



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

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.

FENOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE ILAMA (*Annona diversifolia* Saf.)



PHENOLOGY AND PHYSIOLOGY OF ILAMA (*Annona diversifolia* Saf.)

Otero-Sánchez, M.A.¹; Ruiz-Posadas, L.M.^{2*}; Becerril-Román, A.E.²;
Michel-Aceves, A.C.¹; Barrios-Ayala, A.³; Ariza-Flores, R.³

¹Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Av. Vicente Guerrero # 81, Col. Centro, Iguala, Gro. C.P. 40000. MÉXICO. ²Colegio de Postgraduados; Carretera México-Texcoco, km. 35.5, Montecillo, Estado de México, México. ³Campo Experimental Iguala, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y pecuarias. Km 3 carretera Iguala-Tuxpan, C.P. 40000. Iguala, Gro., México.

***Autor responsable:** lucpo@colpos.mx

RESUMEN

Considerando el cultivo de Ilama (*Annona diversifolia* Saf.) como alternativa sustentable de la fruticultura en trópico seco, se realizó su caracterización fenológica, anatómica *in situ* y una evaluación de dormancia en condiciones controladas. La Ilama es una especie semi-caducifolia de ciclo fenológico anual discontinuo con una etapa de crecimiento activo y otra de dormancia. El ciclo inicia en marzo-abril con la aparición de brotes reproductivos y vegetativos, la apertura floral tiene lugar en marzo-mayo, fructifica por cinco meses (mayo-septiembre); el crecimiento de ramas, brotes y hojas inicia en primavera y termina en verano. La temperatura es el factor preponderante en la defoliación, aparentemente la sequía solo ejerce un efecto coadyuvante al acelerar la senescencia de la hoja; y presenta características morfológicas y fisiológicas semejantes a especies adaptadas a vivir en hábitats con alta irradiación solar y limitaciones de humedad.



Palabras clave: Fruto exótico, diferenciación floral, estrés hídrico, trópico seco.

ABSTRACT

Considering the ilama crop (*Annona diversifolia* Saf.) as a sustainable alternative for fruit-growing in the dry tropics, its phenological and anatomical characterization was performed *in situ*, and also a dormancy evaluation under controlled conditions. Ilama is a semi-deciduous species with a discontinuous annual phenological cycle with an active growth stage and a dormancy one. The cycle begins in March-April with the appearance of reproductive and vegetative buds, the floral opening takes place in March-May, it bears fruit for five months (May-September); the growth of branches, buds and leaves begins in the spring and ends in summer. The temperature is the prevailing factor in defoliation, apparently the drought only exerts a helping effect when accelerating the senescence of the leaf; and it presents morphological and physiological characteristics similar to species adapted to live in habitats with high solar radiation and moisture limitations.

Keywords: Exotic fruit, floral differentiation, water stress, dry tropics.



INTRODUCCIÓN

Annona diversifolia

Saff., es una especie subcaducifolia, cuyas características fisiológicas y fenológicas la identifican como una especie rústica y productiva, aún en condiciones climáticas y edafológicas limitantes para la mayoría de los frutales cultivados (León, 1987). El hábito de crecimiento caducifolio o deciduo, constituye uno de los aspectos fisiológicos más sobresalientes de esta anonácea, lo cual le permite evadir períodos prolongados de estrés hídrico, crecer y fructificar en condiciones de secano, sin ningún tipo de manejo. La fenología de la planta es regida directamente por la fluctuación de temperatura y disponibilidad de agua, considerando que la mayor tasa de crecimiento tiene lugar durante la estación de lluvias (mayo-septiembre), mientras que la época de menor actividad vegetativa coincide con la disminución de las temperaturas y la humedad del suelo (diciembre-marzo) (Otero *et al.*, 2005). En condiciones naturales, en México, el ciclo fenológico anual, inicia con la nueva brotación en primavera (abril-mayo) y una vez concluido el período de letargo; la apertura floral ocurre simultáneamente con la brotación vegetativa, durante los meses más secos del año; inmediatamente después tiene lugar el crecimiento del fruto durante la estación de lluvias (junio-septiembre), coincidiendo con el crecimiento de nuevas hojas, brotes y ramas; finalmente el ciclo concluye con el establecimiento del letargo (diciembre-marzo), pudiendo presentarse una defoliación parcial o total, dependiendo de las condiciones ambientales (Otero *et al.*, 2006). *A. diversifolia* presenta ciertas características morfológicas y fisiológicas de manera semejante a aquellas especies adaptadas a vivir en regiones del trópico seco bajo condiciones limitantes de humedad ambiental y del suelo, así como con altas temperaturas y una alta carga de radiación solar. Las hojas poseen una densa cubierta de cera, no presentan tricomas, los estomas son pequeños, están parcialmente hundidos y se localizan en la superficie abaxial (Otero *et al.*, 2005) características morfológicas que le permiten a este tipo de plantas reducir transpiración, conservar agua y complementar su ciclo de crecimiento y desarrollo en condiciones limitantes de humedad (Taiz y Zeiger, 1998). Aunado a dichas adaptaciones morfológicas, el letargo es establecido como un mecanismo de evasión que le permite a la ilama (al igual que otras anonáceas), adecuar o modificar su crecimiento en función de la temperatura y la humedad del suelo (Otero *et al.*, 2005).

