

Mora, Benjamín. Estudio de la fenología de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. *Tecnología en marcha*. Vol 10, no. 4. 1990 p. 28-36.

ESTUDIO DE LA FENOLOGIA DE *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb EN LA VERTIENTE DEL PACIFICO DE COSTA RICA

Benjamín Mora*

RESUMEN

Para satisfacer la necesidad de conocer mejor nuestras especies se ha desarrollado un estudio con los siguientes objetivos:

- Investigar el comportamiento fenológico de *Enterolobium cyclocarpum* a lo largo de un gradiente altitudinal.
- Investigar si existe interrelación entre los caracteres fenológicos (brotación, fructificación, caída de follaje, cantidad de follaje y floración) y los parámetros ambientales.

El estudio muestra que el patrón fenológico de "Guanacaste", es diferente entre la región de La Guinea, la de Jesús María y Atenas. Lo anterior se visualiza con la ayuda de los dendrofenogramas y el análisis de varianza, los que muestran que la especie en la gradiente altitudinal presenta diferencias altamente significativas entre La Guinea y los otros sitios en estudio. Estos resultados son reforzados por el estudio cuantitativo foliar en el cual también se presentaron diferencias entre las hojas de La Guinea y las de Jesús María y Atenas. Según lo planteado, la especie ha modificado su fenología y morfología foliar para adaptarse a diversas condiciones climatológicas dentro de su ámbito de distribución, por lo cual se puede decir que *E. cyclocarpum*, gracias a su variabilidad genética, presenta ecotipos que le permiten responder mejor a las condiciones del medio.

Este estudio permitió conocer parte de la biología de esta especie abriendo un espacio

para futuras investigaciones, ya que *E. cyclocarpum* podría ser una especie de alto valor en programas de reforestación.

INTRODUCCION

Los estudios fenológicos son una parte importante de la ecología; mediante ellos se determinan las causas y las manifestaciones de los procesos de floración, fructificación, caída de follaje, brotadura, etc., en las plantas⁶. La importancia científica y tecnológica del conocimiento fenológico en plantas tropicales ha sido considerado por varios autores^{1, 3, 4, 6, 8, 12, 13, 21}.

Un buen conocimiento de las relaciones entre la planta y su medio se logra con base en la comprensión de características fisiológicas y morfológicas internas y externas en relación con condiciones de su ambiente tales como: temperatura, precipitación, humedad, características químicas, físicas y topográficas del suelo. Estas determinan el curso de los ciclos de crecimiento vegetativo y reproductivo en plantas^{9, 13}.

Los estudios fenológicos en el bosque tropical son bastante recientes y poco sistematizados⁸. En Costa Rica, la mayoría de estos estudios se han realizado en la Vertiente del Pacífico, a lo largo de un gradiente altitudinal que se extiende desde el bosque caducifolio en las tierras bajas de Guanacaste^{17, 2, 12, 20, 21}, hasta el bosque en Ciudad de Colón a 800 m de altitud y Santa Ana^{11, 3, 13} hacia el Valle Central en la Sabana (1100 m), San Pedro de Montes de Oca (1200 m) y Granadilla (1350 m)^{3, 1, 13}. El clima del área mencionada se caracteriza por una estación seca de noviembre a abril y una estación lluviosa de mayo a octubre con una precipitación que varía de 1300 a 2300 mm, según el sitio. Con el

* M Sc. Biólogo, profesor en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

incremento en la altitud, la severidad de la estación seca disminuye y algunas especies cambian de caducifolias a perennifolias¹.

Enterolobium cyclocarpum, por su amplia distribución y adaptabilidad a diversos suelos y asociaciones¹⁶ y por su alta calidad de la madera¹⁸, es una especie que requiere de exhaustivos estudios para conocer su biología y su silvicultura, de tal forma que, como especie nativa y adaptada a diversos medios, se le permita competir con especies nativas y exóticas en los actuales y futuros programas de reforestación.

