

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO DE LA FENOLOGIA DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM (JACQ) GRISEB  
EN LA VERTIENTE DEL PACIFICO DE COSTA RICA

**Tesis sometida a la consideración de la Comisión de  
Estudios de Posgrado en Biología, para optar al  
Grado de Magister Scientiae**

BENJAMIN MORA GUTIERREZ

Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio", Costa Rica

1988

## DEDICATORIA

A mis Padres

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincero agradecimiento a:

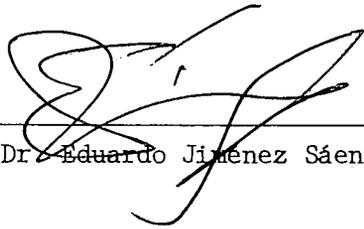
- Dra. Eugenia Flores, M Sc. María Isabel Morales, Dr. Luis Fournier Dr. Eduardo Jiménez por el apoyo técnico y moral brindado durante mis estudios y la realización de este trabajo.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica y el BQ. Marcos Rojas por el apoyo administrativo y económico brindado para el desarrollo y financiamiento de la investigación.
- A todos mis amigos en especial al Lic. Braulio Vilchez, Señor Reynold Ballesteros, Sr. Carlos Víquez por el apoyo dado en las giras.
- Universidad de Costa Rica por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae.



Dr. Luis Fournier Origgi

Profesor Consejero



Dr. Eduardo Jiménez Sáenz

Miembro del Comité Asesor

Ma. Isabel Morales Z.  
M.Sc. Ma. Isabel Morales Zurcher

Miembro del Comité Asesor



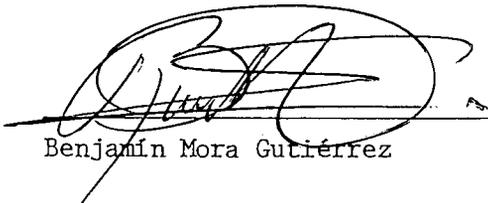
Dr. Walter Marín Méndez

Director del Programa de  
Posgrado en Biología



Dr. Luis Estrada Navas

Decano del Sistema de  
Estudios de Posgrado



Benjamín Mora Gutiérrez

Candidato

## INDICE GENERAL

	Página
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	
Indice General.....	iv
Resumen.....	v
Indice de Cuadros.....	vi
Indice de Figuras.....	vii
Introducción.....	1
I. REVISION DE LITERATURA	
A. Descripción General De la Especie.....	3
B. Fenología.....	7
II. MATERIALES Y METODOS.....	12
III. RESULTADOS	
A. Distribución.....	16
B. Caída de Follaje.....	16
C. Fructificación.....	23
D. Brotadura.....	28
E. Floración.....	30
F. Cantidad de follaje.....	35
G. Descripción de características cuantitativas de la hoja.....	41
H. Parámetros ambientales y fisiológicos.....	44
I. Descripción de correlaciones.....	44
IV. DISCUSION.....	51
V. CONCLUSIONES.....	56
VI. LITERATURA CITADA.....	57

## RESUMEN

Se seleccionaron tres sitios de estudio, localizados en: La Guinea de Filadelfia, provincia de Guanacaste, Jesús María de Orotina provincia de Alajuela y Río Grande de Atenas, provincia de Alajuela. Los sitios se encuentran a diferentes altitudes y pertenecen a diferentes formaciones, según el sistema de Holdridge. En cada lugar se estableció una muestra de 10 árboles, los que se visitaron cada 22 días, para medir los procesos de brotación, fructificación, caída de follaje, cantidad de follaje y floración. Además se midieron los porcentajes de humedad en el suelo, ramas y hojas, precipitación y temperatura; también se colectó una muestra de hojas maduras, a las cuales se les evaluó el largo, ancho y número de pinnas por hojas, número de foliolulos por pinna y área de los foliolulos.

El estudio muestra que el patrón fenológico de "Guanacaste", es diferente entre la región de La Guinea, el 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 el gradiente altitudinal presenta:

Diferencias altamente significativas entre La Guinea y los otros sitios en estudio. Estos resultados, los refuerza el estudio cuantitativo foliar en el cual también se presentaron diferencias entre las hojas de La Guinea y la 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 rango 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.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro Nº		Página
1	Promedios de brotaduras, fructificación, caída de follaje, cantidad de follaje y floración de dos años fenológicos de <u>E. cyclocarpum</u> (Jacq) Griseb en tres localidades de Costa Rica.	19
2	Análisis de varianza de una vía de interacción de la brotadura, fructificación, caída de follaje, cantidad de follaje y floración de <u>E. cyclocarpum</u> (Jacq) Griseb en tres localidades de Costa Rica.	20
3	Promedios de longitud y ancho de hoja; número de pinnas y foliolulos y área de foliolulos <u>E. cyclocarpum</u> (Jacq) Griseb en tres localidades de Costa Rica.	43
4	Promedios de temperatura máxima, precipitación, humedad relativa, humedad del suelo, humedad de ramas y humedad de hojas de enero de 1985 a julio de 1986 en tres sitios de estudio.	45
5	Correlaciones simples entre caracteres fenológicos y ambientales en tres regiones de Costa Rica.	47
6	Correlaciones simples entre caracteres fenológicos y ambientales en la región de Guanacaste.	48
7	Correlaciones simples entre caracteres fenológicos y ambientales en la región de Jesús María.	49
8	Correlaciones simples entre caracteres fenológicos y ambientales en la región de Atenas.	50