En condiciones de Australia, en el cultivo de atemoya (*Annona atemoya* Hort.) se registró cierta plasticidad en cuanto a incidencia y duración del letargo; aparentemente en respuesta a termo-período comportándose como caducifolia en condiciones subtropicales de New South Wales, o como perennifolia en condiciones tropicales del norte de Queensland, Australia (George *et al.*, 1990). El bajo amarre de frutos, constituye una de las principales limitantes de la productividad en ilama y en otras anonáceas, debido aparentemente, a condiciones ambientales adversas, como son, altas temperaturas, baja humedad relativa y bajo potencial hídrico del suelo, particularmente durante el período de apertura floral (Rosell *et al.*, 2007; George *et al.*, 1990). Aunado a ello, se han registrado problemas de dicogamia, al igual que en otras anonáceas como atemoya (Vithanage, 1984). Con base en lo anterior, se realizó una caracterización fenológica, anatómica y evaluación de dormancia en condiciones controladas, con el fin de contribuir a su conocimiento y manejo comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización fenológica *in situ*, se realizó en el municipio de Iguala, Guerrero, México (18° 20' N, y 99° 29' O) con una altitud de 630 m. El clima es del tipo Awo(w)(i)g que corresponde al más seco de los sub-húmedos, con lluvias en verano y sin estación invernal definida (García, 1988). La muestra consistió de 10 árboles de ilama con frutos de pulpa color rosa-rojo, de ocho años de edad propagadas por semilla y en su octavo año de producción. Las plantas fueron seleccionadas en una población de 200 árboles, tomando en cuenta el diámetro del tallo principal y sanidad de la planta. La unidad de muestreo estuvo constituida por cuatro ramas seleccionadas considerando los puntos cardinales. Se efectuaron observaciones mensuales y quincenales para el registro de los eventos: brotación floral y vegetativa, floración, fructificación y letargo. Se registró temperatura máxima y mínima, humedad relativa, y precipitación; la evaporación se determinó mediante la ecuación $E=221.9310+7.9769(T)-3.3553(HR)$; donde E : evaporación, T : temperatura media y HR : humedad relativa (Pearsy *et al.*, 1989). También se determinó la humedad del suelo; los muestreos se llevaron a cabo en cuatro puntos de muestreo considerando la variabilidad aparente del terreno, para lo cual se excavaron cuatro cepas de 1 m³; las muestras se colectaron de los estratos 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm de profundidad, mientras que la humedad se determinó mediante el método gravimétrico (Pearsy *et al.*, 1989).

al., 1989); las determinaciones se realizaron al medio día (12-14 horas), a la par de la toma de datos fenológicos con intervalos mensuales.

La caracterización anatómica tuvo por objeto determinar la diferenciación floral, realizando muestreos mensuales, cortando en cada uno 30 yemas de la parte media y apical de brotes del año anterior. El total de yemas recolectadas de los diez árboles evaluados fueron seleccionadas de brotes potencialmente reproductivos, considerando. Una vez cortadas, se conservaron en fijador FAA (5 mL de ácido acético glacial + 50 mL de etanol al 96% + 35 mL de agua destilada + 10 mL de formaldehído al 37%); posteriormente en el laboratorio, las yemas se procesaron utilizando las técnicas anatómicas de disección, fijación, deshidratación, transparentación, inclusión en parafina, corte (10 μm , con un micrótomo rotatorio American Optical), montaje en bálsamo de Canadá, remoción de parafina y tinción con safranina y verde fijo (Bozzola y Russel, 1992).

La determinación de dormancia en condiciones controladas, se realizó para reproducir las condiciones ambientales características de *A. diversifolia*, utilizando una cámara de crecimiento (Sherer (Warren/Sherer Marshall, Michigan 49068); con capacidad de 2.40 m \times 0.90 m y con control de temperatura y fotoperíodo. Se utilizaron 12 plantas juveniles de ilama, de 21 meses de edad de un genotípico con frutos de pulpa color rosa (rojo pálido), recolectado un año previo para su aclimatación y posterior utilización en estudios de laboratorio e invernadero.

