo diferencias en el comportamiento de las fenofases de las plantas propagadas por semillas y por estacas, por lo que los dendrofenogramas se presentaron de manera general.

Resultados y Discusión

La pérdida de las hojas puede ser un factor que induce la brotación en algunas especies, ya que reduce la pérdida de agua por parte de la planta, lo que conduciría a la rehidratación de las ramas y a la producción de nuevas hojas, incluso en períodos secos. Las accesiones de *J. curcas* mostrarían la intensidad de la caída de las hojas (fig. 2), según lo evaluado por el índice de Fournier, en el período de julio-agosto fue la menor cuantía (60 %) y

en octubre el mayor valor (98 %). No obstante, el mayor porcentaje de individuos con caída de las hojas ocurrió de noviembre a diciembre. Este proceso, según plantean García-Pérez *et al.* (2013), ocurre normalmente de abril a noviembre, cuando se inicia en el período lluvioso, y aumenta su intensidad con la disminución de las precipitaciones.

Nietsche *et al.* (2014) informaron que *J. curcas* es una planta de baja demanda de agua, que tolera bien la sequía, el calor o el frío y, en condiciones de sequía extrema, pierde hojas para conservar la humedad en sus tejidos. Como resultado, se detiene su crecimiento, pero puede sobrevivir a expensas del agua y de las reservas orgánicas almacenadas en su tallo. Diédhiou *et al.* (2017) plantearon que *J. curcas* muestra un comportamiento caducifolio, en el que las hojas caen, parcial o totalmente, al final de la estación seca o durante la lluviosa; además, indican que permanece en reposo hasta el comienzo de la primavera o durante la temporada de lluvias en las regiones secas.

Taiz y Zeiger (2013) refieren que la pérdida de las hojas minimiza el estrés ambiental, relacionado con períodos prolongados de sequía o de frío. Además, cuando la estacionalidad es baja, en temperatura como en humedad relativa, la producción y la pérdida de hojas pueden ocurrir en cualquier época del año.

La emisión de las hojas (fig. 3) ocurrió de forma discontinua en todos los meses evaluados, excepto en el período de julio a agosto y a finales de noviembre-diciembre. En esta fase, el porcentaje total presentó el mayor número de individuos en septiembre y octubre, con 100 % de los individuos con emisión de hojas. Volvió a disminuir a partir de finales de

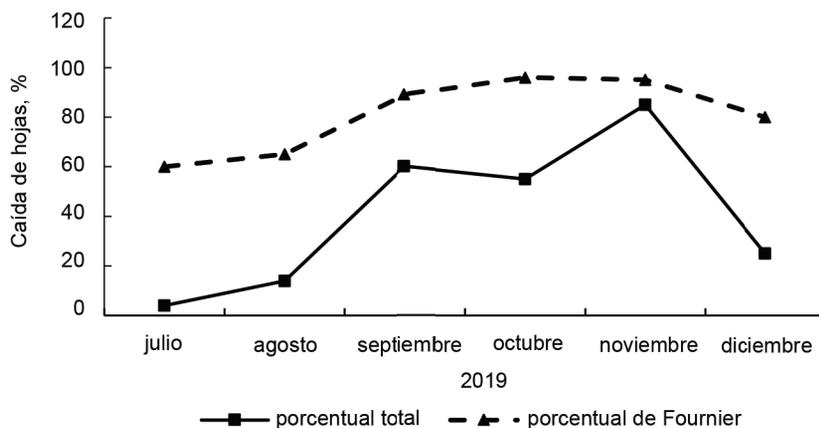


Figura 2. Representación fenológica (porcentaje de Fournier y porcentaje total) de caída de hojas en *J. curcas*.

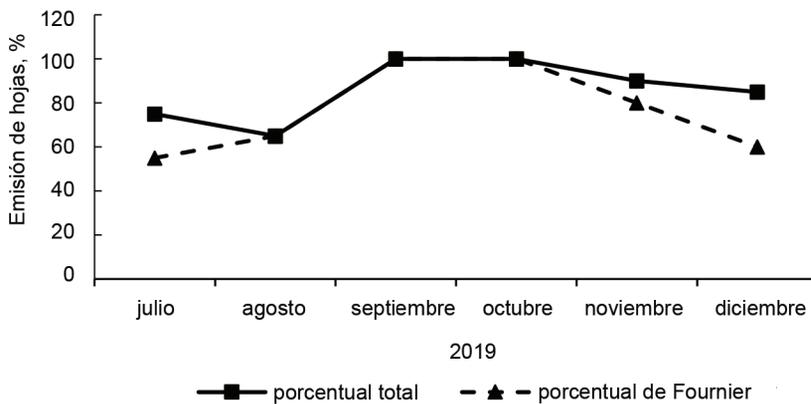


Figura 3. Representación fenológica (porcentaje de Fournier y porcentaje total) de emisión de hojas en *J. curcas*.