## INDICE DE FIGURAS

Figura Nº		Página
1	Dendrofenograma de <u>E. cyclocarpum</u> mostrando la caída de follaje (Cf) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.	17
2	Descripción de la caída de follaje y precipitación contra el tiempo en tres zonas diferentes.	21
3	Descripción de la caída de follaje y temperatura contra el tiempo en tres zonas del país.	22
4	Dendrofenograma de <u>E. cyclocarpum</u> mostrando la fructificación (Fr) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.	24
5	Frutos de <u>E. cyclocarpum</u> en estado latente durante la época lluviosa.	25
6	Descripción de la fructificación y temperatura contra el tiempo en tres zonas diferentes.	26
7	Descripción de la fructificación y precipitación contra el tiempo, en tres zonas diferentes.	27
8	Dendrofenograma de <u>E. cyclocarpum</u> mostrando la brotación (Br) en las localidades de Guanacaste Jesús María y Atenas.	29
9	Descripción de la brotación y temperatura contra el tiempo, en tres zonas diferentes.	31
10	Descripción del porcentaje de brotación y la precipitación contra el tiempo, en tres zonas diferentes.	32
11	Crecimiento periódico de las ramas de <u>E. cyclocarpum</u> .	33
12	Dendrofenograma de <u>E. cyclocarpum</u> mostrando la floración, en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.	34
13	Descripción de la floración y precipitación contra el tiempo, en tres zonas del país.	36

Figura Nº		Página
14	Descripción de la floración y temperatura contra el tiempo, en tres zonas del país.	37
15	Dendrofenograma de <u>E. cyclocarpum</u> mostrando la cantidad de follaje ( $\bar{F}_o$ ) en las localidades de Guanacaste, Jesús María y Atenas.	38
16	Descripción de la cantidad de follaje y temperatura contra el tiempo, en tres zonas diferentes.	40
17	Descripción de la cantidad de follaje y precipitación contra el tiempo, en tres zonas diferentes.	42

## INTRODUCCION

Los estudios fenológicos son una parte importante de la ecología que estudia las causas y las manifestaciones de los procesos de floración, fructificación, caída del follaje, brotación, etc., en las plantas (Fournier, 1976). La importancia científica y tecnológica del conocimiento fenológico en plantas tropicales ha sido considerada por varios autores (Borchert 1980, Fournier 1969, 1974, 1976, Fournier y Charpantier, 1975; Frankie *et. al.* 1976, Gómez 1984; Reich y Borchert 1982).

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 (Fournier y Herrera 1977, Gómez 1984).

Enterolobium cyclocarpum, por su amplia distribución y adaptabilidad a diversos suelos y asociaciones (Inst. Nac. de Investigaciones, 1985) y por su alta calidad de la madera (Laboratorio de Productos Forestales, U.C.R. 1982), es una especie que requiere de exhaustivos estudios para conocer su biología y sus silvicultura, de tal forma que, como especie nativa y adaptada a diversos medios, se les 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 bosque.

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

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

## 1. REVISION DE LITERATURA

### A. DESCRIPCION GENERAL DE LA ESPECIE

Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb pertenece al orden Rosales subclase Rosidae, familia Leguminosae (Fabaceae); subfamilia Mimosoideae y la tribu Ingeas (Hutchinson, 1969). Los nombres vernáculos de Enterolobium cyclocarpum varían según la región geográfica que se estudie; en Costa Rica se le conoce como Guanacaste, en México se le llama Guanacastle, orejón, parota, etc. (Standley y Steyermark, 1949).

El Guanacaste es un árbol deciduo, de gran tamaño (30 metros o más de alto). Su fuste alcanza hasta 3 m de diámetro. La corteza es áspera y gris en la parte externa, rosada en la interna y excreta sustancias resinosas azucaradas. Tiene muchas lenticelas, ordenadas en hileras longitudinales (Espejel y Martínez, 1979). La copa es extendida, con follaje abundante. El crecimiento del vástago es rápido (Calix, 1970).

Las hojas muestran filotaxia helicoidal. Son compuestas, pinnadas o bipinnadas, de 15 a 40 cm de largo (incluyendo el peciolo), con 5 a 10 pares de pinnas y cada una de ellas con 15 a 35 pares de foliolulos, las cuales presentan la nictinastia característica de otras leguminosas (Calix, 1970; Nut Acad. Of Sciences, 1979). Los foliolulos se reportan sésiles y glabros, pueden medir de 10 mm a 23 mm de longitud, y de 4 mm a 6 mm de ancho. Su lámina es lineal oblonga, asimétrica, de margen entero, ápice acuspidado, base truncada o asimétrica y presentan un color verde brillante (Calix, 1970).