Con la finalidad de estudiar el efecto del estrés hídrico en el establecimiento del letargo, se evaluó la disponibilidad de agua (riego y sequía) y la aplicación de promotores de defoliación y brotación (100 g L^{-1} de Urea + 125 mg L^{-1} thidiazurón + 50 ml L^{-1} citrolina), bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se determinaron las variables porcentaje de defoliación y porcentaje de brotación; la primera se realizó contando el número de hojas desprendidas cada semana hasta la total defoliación de la planta; la segunda se determinó con la misma frecuencia y registrando el número de brotes nuevos hasta que todas las plantas habían alcanzado brotación completa. Ambas variables se cuantificaron mediante cinco y seis muestreos respectivamente, determinando su dinámica en el tiempo hasta 100% en defoliación y brotación respectivamente. Se registró temperatura máxima, mínima y media; humedad relativa máxima, mínima y media; y

se determinó el déficit de presión de vapor mediante las fórmulas $HR = e/e^\circ$ (100); $DPV = e^\circ - e$; $e = e^\circ (HR)/100$, en donde e° =Presión de vapor a saturación y e =Presión de vapor actual (Pearcy et al., 1989). Por último, se cuantificó el porcentaje de humedad del suelo mediante ocho muestreos (uno por semana) usando el método gravimétrico (Pearcy et al., 1989). Se realizó un análisis de varianza, prueba de rangos múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$), y un análisis de regresión para determinar la relación de las variables (defoliación y brotación) con temperatura y humedad del suelo, usando (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología del crecimiento vegetativo y reproductivo

A. diversifolia es una especie sub-caducifolia con un ciclo de crecimiento anual discontinuo que comprende una etapa de crecimiento activo y otra etapa de letargo. La primera coincide con la época de lluvias, con una mayor humedad ambiental y con altas temperaturas; mientras que la segunda tiene lugar, en forma coincidente, con la disminución de la humedad del suelo, así como con la temperatura. El ciclo de crecimiento inicia en primavera (marzo-abril) con la nueva brotación; primero aparecen las flores e inmediatamente después se inicia la aparición de los nuevos brotes vegetativos por las yemas son mixtas. La apertura floral coincide con los meses más secos del año (abril-mayo) y dura alrededor de 60 días; la formación del fruto ocurre durante la estación de lluvias y el periodo de fructificación es de 4-5 meses (mayo-septiembre); la cosecha tiene lugar a fines de verano y principios de otoño (septiembre-octubre). La formación y crecimiento de brotes, ramas y hojas inicia en primavera y culmina en verano; es posible que el crecimiento de raíces ocurra en un corto período, iniciando después del amarre del fruto y concluyendo antes de alcanzar el máximo tamaño del fruto, tal y como ocurre en chirimoya (Albacache et al., 1998). El letargo se establece gradualmente conforme disminuyen la humedad del suelo y la temperatura ambiental; los árboles de ilama al igual que otras anonáceas como chirimoya y atemoya, no se defolian completamente, quedando algunas hojas activas (Andrés y Rebollar, 1996; Higuchi y Sakuratany, 1998). Una característica sobresaliente de estas especies es su plasticidad para modificar la época y duración del período de letargo en respuesta a condiciones ambientales adversas; de tal forma, que si existen condiciones propicias para crecimiento, el letargo se acorta y, por el contrario, en condiciones desfavorables se prolonga; así también, la fecha de inicio y término

del período de inactividad dependerá del tiempo en que dure dicha condición (George y Nissen, 1987a; Higuchi *et al.*, 1998).

La floración ocurre durante el ciclo anterior, iniciando en verano (junio-julio) y finalizando en otoño (octubre-noviembre), de esta forma, al entrar el período de letargo, las yemas reproductivas quedan completamente formadas y listas para iniciar la nueva brotación; por lo que el nuevo ciclo se inicia con la apertura floral o antesis, seguido inmediatamente después por la apertura y crecimiento de nuevos brotes vegetativos, de manera semejante como ocurre en los frutales caducífolios de clima templado (Díaz, 2002) (Figura 1, 2).

Morfología y fisiología del proceso de floración y fructificación

La llama presenta yemas vegetativas y reproductoras, y estas últimas son mixtas, ya que presentan una in-

florescencia y una yema vegetativa accesoria. Las yemas se denominan sub-peciolares, ya que se ubican dentro del pecíolo de la hoja y brotan después de su desprendimiento (Nakasone y Paull, 1998; Rosell *et al.*, 2007). Las flores se forman en yemas ubicadas en la parte media y terminal de brotes de la estación anterior, aunque también pueden desarrollarse directamente rodeadas por las cicatrices de las hojas sobre ramas o brotes maduros; las flores pueden ser solitarias o en grupos de dos o tres (Moncur, 1988). El meristemo apical de una yema vegetativa presenta una forma cónica; mientras que el meristemo de una yema floral adquiere una forma hemisférica. La diferenciación floral se caracteriza porque se forman de manera acropétala, los sépalos, pétalos, estambres y pistilo. Los primordios de pétalos se alargan y se curvan rebasando la longitud del hemisferio. Los primordios de estambres aparecen primero como pequeñas