Un campo fundamental dentro de la biología de las especies nativas es el conocer y estudiar la periodicidad de los eventos relacionados con el crecimiento y la reproducción, ya que éstos tienen una estrecha relación con su adaptación al medio. También, un mejor conocimiento de la fenología permite una visión de la dinámica de las comunidades forestales, pudiéndose planificar el desarrollo adecuado del bosque⁴.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en tres sitios:

- **Bosque seco basal**, ubicado en la Hacienda El Viejo, que se localiza en el caserío La Guinea, Cantón de Carrillo, provincia de Guanacaste
- **Bosque húmedo de transición a basal**, ubicado en la Finca Poza Azul, caserío de Jesús María, Cantón de Orotina, provincia de Alajuela
- **Bosque húmedo de transición a premontano**, contiguo a la represa La Garita, en el distrito de Río Grande, Cantón de Atenas, provincia de Alajuela.

Los sitios de estudio se caracterizan por tener dos estaciones bien definidas: una lluviosa, que va desde mayo a noviembre y otra seca, de diciembre a abril.

Se seleccionaron 30 árboles, 10 en cada sitio de estudio. Los individuos en cada región fueron seleccionados por orden de aparición, con uniformidad en tamaño y en apariencia. De cada uno de los árboles se determinó, cada veintidós días de enero de 1985 a

junio de 1986, las siguientes características fenológicas: caída de follaje, fructificación, brotación de yemas vegetativas, floración y cantidad de follaje en el árbol.

Cada una de las características fenológicas se evaluó individualmente en forma visual y se estimó mediante el empleo de una escala que varía entre 0 y 4, (metodología recomendada por Fournier y Charpantier, 1975) en las que estas cifras tienen el siguiente significado:

- 0 Ausencia del fenómeno observado
- 1 Presencia del fenómeno con una magnitud entre 1 y 25%
- 2 Presencia del fenómeno con una magnitud entre 26 y 50%
- 3 Presencia del fenómeno con una magnitud entre 51 y 75%
- 4 Presencia del fenómeno con una magnitud entre 76 y 100%

Los datos fenológicos se procesaron y se procedió a elaborar los dendrofenogramas respectivos. Además, se realizó un análisis de varianza de una vía de interacción.

RESULTADOS

En Costa Rica, *E. cyclocarpum* presenta una distribución en ambas vertientes, con una densidad desigual; así, en el Pacífico es una especie dominante en sucesiones secundarias y bosques de galería; se observa con mayor frecuencia en el Pacífico Seco y Central y se le encuentra desde el nivel del mar hasta una altitud de 1450 metros en el Cantón de La Unión. Por el contrario, en la Vertiente Atlántica es una especie aislada, se logró identificar en el Cantón de Jiménez y Siquirres.

Aparentemente los individuos que se encuentran en los cantones de Jiménez y La Unión fueron plantados y no propagados naturalmente.

La Figura 1 ilustra que en enero de 1985, la cantidad de follaje se encontraba aproximadamente en 25% para la región de La Guinea (Guanacaste). A partir de esta fecha, la cantidad de hojas aumentó alcanzando casi un 100% en junio de 1985. Esta cantidad de follaje se mantiene constante hasta

octubre de 1985, cuando disminuye hasta un 37,5% en enero-febrero de 1986. En este momento hay un aumento en la cantidad de hojas y el follaje alcanza su máxima densidad y desarrollo en mayo de 1986, según lo observado en el campo.

La región de Jesús María presenta una situación similar a la anterior con la única salvedad de que la disminución del follaje se inicia en setiembre y alcanza un valor mínimo de 7,5% entre enero-febrero de 1986, momento en que la cantidad de follaje comienza a aumentar, y de acuerdo con las observaciones de campo se alcanza un 100% a finales de abril y principios de mayo. Por su parte, en la zona del Río Grande de Atenas se presenta la siguiente situación: en enero de 1985, la cantidad de follaje es 20%, momento en que el follaje aumenta rápidamente y las observaciones de campo indican que su valor máximo se alcanza entre los meses de abril y mayo de 1985. El nuevo follaje se mantiene aproximadamente constante hasta setiembre, cuando disminuyó bruscamente. A mediados de febrero de 1986 la presencia de follaje llega a un valor mínimo de 2,5% después del cual inicia un rápido aumento y alcanza su promedio más alto entre abril y mayo. En las tres regiones, el crecimiento de las hojas se inició después que ocurrió la brotación, el crecimiento es rápido y la madurez se alcanza aproximadamente en mayo.