noviembre, lo que se asocia a la baja humedad en este segmento del mes y en diciembre. La presencia de pequeñas emisiones de hojas, en la época de seca y caliente, le garantiza a la planta el mantenimiento del aparato fotosintético, sin grandes gastos de energía.

Cabe mencionar que las accesiones emitieron las nuevas hojas en pequeñas cantidades, en la región terminal de las ramas, o en las ramas nuevas; y las hojas nuevas presentaron tonalidades púrpura, caracterizada por la presencia del pigmento antocianina (Taiz y Zeiger, 2013; Nietsche *et al.*, 2015).

Un comportamiento parecido se observó en otras especies de *Jatropha*, como *J. cinerea*, *J. cuneata* y *J. gaumeri*, en las que surgieron nuevos brotes cuando aumentaron las precipitaciones. Esto puede sugerir, además de la disponibilidad de agua, la influencia de otros factores ambientales en la fenología de la especie, según referencias de Santos *et al.* (2010).

En esta fase, se evaluó la presencia de las inflorescencias por planta, teniendo en cuenta los individuos con botones florales, flores abiertas e inflorescencias en fase terminal. Las flores se emitieron prácticamente durante todo el tiempo de evaluación, con una intensidad que aumentó de manera gradual, y alcanzó entre 100 y 80 % entre septiembre y noviembre (fig. 4).

Estos resultados coinciden con los referidos por Pessoa (2011), quien señala que en *Croton cajucara* Benth. y *Croton sonderianus*, que pertenecen también a la familia *Euphorbiaceae*, se observaron picos de floración de octubre a noviembre, época de pocas precipitaciones. No obstante, dichos resultados difieren de los que informan Diédhiou *et al.* (2017) en un estudio sobre floración y cambios en la estación de fructificación de seis accesiones de *J. curcas*. Según describen estos autores, la floración de las

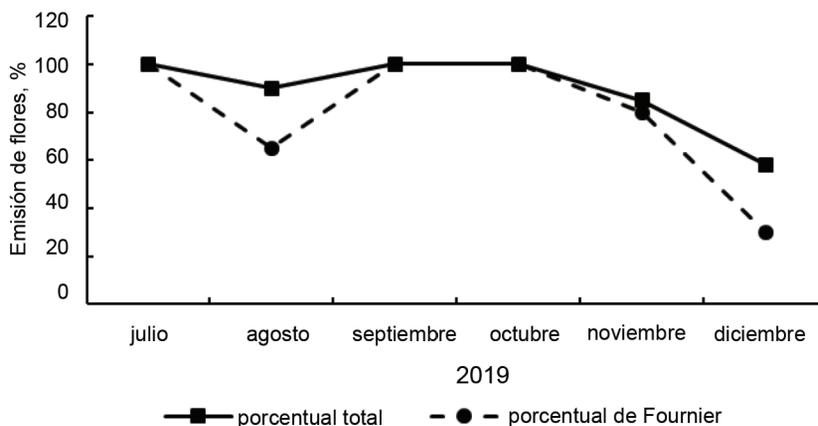


Figura 4. Representación fenológica (porcentaje de Fournier y porcentaje total) de emisión de flores en *J. curcas*.

plantas es cíclica y se produce durante todo el año. Difieren también de los de Anandalakshmi *et al.* (2015), quienes señalan que la emisión de flores se observó prácticamente todo el año. En la presente investigación la mayor intensidad de emisión de flores se registró en julio y octubre. Según el porcentaje total, la mayor cantidad de individuos con brotes de flores ocurrió en julio, septiembre y octubre, con aproximadamente 100 % de las plantas en esta fenofase.

La mayoría de las inflorescencias que aparecen al final de la caída de las hojas estuvieron conformadas, fundamentalmente, por flores masculinas, por lo que en este período la relación flores masculinas/femeninas fue mayor. Este comportamiento se pudo relacionar con el hecho de que, en esta fase, la planta tiene poco aparato fotosintético, y mantener las flores femeninas provoca la pérdida de fotoasimilados, lo que lleva al agotamiento de las reservas.