protuberancias en la periferia del hemisferio, en una serie de verticilos que rápidamente ocupan la porción baja de éste. Los primordios de pistilo se desarrollan ocupando la porción apical del hemisferio; la parte basal de los carpelos permanece fundida, formando un sincarpo, mientras que la parte apical y terminal se convertirá en estilo y estigma, permaneciendo libres durante su desarrollo; la flor presenta una forma cónica. Cada pistilo presenta un estigma glandular húmedo, un estilo hueco y un ovario bulboso con un óvulo anátropo; mientras que los estambres están formados por grandes anteras con filamentos cortos. La antesis se inicia con la separación de los pétalos y regularmente ocurre en las primeras horas de la mañana, en esta etapa el estigma está receptivo, sin embargo las anteras aún no emiten polen, por lo que la fertilización se lleva a cabo con el polen de otras flores más desarrolladas de la misma o de

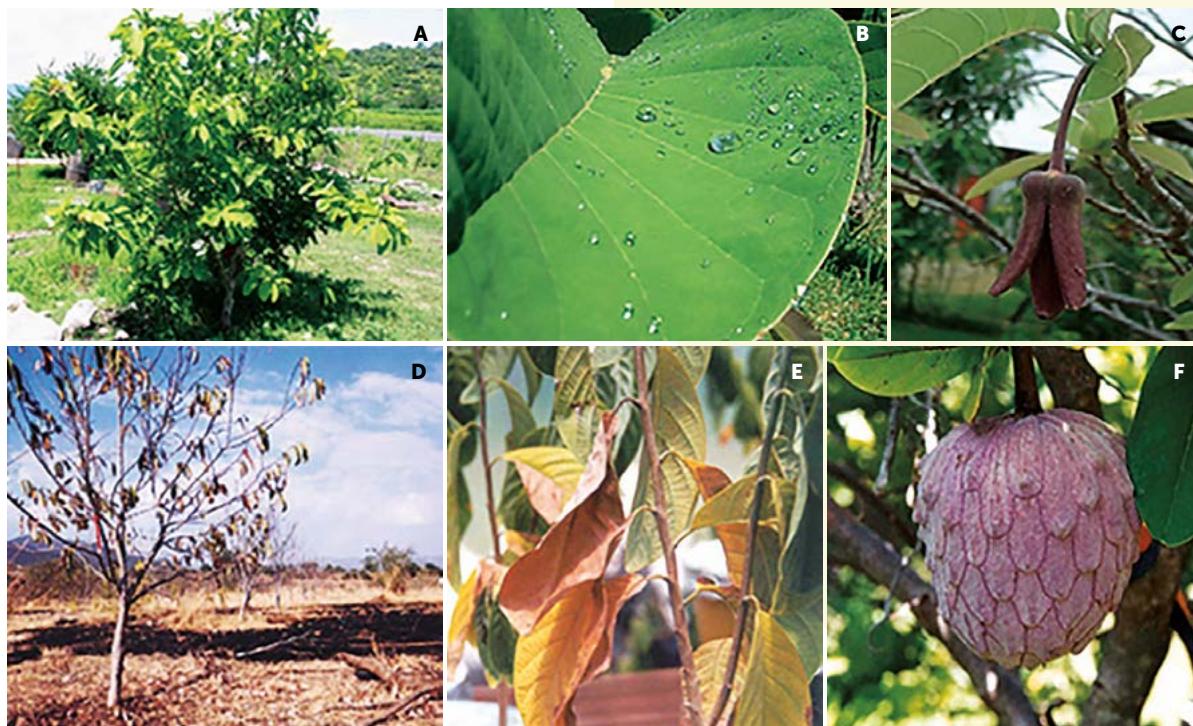


Figura 1. A-C: árbol foliado de ilama (*Annona diversifolia*); hoja y flor. D-F: árbol defoliado, hoja senescente y fruto maduro.