Los promedios de cantidad de follaje durante el período de observación muestran que el promedio mayor se presenta en La Guinea (Guanacaste) y el

más bajo (24%) en Jesús María (Cuadro 1). El análisis de varianza de este parámetro indica que no hay diferencias significativas para la cantidad de follaje en las tres zonas de estudio (Cuadro 2).

El proceso de brotación de esta especie en la región de La Guinea se inicia a finales de enero de 1985 y se prolonga hasta junio de ese año (Figura 2); presenta tres picos máximos de diferente magnitud ya que la brotación ocurrió en forma irregular. En Jesús María, este proceso se inicia antes de febrero, fecha en que se nota una disminución paulatina; a finales de marzo se incrementa de nuevo y disminuye luego para concluir a mediados de mayo (Figura 2). En la región de Río Grande de Atenas, la brotación se presenta en forma similar a la observada en Jesús María y dicha actividad concluye a finales de abril. El fenómeno de la brotación se vuelve a poner de manifiesto en la región de La Guinea (Guanacaste) en el mes de enero de 1986, y alcanza un promedio máximo de 45% en febrero; a partir de esta fecha empieza a decaer. En el sitio de Jesús María el proceso descrito también se inicia en enero de 1986 logrando su mayor expresión con un promedio de 80% en febrero; a partir de éste, el porcentaje tiende a disminuir, para cesar en el mes de mayo. En la región de Río Grande de Atenas, la brotación se inicia en forma lenta en enero, pero a partir de febrero se intensifica, y su valor máximo se da en febrero cuando empieza a disminuir rápidamente para finalizar en el mes de mayo, según las observaciones de campo.

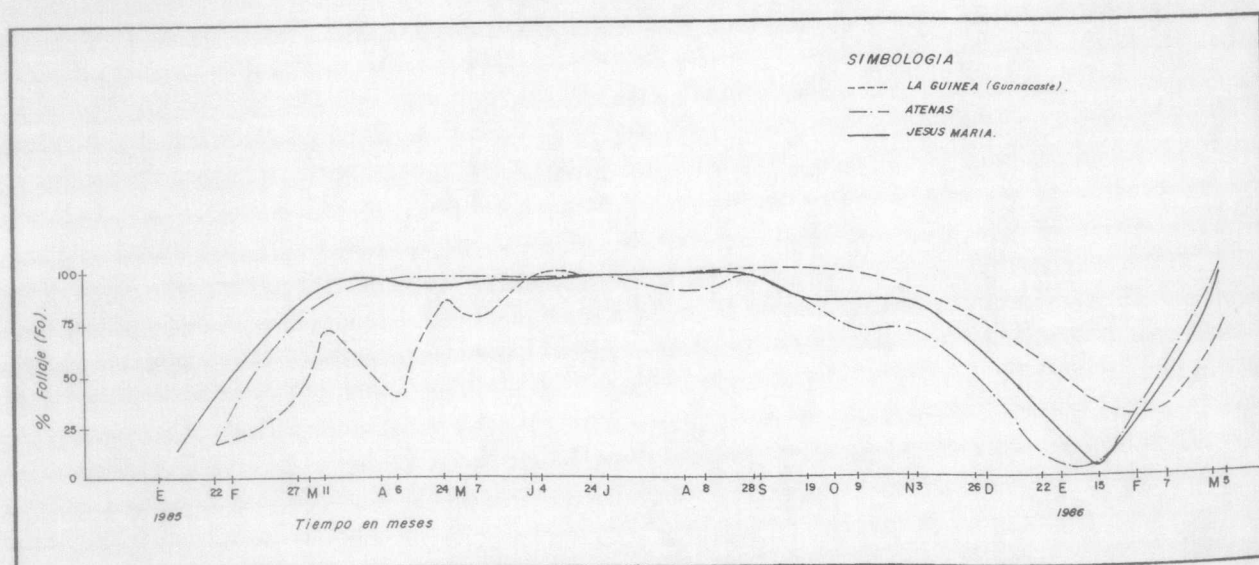


FIGURA 1. Dendrofenograma de *Enterolobium cyclocarpum*, mostrando el follaje (Fo) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.