La presencia de inflorescencias axilares, compuestas de cabezuelas pedunculadas de 15 mm a 20 mm de diámetro es característico de esta especie. Las flores son actinomorfas y el cáliz y la corola son verdosas y tubulares. Los estambres numerosos y blancos. El gineceo es sésil, con muchos rudimentos seminales (Pennington y Surakhán 1968). El fruto es una vaina aplanada, de forma irregular, enroscada, de apariencia leñosa, de color pardo oscuro, con unas 10 a 15 semillas. Las semillas están embebidas en una pulpa esponjosa de olor y sabor dulce. Son de color pardo brillante, forma ovoide y comprimida y miden de 25 mm de largo y 10 mm de ancho. Es característico en ellas una figura o pleurograma en cada superficie lateral (Miembro, 1983). La cubierta seminal es lisa, lustrosa, dura, resistente y mide aproximadamente de 0,3 a 0,5 mm de grosor (Vasquez y Pérez, 1977). El embrión es recto, de cotiledones grandes y gruesos, carnosos y de forma ovoide. La radícula es corta y se orienta en dirección al hilo. (Miembro, 1983). Los cotiledones de esta especie son nutritivos, poseen unos 17 aminoácidos, 0,25% de lecitina, 4,7% de minerales y vitaminas. Tostados pueden producir unas 341,55 calorías y su harina se equipara a la del trigo y el pescado (Bressani et al 1976).

La especie es de distribución mesoamericana y se extiende en una región que va desde México (sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y del este de Sinaloa hasta Chihuahua), hasta el norte de América del Sur (Colombia), (Standley, 1937; Pennington y Surakhán, 1968; Holdridge y Poveda, 1975). En Centro América se encuentra con frecuencia en las tierras bajas del Pacífico en donde se distribuye hasta alturas cercanas a los 1000 metros. A esta especie se le encuentra en bosques húmedo tropical, húmedo

subtropical y seco tropical, (Holdridge, 1964). Fournier y Herrera (1977) la consideran como una especie pionera en la sucesión secundaria de la región del Pacífico Medio de Costa Rica, siendo muy tolerante a alta intensidad lumínica y baja humedad del suelo; además, es un componente muy importante de los bosques más avanzados de la región.

Por su parte, Pennington y Surakhán (1968) y Espejel y Martínez (1979) consideran que es muy difícil relacionar a E. cyclocarpum con algún tipo de vegetación primaria; él informa que en México crece en zonas costeras alteradas, altas y medianas y forma parte de bosques de galerías cerca de ríos y arroyos. Aunque el Guanacaste se adapta a una gran diversidad de climas, es una especie que se desarrolla mejor en suelos profundos y bien drenados (Camacho, 1981). Aunque Fournier y Herrera (1977) la consideran como especie pionera en la sucesión secundaria, sus mecanismos de dispersión no están claros. Janzen (1982, 1983) propone a los mamíferos, como agentes de dispersión en especial equinos y bovinos. Sin embargo, Fournier y Herrera (1985) mencionan que el rodaje a favor de pendiente o escorrentía y algunos mamíferos menores son también importantes en la distribución de la especie.

La información disponible sobre el crecimiento es escasa y los trabajos de Camacho (1981) y González (1980) indican que en regiones con altas precipitaciones como Guápiles y Guácimo el crecimiento de Enterolobium es menor comparado con el que se da en Ciudad Colón donde la precipitación es menor. Por su parte Fournier y Herrera (1985) indican que esta especie presenta un mejor crecimiento en suelos fértiles, de buena textura y aireación; bajo éstas condiciones se puede establecer ciclos de corta a los 25 años.

Uno de los mayores problemas observados por Camacho (1981) está relacionado con el crecimiento apical de los árboles jóvenes porque éstos presentan aparentemente una muerte regresiva del brote terminal, lo que da como resultado un rebrote múltiple que provoca una ramificación del fuste a baja altura; lo anterior puede deberse a un ataque fungoso, ya que Sáenz y Fournier (1982) observaron que Ravenalia lagerheimiana Diet, en plántulas de E. cyclocarpum en condiciones de campo e invernadero, causa hipertrofia del tallo y del rebrote.

El guanacaste es una especie de múltiples usos; por ejemplo su amplia copa es utilizada para la sombra del ganado, el fruto es comestible para el ganado, la semilla y el fruto tierno son empleados para el consumo humano, el líquido viscoso que posee la vaina fresca se recomienda usarlo como aglutinante, mientras que la pulpa de la vaina madura contiene altos porcentajes de saponina y por ésta razón puede emplearse como sustituto del jabón; las resinas exudadas por el tronco son usadas para combatir la bronquitis, etc. (Espejel y Martínez, 1979; Camacho, 1981; Peralta, 1987). Desde el punto de vista económico, lo más rentable de esta especie es su madera, la cual es fácil de trabajar ya que es medianamente dura, elástica para su densidad de  $463 \text{ k/m}^2$  (Espejel y Martínez, 1979; National Academy of Sciences, 1979). La madera es resistente a la humedad y es usada para la elaboración de muebles, ruedas de carreta, vigas, durmientes de ferrocarril, artesanía y decoración de interiores; además es óptima como pulpa para papel (UCR, Laboratorio de Producción Forestal, Ministerio de Agricultura, 1981).