A

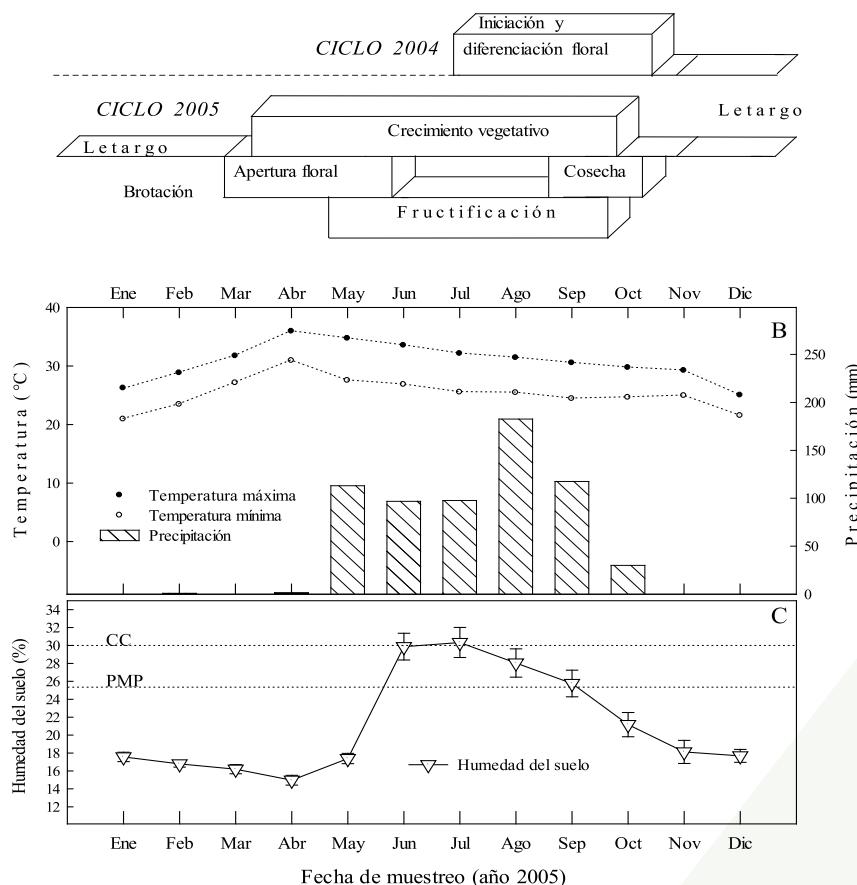


Figura 2. A: Fenología del crecimiento vegetativo y reproductivo anual de *Annona diversifolia* Saff., B: condiciones climáticas de la región norte de Guerrero, México. C: dinámica de pérdida de humedad del suelo en el sitio experimental (CC: capacidad de campo y PMP: punto de marchitamiento permanente) (las barras indican \pm error estándar).

otras plantas, con la participación del viento y de los insectos (Moncur, 1988; Vithanage, 1984). La fase femenina se caracteriza por una ligera apertura de los pétalos y por la presencia de una abundante y aromática secreción del estigma, que sirve como atractivo de insectos polinizadores; durante la fase masculina, los pétalos abren completamente, los estambres se separan y las anteras se abren longitudinalmente formando surcos o canales que exponen los granos de polen facilitando su dispersión (Moncur, 1988). Despues de la fecundación el estigma y el estilo (cubierta estilar) se desprenden del pistilo, quedando los carpelos soldados. El fruto es un sincarpo que se forma por la fusión de muchos carpelos simples unidos a un receptáculo (Figura 3). El crecimiento y la forma del fruto dependen de la fecundación de todos los óvulos, ya que la parte del fruto con óvulos no fecundados quedará deforme. Ilama, al igual que otras especies de *Annona*, se caracterizan por presentar un bajo amarre

de frutos, lo cual se debe aparentemente a la dicogamia protogínica (Vithanage, 1984), así como a condiciones climáticas adversas, tales como una baja humedad ambiental combinada con altas temperaturas durante el período de floración (George et al., 1990); así como posiblemente a un raleo natural para limitar el número de frutos. Al respecto, la polinización artificial es una práctica que puede incrementar significativamente el número de frutos por planta en varias especies de anonáceas como son chirimoya, atemoya y guanábana (Moncur, 1988; León, 1987).

Fisiología del letargo

Al igual que otras especies caducifolias de clima cálido-seco o cálido-subhúmedo, el letargo es establecido como un mecanismo de evasión que tiene lugar en condiciones naturales y en forma coincidente con la reducción de la humedad atmosférica y del suelo, así como de la temperatura y el fotoperiodo (Pimienta-Barrios y Ramírez-Hernández, 2003; Higuchi et al, 1998). En cuanto a la defoliación, considerando el promedio de todos los muestreos, los tratamientos riego + promotores, sequía y sequía + pro-

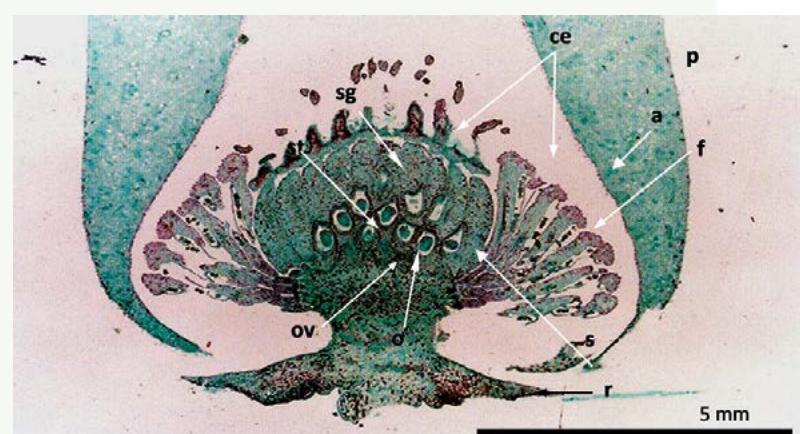


Figura 3. Inflorescencia en antesis, mostrando los pétalos (p), la cubierta estilar (ce), antera (a) y filamento (f), el estigma (sg), estilo (st), ovario (ov), óvulo (o), y receptáculo (r).