Otra hipótesis a considerar para la justificación de este comportamiento pudiera ser que, en esta etapa, la cantidad de precipitación que se necesita es menor, lo que propicia una producción de polen adecuada por parte de las inflorescencias masculinas, ya que el exceso de lluvia puede hacer que el polen reviente y, en consecuencia, la polinización no sea viable.

La intensidad de la antesis floral (fig. 5), según el índice de Fournier, debería tener picos en julio y octubre; sin embargo, el porcentaje de individuos en antesis alcanzó su punto máximo en los meses de julio y diciembre. Según Nietzsche *et al.* (2015) esto puede que esté regulado por la interacción de un componente genético específico, con factores ambientales tales como: la temperatura, el fotoperíodo,

la disponibilidad de nutrientes en el suelo, además de la relación hormonal (giberelina, etileno y auxina).

Según referencias de Hernández (2012), generalmente la floración de *J. curcas* se inicia después de un período de inactividad de la planta. Esto ocurre luego del invierno, cuando la temperatura y las precipitaciones se incrementan. Esta autora refiere que la falta de precipitación en meses anteriores permitió la estimulación de la floración. Nietzsche *et al.* (2014) plantean que después de su inducción, la floración se convierte en continua durante períodos prolongados, de acuerdo con la disponibilidad de agua en el suelo.

J. curcas presentó la fase de frutos verdes en agosto, octubre y noviembre (fig. 6). Esta etapa se caracteriza por el crecimiento máximo en el tamaño del fruto, aunque fisiológicamente la planta aún es inmadura y presenta coloración verde. El porcentaje de Fournier mostró picos en octubre y noviembre, y la menor intensidad en julio.

Los porcentajes más altos de individuos con frutos maduros se observaron en septiembre, finales de noviembre y diciembre, con aproximadamente 90, 60 y 70 % de individuos en esta fenofase, respectivamente (fig. 7). Esto evidencia la floración policíclica de esta planta, en la que influyó el comportamiento de las precipitaciones y la temperatura.

Resultados similares a estos informaron Nietzsche *et al.* (2014) en estudios realizados en el sur de la Florida. Estos autores señalan que el promedio de frutos más alto se obtuvo en esa temporada (75,5 %), lo que puede que indique un efecto positivo del clima en esta característica. También son parecidos a los que obtuvieron Anandalakshmi *et al.* (2015) en una plantación de *J. curcas* de tres años, en Tamil Nadu, India.

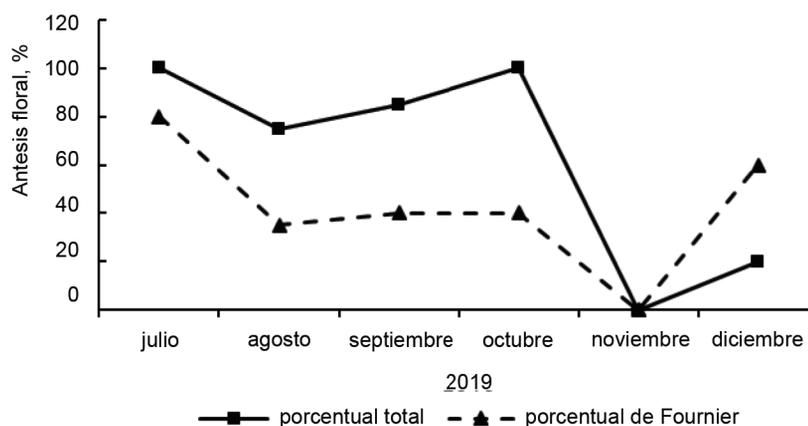


Figura 5. Representación fenológica (porcentaje de Fournier y porcentaje total) para la antesis floral en *J. curcas*.