## B. FENOLOGIA

El estudio de la periodicidad de eventos relacionados con el crecimiento y la reproducción en especies perennes, tiene gran importancia para comprender la adaptación de las plantas a su ambiente; y, es una forma de diferenciar entre los factores físicos y bióticos que constituyen o determinan los distintos comportamientos fenológicos. Estos fenómenos han sido estudiados con amplitud en zonas templadas, pero en los trópicos la información es más limitada (Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, 1985). El establecer un registro de la variación fenológica de los árboles es de suma importancia no sólo para la comprensión de la dinámica de las comunidades forestales, sino para determinar indicadores de la respuesta de estos organismos a las condiciones climáticas y edáficas de una zona (Fournier, 1974; Giles, 1982). En el campo forestal, la fenología permite, además, prever las épocas de reproducción de los árboles, sus ciclos de crecimiento vegetativo y algunas otras características que son de gran ayuda para el establecimiento y desarrollo de un plan adecuado de ordenamiento del bosque (Fournier, 1976; Sobrado y Cuenca, 1979; Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, 1985).

Existe una gran diversidad de criterios metodológicos para establecer el tamaño de la muestra de estudio, la forma y frecuencia de recopilar la información fenológica, la medición y cuantificación de los caracteres observados; lo anterior dificulta comparar resultados con investigaciones previas.

Los estudios fenológicos en el bosque tropical son bastante recientes y poco sistematizados (Fournier, 1987; Fournier

y Charpantier, 1975). 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 (Janzen, 1967; Daubenmire, 1972; Frankie et al. 1974; Opler et al., 1976; Reich and Borchert, 1982), hasta el bosque en Ciudad Colón a 800 m de altitud y Santa Ana (900 m), (Fournier y Salas 1966; Fournier, 1969; Gómez, 1984) hacia el Valle Central en la Sabana (1.100 m). San Pedro de Montes de Oca (1200 m) y Granadilla (1350 m) (Fournier, 1969; Borchert, 1980; Gómez, 1984). El clima del área mencionada se caracteriza por una estación seca de noviembre a abril-mayo y una estación lluviosa con una precipitación que varía de 1300 a 2300 mm, según el sitio. Con el incremento en la altitud, la severidad de la estación seca disminuye y algunas especies cambian de caducifolias a perennifolias (Borchert, 1980).

Por su ubicación geográfica, Costa Rica presenta una alta variación térmica durante el día y pequeñas oscilaciones fotoperiódicas, aspecto que es contrario en lo referente a las oscilaciones térmicas estacionales y la disponibilidad de agua (Fournier, 1983). Se considera que la variación en la disponibilidad de agua durante el año podría determinar el desarrollo estacional en los árboles tropicales; lo mismo sucede con los cambios estacionales de temperatura y el fotoperíodo (Cannell, 1976; Gopal, 1975; Reich y Borchert, 1984); según esto, el desarrollo de los árboles puede ser detenido por la sequía y activado por períodos de precipitación adecuada. Muchos de los estudios del bosque tropical caducifolio muestran que los eventos fenológicos se dan con base en esta expectativa (Borchert, 1980; Reich y Borchert, 1984).

Algunos estudios como los de Fournier (1976) permiten establecer la existencia de una correlación negativa entre precipitación y la caída del follaje. Fournier y Herrera (1985) y Larcher (1977) indican que la defoliación es una forma de disminuir el área de transpiración en épocas de sequía cuando los niveles hídricos son críticos; además, para Tallak y Muller (1981), la defoliación provoca una reducción de la productividad durante este período. Janzen (1983) propone que en los árboles, caducifolios que se presenta la floración y fructificación, durante la época seca, propicia la competencia entre los agentes de polinización y entre los dispersores de frutos, favoreciendo su efectividad. Esta alternativa de fase reproductiva y vegetativa permite un mejor aprovechamiento de la energía en el crecimiento vegetativo durante la estación lluviosa (Fournier, 1976; Reich y Borchert, 1984). Según Reich y Borchert (1982), la relación de fases del crecimiento con la precipitación, permite establecer tres patrones principales de crecimiento en árboles:

- Caducifolios con apertura sincrónica de botones florales en los individuos de la población.
- Caducifolios con apertura asincrónica de botones florales en los individuos de la población.
- Perennifolios con cambio periódico de hojas.

Estos patrones representan una serie de líneas de desarrollo favorecidas durante la evolución, que permiten a las plantas evitar déficit hídricos durante la estación seca (Mc Michael et al, 1973; Tallak y Muller, 1981).