motores, presentaron un comportamiento estadísticamente similar, en comparación con el tratamiento de riego que registró un menor porcentaje de defoliación. Aquí también podemos destacar el efecto de la disponibilidad de agua en la defoliación de la planta y en donde, la sequía aparentemente solo acelera el proceso de senescencia de la hoja. La prueba de medias detectó un incremento de la defoliación con la adición del promotor de la defoliación-brotación, y con la restricción del riego. En la Figura 4, puede observarse la dinámica de defoliación y las condiciones de temperatura y de humedad del suelo durante el estudio. En general, la caída de hojas inició desde la primera semana del experimento y finalizó después de la cuarta semana. Con relación a las condiciones ambientales en la cámara de crecimiento, se observó que la defoliación coincide con una reducción gradual de las temperaturas, así como de la humedad del suelo, independientemente del tratamiento. Es posible que la temperatura sea el factor preponderante en la defoliación y brotación de ilama, considerando que el tratamiento sin restricciones de humedad también se defolió, aunque a un ritmo más lento (Higuchi *et al.*, 1998; Otero *et al.*, 2005). Aparentemente, el estrés hídrico solo ejerce un efecto coadyuvante al acelerar la senescencia de las hojas, tal y como ocurre en especies caducifolias como el nogal (Lang, 1996). En esta misma Figura puede observarse un incremento en la senescencia de las hojas, a medida que se reduce la temperatura ambiental; tendencia detectada también en el análisis de regresión.

Es interesante analizar la morfología de la hoja y la yema de *Annona diversifolia*

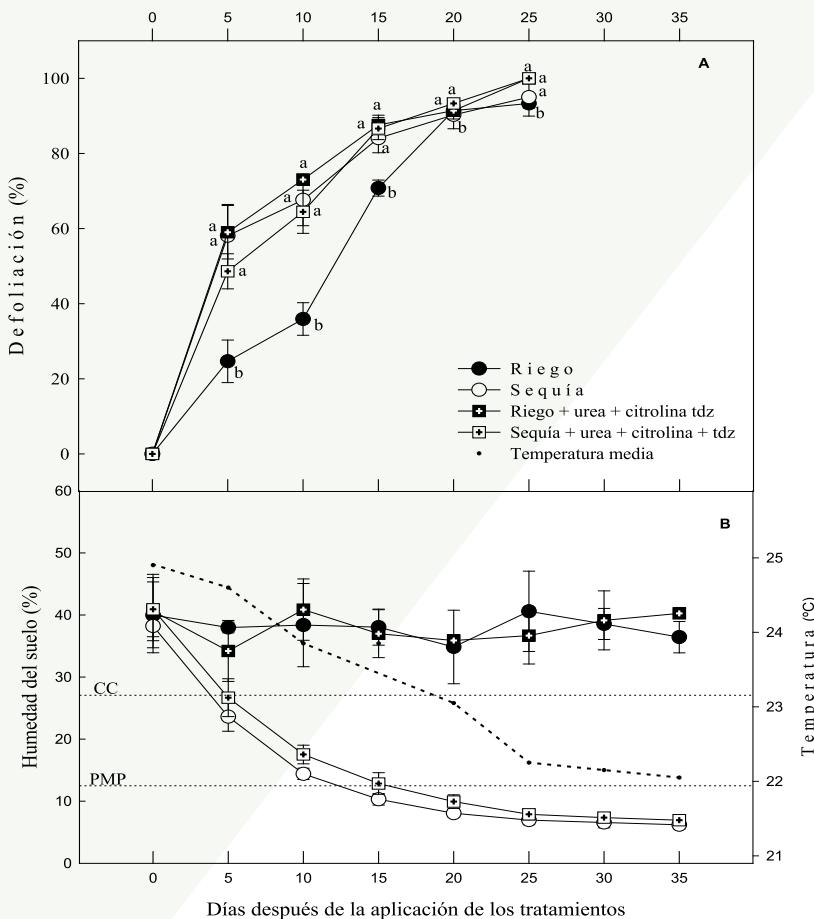


Figura 4. A: Defoliación de *Annona diversifolia* en respuesta a la aplicación de tratamientos de sequía, defoliación y estimuladores de brotación. B: Dinámica de la pérdida de agua del suelo y reducción de temperaturas. (Medias con la misma letra dentro de cada fecha son estadísticamente iguales, Duncan $P \leq 0.05$) (Valores promedio de 5 y 3 repeticiones, para defoliación y humedad del suelo, respectivamente \pm error estándar).