CUADRO 1. Promedios de brotadura, fructificación, caída del follaje y floración de enero de 1985 a junio de 1986 en *E. cyclocarpum* (Jacq) Griseb en tres localidades de Costa Rica

Promedios de	Localidades		
	La Guinea	Jesús María	Río Grande
Caída de follaje	26,5%	17,2%	14,5%
Fructificación	10,8%	10,5%	15,3%
Brotadura	15,0%	6,9%	7,8%
Floración	2,7%	9,3%	7,6%
Cantidad de follaje	30,6%	24,6%	26,4%

El Cuadro 1 muestra los promedios de la brotadura en las tres regiones y en él se observa que las regiones de Jesús María y Río Grande presentan promedios semejantes, a diferencia de La Guinea que tiene un valor mayor. Por su parte el Cuadro 2 muestra que hay diferencias altamente significativas respecto a la brotadura en las tres regiones.

El dendrofenograma de la Figura 3 muestra la época de floración. En La Guinea, el período de floración en 1985 alcanza valores muy bajos (2,5%) durante los meses de marzo y abril y este fenómeno se vuelve a presentar en febrero de 1986 con un

promedio aproximado de 40%. En Jesús María, la floración de 1985 se inicia a finales de enero y da el máximo valor (65%) entre febrero y marzo para finalizar en abril. En 1986 se presenta una situación semejante a la de 1985. En Río Grande de Atenas la floración de 1985 comienza en enero y logra los valores más altos entre febrero y marzo; a partir de esta fecha disminuye suavemente para concluir a finales de mayo. Esta actividad se reinicia en febrero de 1986 y presenta promedios mayores a los de 1985 en marzo para finalizar en abril, según las observaciones de campo.

El Cuadro 1 muestra los promedios de floración en las tres regiones y permite apreciar que los promedios de Jesús María y Río Grande de Atenas no divergen tanto como ocurre con los de La Guinea. El análisis de varianza (Cuadro 2) presenta que hay diferencias altamente significativas entre las zonas observadas.

La Figura 4 presenta el proceso de fructificación en las tres zonas en estudio. Esta figura muestra que en noviembre de 1985 se inició el desarrollo de frutos en Río Grande y más tardíamente en Jesús María, mientras que en la región de La Guinea este proceso se inicia a finales de diciembre. Fue característico en las tres regiones que una vez que los frutos llegan a su madurez cambian su color, momento en que principia el proceso de abscisión, el cual se da primero en Jesús María y Río Grande y por último en La Guinea.