La falta de correlaciones directas entre ciertas variaciones climáticas y determinadas fases de desarrollo de los árboles

en zonas tropicales, pueden explicarse con base en el supuesto de que los árboles presentan fases de desarrollo complejas, y un ciclo de vida largo; esto está determinado por la interacción entre los factores internos y la calidad del medio. Aparentemente, el impacto ambiental en el trópico no es tan directo en el crecimiento de los árboles como lo es en las zonas templadas, por lo que algunos autores esperan que el comportamiento fenológico de las especies tropicales esté más determinado por factores internos (Borchert, 1980).

Los estudios de controles endógenos del crecimiento indican que el balance de los reguladores del crecimiento en la planta, juegan un papel decisivo en el proceso de floración (Gopal, 1975). Un ejemplo de ello es la marcada asincronía del desarrollo estacional en una población (por ejemplo, Erythrina) sujeta a condiciones climáticas diferentes, lo cual sugiere que su desarrollo no está bajo el control directo del ambiente.

Borchert (1980) concluye que la caída de las hojas, la floración y la brotación en estos individuos está bajo marcados controles endógenos; no obstante, conforme la especie se somete a mayores déficit hídricos las fases fenológicas tienden a ser más sincronizadas.

Gómez (1984), en su estudio de Tabebuia rosea, asocia el ácido abscísico y las giberelinas con el crecimiento del roble de sabana e informa que la caída del follaje se favorece con altas concentraciones de ácido abscísico, asociadas con bajos contenidos de humedad en el vástago vegetativo y en el suelo. Por otra parte, encuentra que un alto nivel de giberelinas se presenta con mayores

precipitaciones, al igual que con altos porcentajes de humedad del suelo, lo que promueve un crecimiento vegetativo mayor.

En años recientes los ecólogos tropicales empezaron a considerar los patrones temporales de floración como resultado de una coevolución de árboles con polinizadores. Los períodos de floración en el bosque se atribuyen al control de mecanismos externos e internos que han evolucionado en las plantas, adaptando el desarrollo vegetativo y reproductivo a un crecimiento estacional y de duración limitada. (Gómez, 1984), Borchert (1980) encontró gran relación entre la arquitectura del vástago, la fase vegetativa y la fase reproductiva. Esta relación es más compleja en los árboles, que en las plantas herbáceas, debido a la complejidad estructural del sistema de ramificación y a la alternancia entre los períodos de crecimiento activo y de descanso.

## II. MATERIALES Y METODOS

### A. LOCALIZACION

La investigación se realizó en tres sitios:

1. Bosque seco basal, ubicado en la Hacienda El Viejo, que se localiza en el caserío La Guinea, Cantón de Carrillo, provincia de Guanacaste. Es un bosque de galería sin pendientes, con suelo franco-arenoso, a una altura aproximada de 30 m sobre el nivel del mar.
2. Bosque húmedo de transición a basal, ubicado en la Finca Poza Azul, caserío de Jesús María, Cantón de Orotina, provincia de Alajuela. Este sitio es un relicto de árboles dispersos, con poca pendiente y suelo franco-limoso, a una altura aproximada de 130 m sobre el nivel del mar.
3. Bosque húmedo de transición a premontano, contiguo a la represa La Garita, en el distrito de Río Grande, Cantón de Atenas, provincia de Alajuela. El sitio es un potrero con pendientes de 25-50 grados o más; con un suelo franco y a una altura aproximada de 800 m sobre el nivel del mar.

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. La precipitación anual se distribuye en dos épocas: una de mayo a junio y otra de setiembre a octubre. La temperatura media oscila entre 26°C y 29°C; los valores menores se alcanzan en setiembre y diciembre y los mayores en marzo y abril.

## B. SELECCION DE LA MUESTRA Y FRECUENCIA DE OBSERVACION

Se seleccionaron 30 árboles distribuidos 10 en cada sitio de estudio. Los individuos en cada región fueron seleccionados por orden de aparición, con uniformidad en tamaño y en apariencia sanos. A cada uno de los árboles se les determinó cada veintidos 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. Posteriormente se efectuaron giras en octubre y diciembre de 1986 y febrero y marzo de 1987 para corroborar algunos aspectos fenológicos. El tamaño de la muestra y la frecuencia de observación, se estableció según lo recomendado por Fournier y Charpantier (1975).