diversifolia, en donde puede observarse que las yemas están ubicadas justo bajo del pecíolo de la hoja (Moncur, 1988); lo sobresaliente estriba en que para que tenga lugar la brotación de la yema nueva, necesariamente tiene que ocurrir la dehiscencia de la hoja. En este sentido, es posible que la senescencia de la hoja sea el evento que ocurra primero ya que el letargo es una respuesta fisiológica a la reducción de las temperaturas y disponibilidad de agua; en consecuencia, el desarrollo de la nueva yema tendría lugar una vez que ésta salga de su condición de letargo en primavera, tal y como ocurre en algunos árboles caducifolios (Mulkey *et al.*, 1996; Díaz, 2002).

La Figura 5, muestra la dinámica de brotación durante los seis muestreos registrando la superioridad de los tratamientos de riego en cuanto velocidad de brotación; sin embargo los tratamientos sin riego también presentaron brotación aunque a un ritmo más lento; cabe mencionar que bajo condiciones naturales, la nueva brotación tiene lugar durante la época más seca del año, con baja humedad ambiental y a expensas de



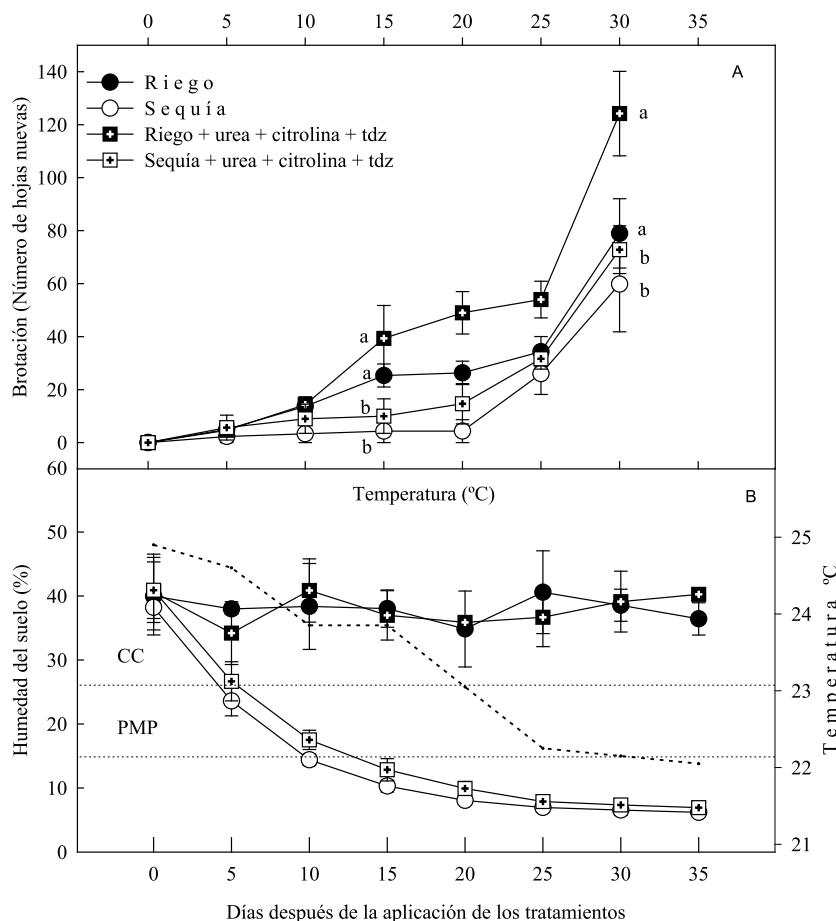


Figura 5. A: Brotación vegetativa de *Annona diversifolia* en respuesta a la aplicación de tratamientos de sequía, defoliación y estimuladores de brotación. B: Dinámica de la pérdida de agua y temperatura del suelo. Medias con la misma letra dentro de cada fecha son estadísticamente iguales, Duncan $P \leq 0.05$ (valores promedio de 5 y 3 repeticiones, para defoliación y humedad del suelo, respectivamente \pm error estándar).

los elementos almacenados durante el ciclo anterior; por lo que en apariencia, la humedad edáfica no es un factor limitante para la nueva brotación, al menos en condiciones de campo (Higuchi *et al.*, 1998; Otero *et al.*, 2006). Con relación al efecto del promotor de defoliación-brotación (urea + thidiazuron + citrolina), se detectó cierto efecto al incrementarse el número de brotes nuevos, sin embargo al analizar la interacción de ambos factores, no se encontró significancia estadística. De manera general, la brotación inició a los 15 días después de la aplicación de tratamientos y finalizó cuatro semanas después; y al final del experimento todos los trata-

mientos presentaron una brotación completa. Es importante resaltar que la defoliación y la brotación se presentaron de manera simultánea considerando el total de plantas del experimento, debido aparentemente a que se tuvieron condiciones de temperatura adecuadas para la ocurrencia de dichos eventos.