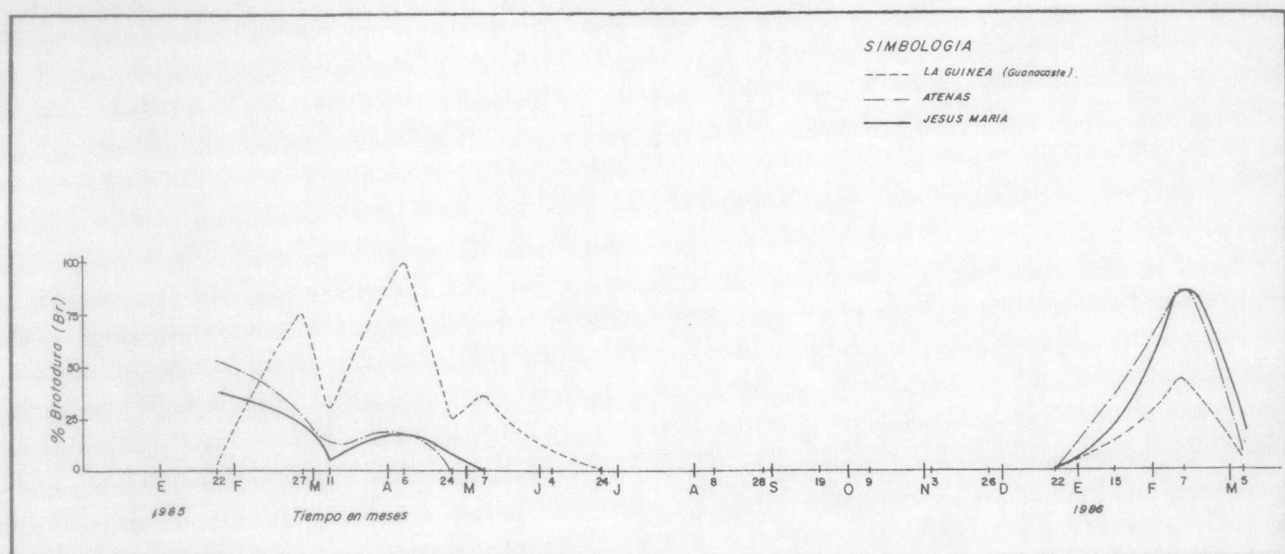


FIGURA 2. Dendrofenograma de *Enterolobium cyclocarpum*, mostrando la brotadura (Br) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.

CUADRO 2. Análisis de varianza de una vía de interacción de la caída del follaje, fructificación, brotadura, floración, cantidad de follaje de *E. cyclocarpum* (Jacq) Griseb, en tres localidades de Costa Rica.

		Suma de Cuadrados	DF	Cuadrados Medios	F _c	F _t
Caída de follaje	Entre grupos	14812,09	2	7406,04	11,67**	4,61
	Dentro de grupos	358438,21	565	634,40		
Fructificación	Entre grupos	2681,16	2	1340,58	3,97 n.s.	
	Dentro de grupos	190581,81	565	337,31		
Brotadura	Entre grupos	7330,83	2	3665,41	12,39**	4,61
	Dentro de grupos	167142,01	565	295,82		
Floración	Entre grupos	4396,52	2	2198,26	7,3**	4,61
	Dentro de grupos	170082,23	565	301,031		
Cantidad de follaje	Entre grupos	3543,83	2	1771,91	2,6 n.s.	
	Dentro de grupos	382469,14	565	676,93		

* Significativo a 5%
 ** Significativo a 1%
 n.s. No significativo
 F_c Relación de F calculada
 F_t Relación de F tabulada

No obstante que el desarrollo de los frutos se inicia entre los meses de noviembre y diciembre, éstos ya se encuentran presentes desde mayo de 1985, aunque su reducido tamaño no permite cuantificar la cosecha (Figura 5).

Los promedios de fructificación durante todo el período de observación se presentan en el

Cuadro 1, el mayor de ellos corresponde a la región de Río Grande de Atenas. Se aprecia que los promedios en las tres regiones son bastante semejantes y al observar el análisis de varianza (Cuadro 2) se aprecian diferencias no significativas entre las distintas zonas consideradas.

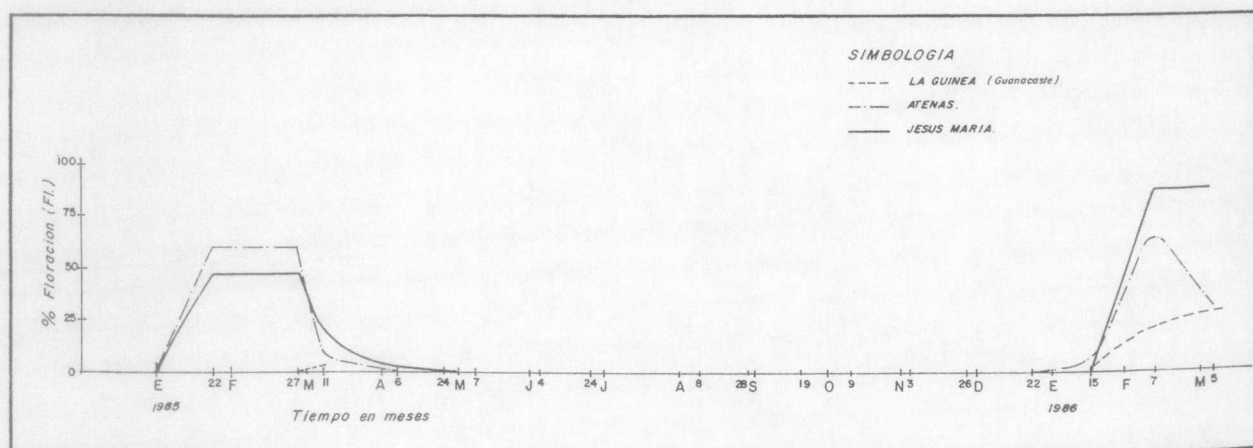


FIGURA 3. Dendrofenograma de *Enterolobium cyclocarpum*, mostrando la floración (FI) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.