## C. RECOLECCION Y CUANTIFICACION DE DATOS

### 1. Fenológicas

Cada una de las características fenológicas: caída de follaje (época cuando caen las hojas del árbol) (Cf), fructificación (Fr), brotación de yemas vegetativas (Br), floración (Fl) y cantidad de follaje (Fo); se evaluó individualmente en forma visual y se estimó mediante el empleo de una escala que varía entre 0 y 4, en las que estas cifras tienen el siguiente significado:

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

## 2. Características foliares

De la muestra para el estudio fenológico se seleccionaron cinco árboles sanos y de buen desarrollo. De cada uno de ellos se cortó una rama en cada punto cardinal. De estas ramas se obtuvo una muestra de 200 hojas y de estas se obtuvieron 10 hojas para medir los siguientes parámetros:

- Longitud y ancho. Para obtener la longitud se midió desde el punto proximal del pecíolo hasta el extremo distal del raquis. El ancho se midió en la parte media de la fronda.
- Número de pinnas y foliolulos. Se contó el número de pares de pinnas y se obtuvo un promedio por hoja. Para el caso de los foliolulos, si la hoja presentaba un número impar de pares de pinnas se consideró el par central y se contó el número de foliolulos y se obtuvo un promedio por hoja. Cuando las hojas presentaron parejas de pinnas pares se tomó los dos pares centrales para luego obtener un promedio de foliolulos por hoja.
- Area foliar. Se midieron 5 foliolulos por árbol tomados al azar en un medidor de área foliar Licor inc y se obtuvo un promedio por árbol.

## 3. Humedad en el follaje y las ramas

Se recolectaron diez hojas, diez segmentos de rama de aproximadamente 5 cm de largo, por árbol y se les determinó la masa fresca. Luego se secaron a 90°C para obtener la masa seca; con la diferencia se calculó el porcentaje de agua.

#### 4. Contenido de humedad del suelo

Se obtuvo por árbol una muestra del cuarteo de 10 submuestras, recolectadas al azar en el área cubierta por la copa del árbol, tomadas a una profundidad entre 0 y 5 cm y se le determinó la masa fresca. Las muestras se secaron a 90°C durante cinco días y luego se procedió a determinar el porcentaje del agua.

#### 5. Temperatura y precipitación

Se obtuvo de los registros de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios en observación.

- Hacienda El Viejo, Guanacaste
- San Rafael de Puntarenas
- Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela

#### D. PROCESAMIENTO DE DATOS

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

Las variables ambientales se promediaron por región y por fecha y se graficó, dato fenológico contra precipitación o temperatura contra tiempo. También se determinó la correlación lineal simple entre:

- Temperatura máxima: vs todos parámetros fenológicos
- Precipitación: vs todos parámetros fenológicos
- Humedad de suelo: vs todos parámetros fenológicos
- Humedad de ramas: vs todos parámetros fenológicos

Y se tomó como correlación significativa una probabilidad de 0,10. Los datos cuantitativos foliares fueron procesados y se sometieron a un análisis de varianza de dos vías de interacción.

### III. RESULTADOS

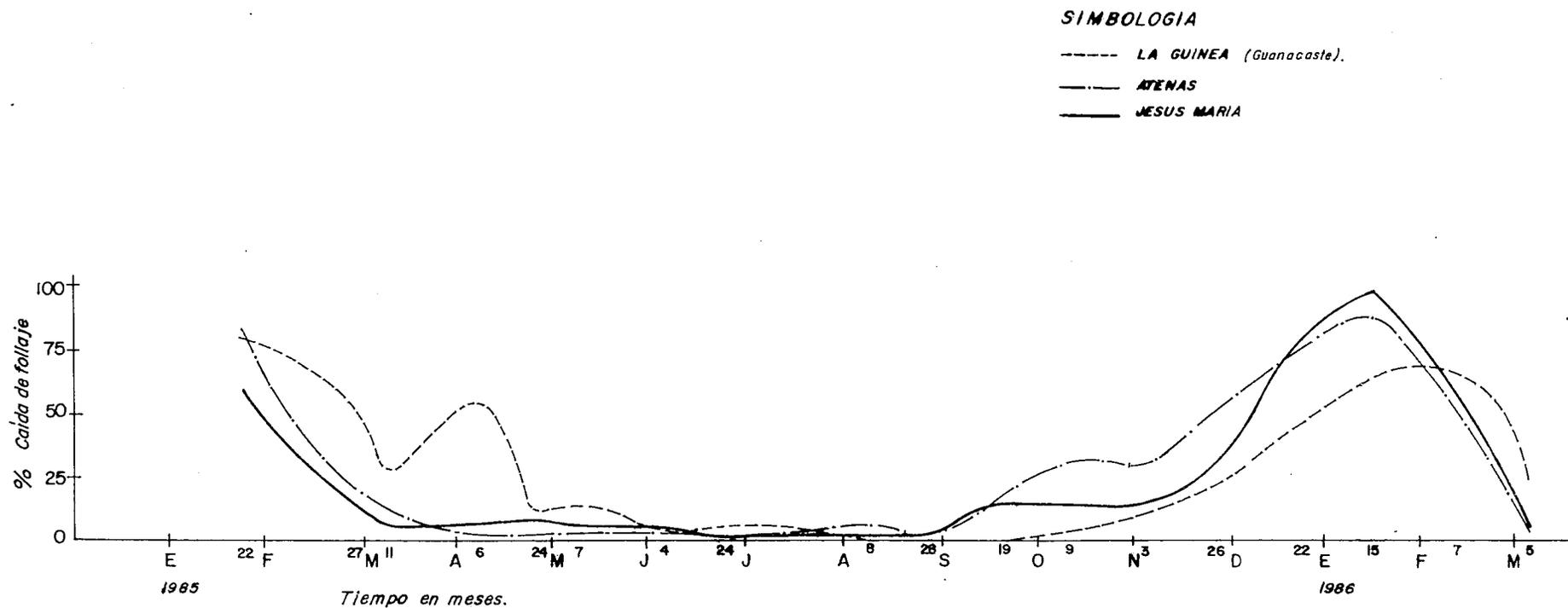
#### A. DISTRIBUCION

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 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 logra identificarla en el Cantón de Jiménez.