CONCLUSIONES

Annona diversifolia presenta un hábito semi-caducifolio, con un ciclo fenológico anual discontinuo que comprende una etapa de crecimiento activo y otra de letargo; el proceso de iniciación y diferenciación floral inicia en verano y termina a principios de otoño de manera

semejante a como ocurre en frutales caducifolios de clima templado. La llama presenta algunos aspectos morfológicos y fisiológicos característicos de plantas aclimatadas y/o adaptadas a crecer en ambientes secos. La defoliación es inducida por la reducción de temperatura, mientras que la sequía solo ejerce un efecto coadyuvante acelerando la senescencia de la hoja.

LITERATURA CITADA

- Alvacache A., Rojas N., Jopia C. 1999. Growing period of roots in chirimoya trees (*Annona cherimola* Mill.) in the north of Chile. Proc. 1st Int. Symp. of Chirimoya. 331-337 p.
- Bozzola J.J., Russell D.L. 1992. Electron microscopy principles and techniques for biology. Jones and Bertlett Pub., Inc., London, England. p. 1427.
- Díaz-Montenegro, D.H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor, S.A. México, D.F. 390 p.
- Rosell G.P.; Galán Saúco V., Hernández Delgado P.M. 2007. Cultivo Del Chirimoyo En Canarias. Cuadernos de divulgación. Departamento de Fruticultura Tropical Instituto Canario de Investigaciones Agradas. IICIA. Gobierno de canarias consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación. España.
- García E. 1988. Modificaciones a la Clasificación climática de Kopen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Estación Iguala, Gro., 4^a edición. UNAM., México, D.F. 217 p.
- Higuchi H., Utsunomiya N., Sakuratani T. 1998. Effects of temperature on growth, dry matter production and CO₂ assimilation in cherimoya (*Annona cherimola* Mill) and sugar apple (*Annona squamosa* L.) seedlings. Sci. Hort. 73: 89-97.
- Lang G.A. 1996. Plant dormancy. CAB International. Wallingford, Oxon UK. 385 p.
- León J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2^a edición. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- Moncur M.W. 1988. Floral development of tropical and subtropical fruit and nuts

- species. National Library of Australia Cataloguing-in-Publication Entry. CSIRO. Melburne, Australia. p. 23-26.
- Mulkey S.S., Chazdon R.L., Smith A.P. 1996. Tropical forest plant ecophysiology. Chapman and Hall, New York. 472 p.
- Nakasone Y.H., Paull E.R. 1999. Tropical fruits. Crop Production Science In Horticulture. CAB International. New York. p. 45-75.
- Otero-Sánchez M.A.; Ruíz-Pozadas L.M.; Becerril-Román A.E.; Tijerina-Chavez L.; Engleman, E.M; Castillo-Morales A. 2005. Crecimiento, relaciones hídricas e intercambio gaseoso de plantas jóvenes de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) en condiciones de estrés hídrico. CHAPINGO Serie Horticultura: 11(1):59-65.
- Otero-Sánchez M.A., Becerril-Román A.E., Michel-Aceves A.C., Ariza-Flores R., Barrios-Ayala A., Rebolledo-Martínez A. 2006. Producción de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) en el trópico seco de Guerrero, México. CHAPINGO Serie Horticultura: 12(2):137-143.
- Pearcy R.W., Ehleringer J.R., Mooney H.A., Rundel P.W. 1989. Plant physiological ecology, field methods and instrumentation. London New York. Chapman and Hall. p. 161-183.
- Pimienta-Barrios E., Ramírez-Hernández B.C. 2003. Phenology, growth, and response to light of ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae). Econ. Bot. 57 (4): 481-490.
- Rosell G.P.; Galán-Saúco V.; Hernández-Delgado P.M. 2007. Cultivo Del Chirimoyo en Canarias. Cuadernos de divulgación. Departamento de Fruticultura Tropical Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA. Gobierno de canarias consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación. España. 65 p.
- SAS Institute Inc. 2009. The SAS system. Version eight for windows. Cary N.C., USA.
- Taiz L., Zeiger E. 1998. Plant physiology. Sinauer Assoc., Inc., Pub., Sunderland, Massachusetts. 792 p
- Vitahane B.G.L. 1984. Pollen-stigma interactions: Development and cytochemistry of stigma papillae and their secretions in *Annona squamosa* L. (Annonaceae). Annals of Botany 54: 153-167.