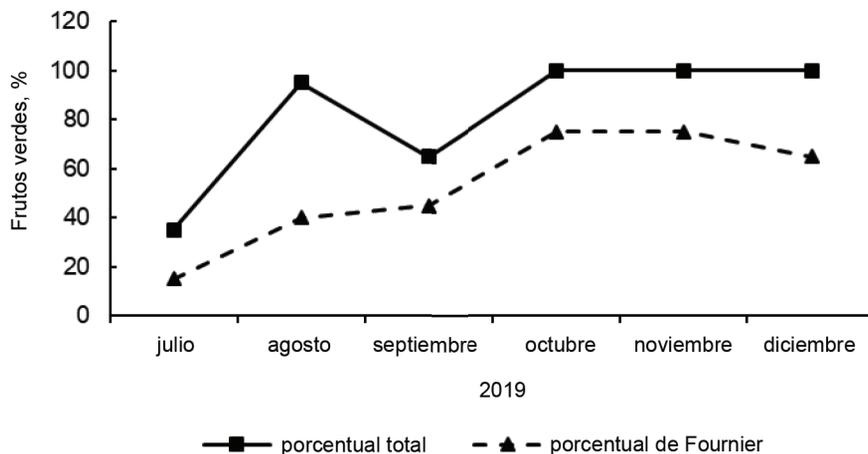


Figura 6. Representación fenológica (porcentaje de Fournier y porcentaje total) de frutos verdes en *J. curcas*.

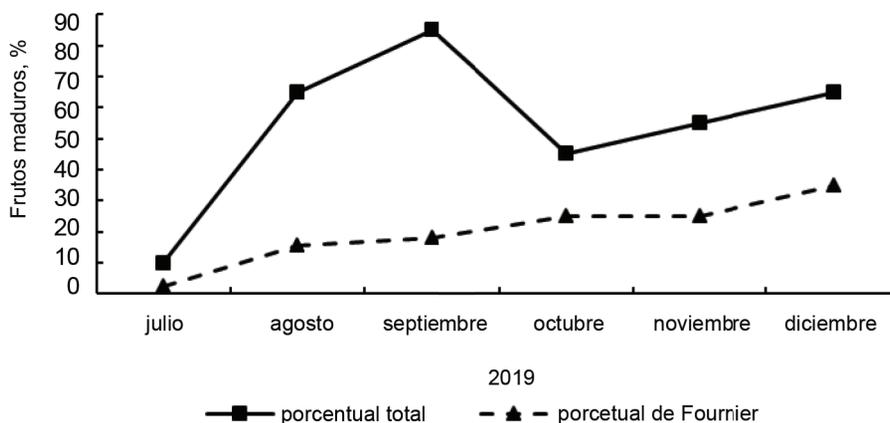


Figura 7. Representación fenológica (porcentaje de Fournier y porcentaje total) de frutos maduros en *J. curcas*.

Sin embargo, difieren de los que refiere Hernández (2012) en estudios realizados en esta plantación, quien observó que esta fenofase se presentó de forma continua, desde julio hasta septiembre, después de una estación seca intensa.

De acuerdo con Ma *et al.* (2016), el comienzo de la producción de frutos de *J. curcas* es aproximadamente en el décimo mes después de la siembra, pero la producción solo alcanza la plenitud alrededor del tercer o cuarto año, y puede alcanzar los 40 años de edad. En Brasil, en las condiciones climáticas de Minas Gerais, la floración de *J. curcas* comenzó después del período de sequía, y los frutos se pudieron cosechar de febrero a abril. Si la tierra recibe riego o lluvias regulares, las plantas pueden producir todo el año, con cosechas mensuales. Este criterio ha sido corroborado en investigaciones de García-Pérez *et al.* (2013) y Diédhiou *et al.* (2017).

Este comportamiento de las fenofases puede que esté asociado no solo a la cantidad de agua disponible, sino a las bajas temperaturas y a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Es válido mencionar que la floración y la fructificación de las plantas (duración e intensidad) no solo dependen de los dos factores climáticos mencionados anteriormente. Aguirre-Mendoza *et al.* (2015) señalaron que en la fenología influyen causas inmediatas, que son los estímulos ambientales, y causas que tienen que ver con los mecanismos genéticos y fisiológicos que determinan un fenotipo.

Estos resultados coinciden con los reportados por Nietzsche *et al.* (2015), quienes al estudiar especies de *J. curcas* observaron que poseían un patrón de floración continuo, y produjeron flores durante todo el año, con picos de floración entre octubre y noviembre. Pero difieren de los obtenidos por

Hernández (2012) al analizar esta misma población, en lo que respecta a la aparición de la mayor cantidad de flores. No obstante, coinciden en que la fenofase de floración inicia después de un período de inactividad de la planta, lo que permite observar mayor presencia de inflorescencias y de flores en octubre e inicios de noviembre.