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

#### B. CAIDA DEL FOLLAJE

Enterolobium cyclocarpum (Guanacaste) es una especie caducifolia y el dendrofenograma de la Figura 1 ilustra la caída del follaje en las tres zonas estudiadas. En La Guinea (Guanacaste) se produce una caída de follaje aproximadamente de un 77% a finales de enero de 1985, a partir de esta fecha, el porcentaje disminuye. Hay un pequeño incremento en abril y mayo, pero en julio, la defoliación concluye. El fenómeno se reinicia en octubre y continúa en forma muy lenta hasta diciembre 1985; a partir de esta fecha se incrementa y alcanza su mayor expresión en febrero de 1986, luego disminuye de nuevo. En Jesús María hubo una actividad en la caída de follaje hasta un 75% a finales de enero de 1985 y de esta fecha en adelante, el proceso disminuye y en el mes de abril llega a ser de un 2,5%, y



*Figura 1*

**DENDROFENOGRAMA DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM.**

MOSTRANDO LA CAIDA DE FOLLAJE (C.F.) EN LAS LOCALIDADES DE GUANACASTE, JESUS MARIA y ATENAS.

se mantiene bastante constante hasta mediados de setiembre sin embargo, se presenta un pequeño incremento en agosto que por la escala no se aprecia y este rápidamente desaparece. Después de setiembre la caída de follaje se reinicia y alcanza su mayor expresión en febrero de 1986, momento en que la actividad decae de nuevo. De los meses de mayo a setiembre de 1985 es cuando se observa menor caída de follaje. En Río Grande de Atenas, el proceso de la caída de follaje fue muy semejante al que se observa en la región de Jesús María.

El Cuadro Nº1 incluye los promedios de la caída del follaje para las tres regiones y se observa que entre Río Grande de Atenas y Jesús María, no difieren tanto entre ellos lo que no sucede con los resultados de La Guinea y en el Cuadro Nº2 el análisis de varianza muestra la existencia de diferencias no significativas para la caída del follaje en las tres zonas.

La Figura 2 presenta que la caída del follaje en las tres regiones ha casi terminado cuando el período de lluvias se inicia y el proceso se vuelve a presentar antes que las lluvias finalicen pero también se puede apreciar que el incremento en la caída de follaje se da cuando el porcentaje de precipitación empieza a disminuir.

La Figura 3 indica que a inicios de 1985 comienza a decaer la caída del follaje; lo cual coincide con una disminución gradual de los valores de la temperatura máxima, aspecto que se repite en 1986; se observa que a partir de setiembre de 1985 se inicia un aumento gradual en la temperatura y después de este fenómeno en la temperatura la caída del follaje aumenta en forma paulatina.

CUADRO Nº1

PROMEDIOS DE BROTAJURA, FRUCTIFICACION, CAIDA DEL FOLLAJE Y FLORACION DE ENERO DE 1985 A JUNIO DE 1985 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%

CUADRO N°2

ANALISIS DE VARIANZA DE UNA VIA DE INTERACCION DE LA CAIDA DEL FOLLAJE,  
FRUCTIFICACION, BROTAJURA, FLORACION, CANTIDAD DE FOLLAJE DE E. CYCLOCARPUM (JACK)  
GRISEB, EN TRES LOCALIDADES DE COSTA RICA

		Suma de Cuadrados	DF	Cuadrados Medios	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
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<sub>c</sub> Relación de F calculada