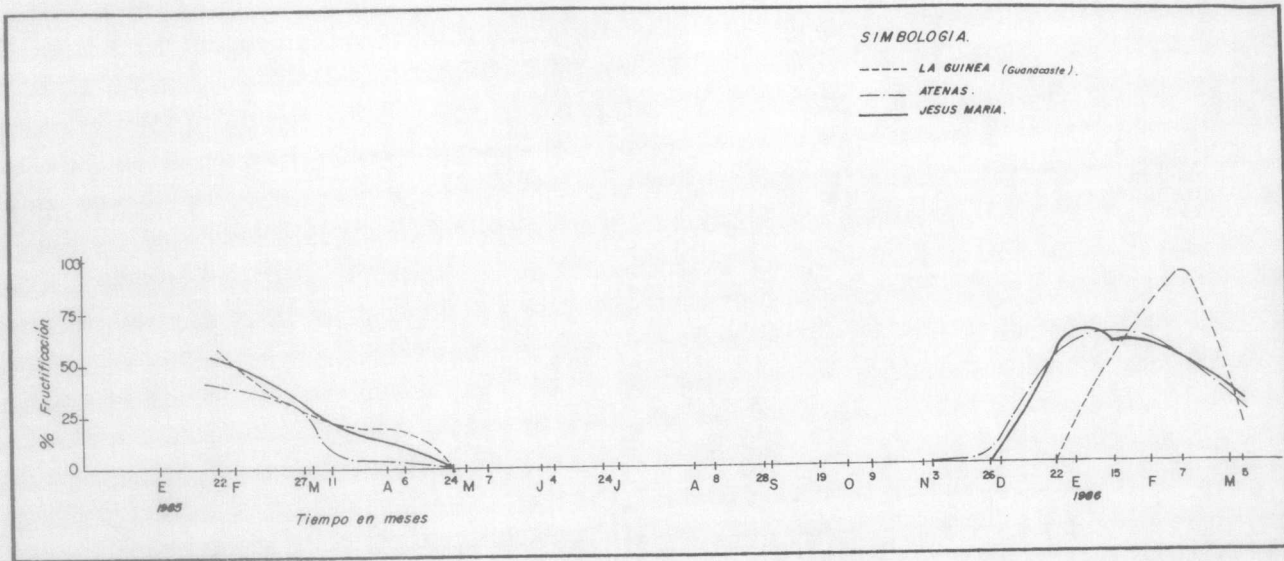


FIGURA 4. Dendrofenograma de *Enterolobium cyclocarpum*, mostrando la fructificación (Fr) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.

DISCUSION

Al evaluar la caída del follaje en los dos períodos observados, se detecta variabilidad entre las regiones; la cual se comprueba con el análisis de varianza,

donde se presenta la existencia de diferencias altamente significativas entre las zonas.

El desfase observado para la caída del follaje se repite en los procesos de desarrollo y maduración de frutos, brotación de nuevas yemas vegetativas y en



FIGURA 5. Frutos en letargo durante la época lluviosa, Fj Fruto joven.

el desarrollo del nuevo follaje. En estos procesos existen diferencias altamente significativas entre las zonas. Con base en lo anterior se plantea que *E. cyclocarpum* ha retardado o adelantado sus fases fenológicas ya que existe la tendencia a que en la región de La Guinea las fases fenológicas se inicien más tarde que en las otras regiones. También fue en la región de La Guinea donde se presentaron condiciones climatológicas diferentes a las de los otros sitios en estudio.