De igual forma, los resultados aquí registrados no difieren mucho de lo que se ha informado para otras zonas subtropicales y tropicales, de América como de África, donde se han encontrado relaciones entre los patrones fenológicos y diferentes factores climáticos, en dependencia de la alternancia y distribución de los períodos de lluvia y sequía y, especialmente, de la presencia, en algunas zonas tropicales, de una estación seca marcada, que puede inducir a la caída de las hojas con la subsecuente floración o a que esta se presente al inicio de las lluvias (Diédhiou *et al.*, 2017; Eras-Chacho y Pintado-Muy, 2018).

Fournier (1976) señala que es necesario conocer las fases y el desarrollo de las plantas, así como establecer los momentos de recolección de semillas, para comprender los procesos de regeneración natural en las plantaciones. Asimismo, refiere que la época en la que ocurren los eventos reproductivos en las plantas es determinante para la sucesión de la población, para asegurar la supervivencia y el establecimiento de individuos jóvenes, y que los estudios al respecto permiten comprender mejor la respuesta de las especies al ambiente físico y biótico, así como su dinámica.

Con respecto a lo anterior, Cabrera *et al.* (2018) plantean que es de gran significación tener estimadores que expliquen el comportamiento o la dinámica de las especies, especialmente cuando en él influyen variables climáticas, como la temperatura y las precipitaciones. En este sentido, la fenología permite conocer la dinámica de los procesos biológicos de las plantas, con respecto a su entorno biótico y abiótico. Ma *et al.* (2016) confirmaron la influencia de las precipitaciones en las diferentes fenofases de *J. curcas*. Estos autores observaron además, un índice alto de caída de las hojas al final de la época de lluvias, siendo esta última, junto con la formación de nuevas hojas, la floración y la fructificación, las cuatro fenofases principales que consideran la mayoría de los estudios fenológicos sobre esta especie.

Conclusiones

Se observó variación en el comportamiento fenológico de las accesiones de *J. curcas*, especialmente en cuanto a la caída de las hojas. Las accesiones

estudiadas mostraron patrones fenológicos desiguales, ya que la mayoría de ellas florecieron y fructificaron en diferentes momentos.

Agradecimientos

Se agradece a la Beca de Excelencia de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), otorgada por el Gobierno de México mediante la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo y al Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz (COLPOS), por posibilitar el desarrollo de la presente investigación.

Contribución de los autores

- Hilda Beatriz Wencomo-Cárdenas. Llevó a cabo los experimentos, la toma, el procesamiento de datos, la redacción y correcciones en el manuscrito.
- Arturo Pérez-Vázquez. Contribuyó en el asesoramiento de la investigación.
- Eliseo García-Pérez. Contribuyó en el diseño y montaje del experimento, así como en el asesoramiento de la investigación.
- Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez. Participó en la génesis de la idea, la recolección, la interpretación de datos y el análisis de los resultados, así como en la preparación y la revisión del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Bibliografía consultada

- Aguirre-Mendoza, Z.; Díaz-Ordóñez, L. F. & Palacios, B. Fenología de especies forestales nativas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*. 5 (1):68-80. <https://www.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/47>, 2015.
- Aguirre-Mendoza, Z. & León, N. Conocimiento inicial de la fenología y germinación de diez especies forestales nativas en el Padmi, Zamora Chinchipe. *CEDAMAZ*. 2 (1):63-72. <https://www.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/108>, 2012.
- Anandalakshmi, R.; Sivakumar, V.; Warriar, R. R. & Bai, N. Dynamics of flowering and fruiting in *Jatropha curcas* L. and its implications. *Electron. J. Plant Breeding*. 6 (3):813-825. <https://www.semanticscholar.org/paper/Dynamics-of-flowering-and-fruiting-in-Jatropha-L.-Anandalakshmi-Sivakumar/e8ef7b303afc4a360ea3b91da7ec93f22e4eae95>, 2015.
- Belo, Ana P. M.; Souza, Eli R. B. de; Camilo, Yanuzi M. V.; Naves, R. V. & Vieira, M. do C. Fenología, biometría e precocidade de plantas de caju arbóreo do cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.). *Ciênc. Florest.* 29 (4):1672-1684, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509818841>.
- Bencke, Cinara S. C. & Morellato, L. Patricia C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas,

- sua interpretação e representação. *Rev. bras. Bot.* 25 (3):269-275, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000300003>.
- Cabrera, A.; Medina, R. & Aguirre, Z. Índice de actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas en la Estación Experimental El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*. 8 (1):17-31. <https://www.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/download/425/354/1313>, 2018.
- Diédhiou, I.; Bayala, R.; Sagna, M. D & Diedhiou, P. M. Flowering and fruiting seasonal changes of six accessions of *Jatropha curcas* L. in a semi-arid region of Senegal. *Int. J. Adv. Res.* 5 (7):2138-2148, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21474/IJAR01/4953>.
- Eras-Chacho, R. M. & Pintado-Muy, C. R. *Influencia de las variables ambientales sobre la fenología de 10 especies forestales nativas, de la Granja Experimental de Nero, cantón Cuenca*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Cuenca, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, 2018.
- Fournier, L. A. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. *Turrialba*. 26 (1):96-97. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0775e/A0775e01.html>, 1976.
- Fournier, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*. 24 (4):422-423. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0773e/A0773e04.html>, 1974.
- García, Florencia. *Características morfológicas y productivas de accesos de Jatropha curcas L., no tóxicos, del Estado de Veracruz, México*. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias: Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz, 2015.
- García, M. *Observaciones de la polinización en Jessenia bataua (Arecaceae) en la reserva de producción faunística Cuyabeno, Amazonia del Ecuador*. Tesis en Biología. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 1988.
- García-Pérez, E.; García-Alonso, Florencia; Zavala-del-Ángel, I. & Valdés-Rodríguez, Ofelia A. Fenología de *Jatropha curcas* L., en condiciones del trópico sub-húmedo. En: A. Pérez-Vázquez, Ofelia A. Valdés-Rodríguez y E. García-Pérez, eds. *Manual de buenas prácticas para el cultivo de Jatropha curcas* L. México Colegio de Postgraduados. p. 20-28, 2013.
- Hernández, Yudith. *Biología floral de Jatropha curcas* L. Tesis para optar por el título de Licenciada en Biología. Hidalgo, México: Instituto Tecnológico de Huejutla. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Secretaría de Educación Pública, 2012.
- Hidalgo-Meléndez, E. & Grández-López, O. *Mecanismo de polinización para el mejoramiento de piñón blanco (Jatropha curcas L.)*. Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2013.
- Laviola, B. G.; Teodoro, P. E.; Peixoto, L. A. & Bhering, L. L. Selección parental en cruces dialélicos de *Jatropha curcas* utilizando modelos mixtos. *Acta Sci Agron.* 40:e35008, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35008>.
- Ma, S.; Zhou, L.; Pu, G.; Lei, B.; Hou, L.; Dai, X. *et al.* Effects of altitude and water on flowering and fruiting of *Jatropha curcas* L. *Pak. J. Bot.* 47 (2):537-541. <http://www.pakbs.org>, 2015.
- Nietsche, Silvia; Vendrame, W. A.; Crane, J. H. & Pereira, M. C. T. Assessment of reproductive characteristics of *Jatropha curcas* L. in south Florida. *GCB Bioenergy*. 6:351-359, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12051>.
- Nietsche, Silvia; Vendrame, W. A.; Crane, J. H.; Pereira, M. C. T.; Costa, Anne & Reis, T. S. Variability in reproductive traits in *Jatropha curcas* L. accessions during early developmental stages under warm subtropical conditions. *GCB Bioenergy*. 7 (1):122-134, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12113>.
- Pessoa, Angela M. dos S. *Fenología e caracterização morfológica floral, molecular e agronômica de acessos de pinhão-mansão (Jatropha curcas L.)*. Mestrado em Agroecossistemas. São Cristóvão, Brasil: Universidade Federal de Sergipe, 2011.
- Santos, Claudiana M. dos; Endres, L.; Wanderley-Filho, H. C. de L.; Rolim, E. V. & Ferreira, Vilma M. Fenología e crescimento do pinhão-mansão cultivado na zona da mata do estado de Alagoas, Brasil. *Scientia Agraria, Curitiba*. 11 (3):201-209, 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.5380/rsa.v11i3.17500>.
- Taiz, L. & Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre, Brasil: Artmed, 2013.
- Tsuchimoto, S. *The Jatropha genome*. S. Tsuchimoto, ed. Kalyani, India: Springer, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49653-5>.
- Zavala, I. *Caracterización morfogénica de accesiones de Jatropha curcas L., recolectadas en el Estado de Veracruz, México*. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias. México: Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados, 2016.