La característica de la especie de ser caducifolia durante la época seca refuerza lo señalado por Fournier (1976), Larchert (1977) y Borchert (1980) quienes plantean que la pérdida del follaje en la época seca es una forma de disminuir el área de transpiración en épocas de sequía, cuando los niveles hídricos en el suelo son críticos. Es importante hacer notar que la caída del follaje dio inicio en los meses de setiembre-octubre, en forma lenta, antes de que finalizara el período de lluvias y que la caída se aceleró conforme éstas disminuían.

Referente a la fructificación cabe resaltar que en esta especie los frutos se producen después de polinizada la flor, fenómeno que ocurre entre los meses de febrero a abril. Estos se mantienen en estado latente hasta el mes de noviembre; con ese tamaño, su cuantificación se hace imposible ya que se confunden con los foliolulos. Por lo anterior la fructificación se puede cuantificar en el momento en que los frutos inician un activo crecimiento, meses después de haberse formado; cuando éstos alcanzan su madurez fisiológica cambian su color y se inicia su abscisión un año después de la fertilización. Así, durante el tiempo de observación, se determinó traslape entre las cosechas de 1984-1985 y las de 1985-1986.

La brotación en las tres regiones se inició durante la época seca, cuando las temperaturas son más altas; este mismo fenómeno fue observado por Fournier y Herrera (1986) en *Gliricidia sepium*, otra especie caducifolia. Esta aptitud de la especie en su brotación, concuerda con lo planteado por Sobrado y Cuenca (1979), quienes proponen que la brotación de yemas vegetativas en especies caducifolias no depende de las lluvias. El patrón de brotación presentado por *E. cyclocarpum* responde a lo sugerido por Borchert (1980), en el sentido de que las fases fenológicas en última instancia son el resultado de ritmos internos de la planta, establecidos genéticamente por acción de la selección a lo largo de la

evolución del individuo y como un recurso para la mejor adaptación a un conjunto de elementos climatológicos muy marcados.

La floración de esta especie es un evento consecutivo a la brotación, ya las yemas florales se diferencian tempranamente en la rama joven. Con base en el patrón de brotación y floración de esta especie, se presenta un crecimiento rítmico con un desarrollo periódico de yemas vegetativas y reproductivas en la época seca del año. Las nuevas yemas vegetativas forman ramas con un patrón simpódico y una orientación plagiotrópica. Esta modalidad de crecimiento permite ubicar a *E. cyclocarpum* dentro del tipo arquitectónico prolepsis, según la nomenclatura propuesta por Hallé, Oldemar y Tomlinson (1978).

En este estudio se hace evidente que la brotación, floración, desarrollo y abscisión de frutos se inicia primero en zonas de mayor altitud donde las condiciones ambientales son menos drásticas.

En esta especie fue característico que los árboles se cubrieron de follaje antes de que se iniciaran o se estabilizaran las lluvias; una vez que se dio la brotación, el crecimiento de ramas y hojas ocurre en forma violenta. Es importante observar que el follaje alcanza su máximo desarrollo en los meses de mayo-junio, momento en que cesa el crecimiento de las ramas, por la muerte del meristemo terminal. De esta forma, cuando el período de las lluvias se estabiliza, el árbol presenta un sistema foliar bien desarrollado. Hasta aquí se ha realizado un esfuerzo energético, tendiente a alcanzar un desarrollo vegetativo máximo para cuando las condiciones sean óptimas para la actividad fotosintética.

Fournier (1976) propone que la alternancia de la fase reproductiva y vegetativa que presentan algunas especies, les permite utilizar mejor la energía, brindándoles mayor competitividad con otras especies. *E. cyclocarpum*, como se pudo observar, presenta una alternancia reproductiva y vegetativa muy marcada. Así la especie inició la pérdida del follaje en forma paulatina de manera que al empezar la época seca ha perdido casi completamente su follaje, y en consecuencia ha reducido su área de transpiración. Fue característico que durante esta época se sucedieron fases fenológicas como desarrollo y abscisión de frutos, brotación, floración y desarrollo foliar, —procesos que requieren de un alto suministro de energía— y se disminuyó al máximo la capacidad de producción. Además, el nuevo follaje se desarrolla

para el momento en que los elementos climatológicos son favorables a la síntesis, deteniéndose todo crecimiento en el árbol y encauzando todo su esfuerzo a lograr una alta productividad primaria, con altos excedentes que son almacenados para posteriormente canalizarlos para el crecimiento, cuando las condiciones para la síntesis no sean óptimas. Tal patrón de crecimiento y reproducción le permiten a *E. cyclocarpum* competir con mayor eficiencia con otras especies.

LITERATURA CONSULTADA

1. Borchert, R. 1980. *Phenology and ecophysiology of tropical trees. Erythrina poeppigiana* O.F. Cook. *Ecology*, 61, 1065–1074.
2. Daubenmire, R. 1972. *Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in northeastern Costa Rica. Ecol*; 60: 147–170.
3. Fournier, L.A. 1969. *Estudio preliminar sobre la floración en el roble de sabana (Tabebuia pentaphyla)* (L) Hemsl. *Rev. Biol. Trop.* 15: 259–267.
4. Fournier, L.A. 1974. *Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas de árboles. Turrialba*; 24: 422–423.
5. Fournier, L. A. 1976. *Observaciones en el bosque húmedo premontano de San Pedro de Montes de Oca; Costa Rica. Turrialba*, 26: 54–59.
6. Fournier, L.A. 1976. *El dendrofenograma: una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba*, 26: 96–97.
7. Fournier, L.A., 1983. **Recursos naturales**. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 216 p.
8. Fournier, L. A. y Charpantier, Claudia. 1975. *El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba*, 25; 45–48.
9. Fournier, L.A. y Herrera, María E. 1977. *La sucesión ecológica como un método eficaz para la recuperación del bosque en Costa Rica. Agronomía costarricense*, 1: 23–29.
10. Fournier, L.A. y Herrera, María E. 1986. *Fenología y ecofisiología de Gliricidia sepium (Jacq) Esteud, "madero negro" en Ciudad Colón, Costa Rica. Rev.Biol. Trop.* 34: 283–288.
11. Fournier, L.A. y Salas, S. 1966. *Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque húmedo de Villa Colón. Rev. Biol. Trop.* 14; 74–85.
12. Frankie, G.K.; Baker, H. G. y Opler, P.A. 1976. **Comparative phenological studies of trees in tropical lowland and dry forest sites of Costa Rica**. San José, Costa Rica. Organization for Tropical Studies. 102 p. (mimeografiado).
13. Gómez, P. 1984. **Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de Tabebuia rosea (Bertol) D.C. en el Valle Central de Costa Rica**. Tesis Magister Scientiae, San Pedro de Montes de Oca, Universidad de Costa Rica, sp.
14. Hallé F., R.; Oldemar, A.A. y Tomlinson, P. B. 1978. **Tropical trees and forest**. New York: Springer-Verlag. 441 p.
15. Holdridge, L.R. 1964. **Life zone ecology**. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 124 p.
16. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (México). 1985. **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México**. Volumen 11 México, Ed. Alhambra Mexicana. S. 17. 421 p.
17. Janzen, D. H. 1967. *Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season of Central America. Evolution* 21: 620–637.
18. Laboratorio de Productos Forestales (Costa Rica), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; Ministerio de Agricultura y Ganadería, (M.A.G.), 1981. **Propiedades y usos de 48 especies maderables de Llanos de Cortés; Guanacaste**. 305 p.
19. Larcher, W. 1977. **Ecofisiología vegetal**. Barcelona: Ed. Omega. 305 p.
20. Opler, P.A.; Frankie, G. W. y Baker, H. G. 1976. *Rainfall as a factor of the release, timing and synchronization of anthesis in tropical shrubs. J. Biogeography*, 3: 231–236.

21. Reich, P. y Borchert, R. 1982. *Phenology and ecophysiology of the tropical tree, **Tabebuia reochrysantha** (Bignoniaceae)*. **Ecology**, 63: 294-299.
22. Reich, P. y Borchert, R. 1984. *Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the Lowlands of Costa Rica*. **Ecology**, 72: 61-74.
23. Sobrado, M. y Cuenca, G. 1979. *Aspectos del uso de agua de especies deciduas y siempre verdes en un bosque seco tropical de Venezuela*. **Acta científica venezolana**, 30: 302-308.