F<sub>t</sub> Relación de F tabulada

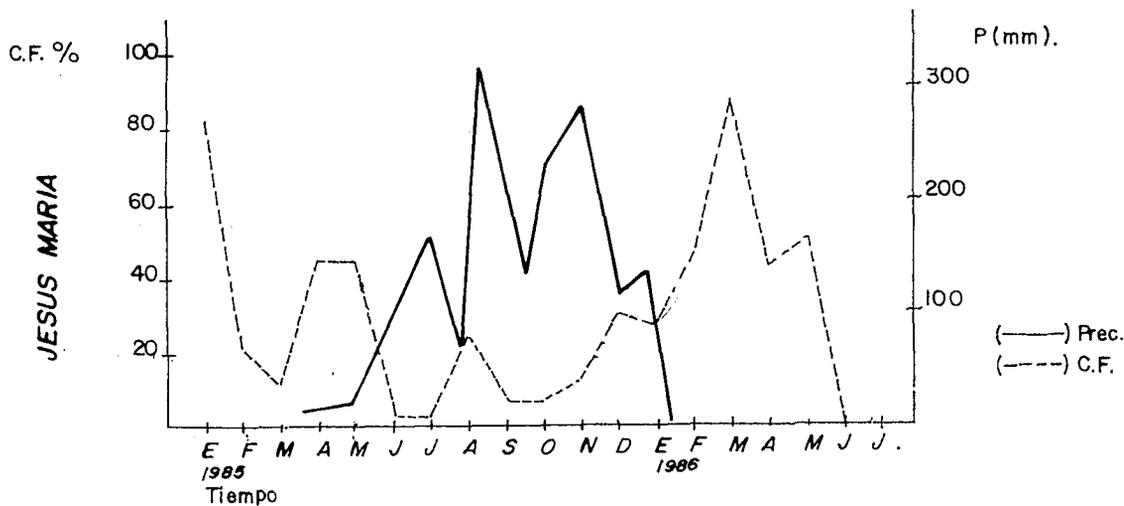
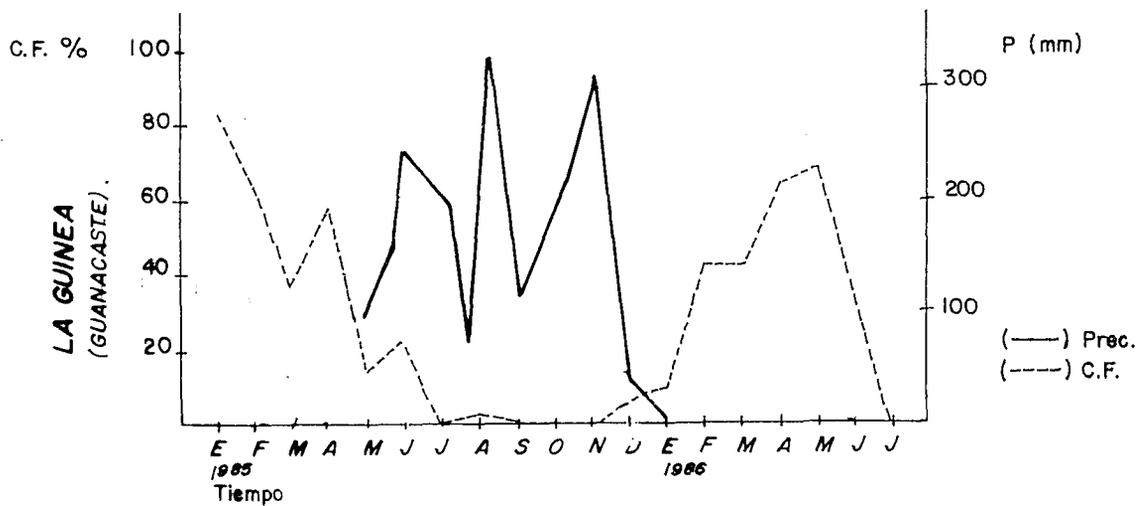
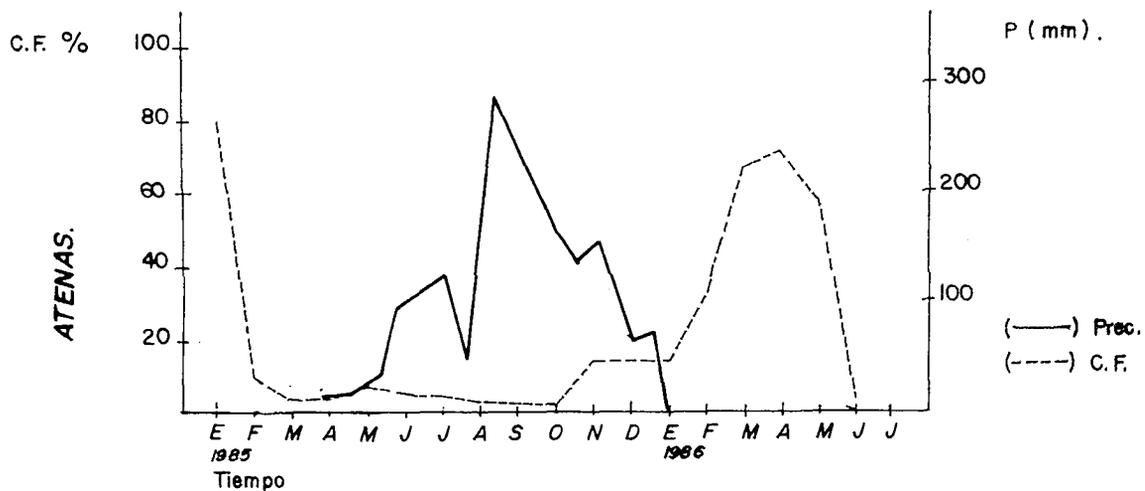
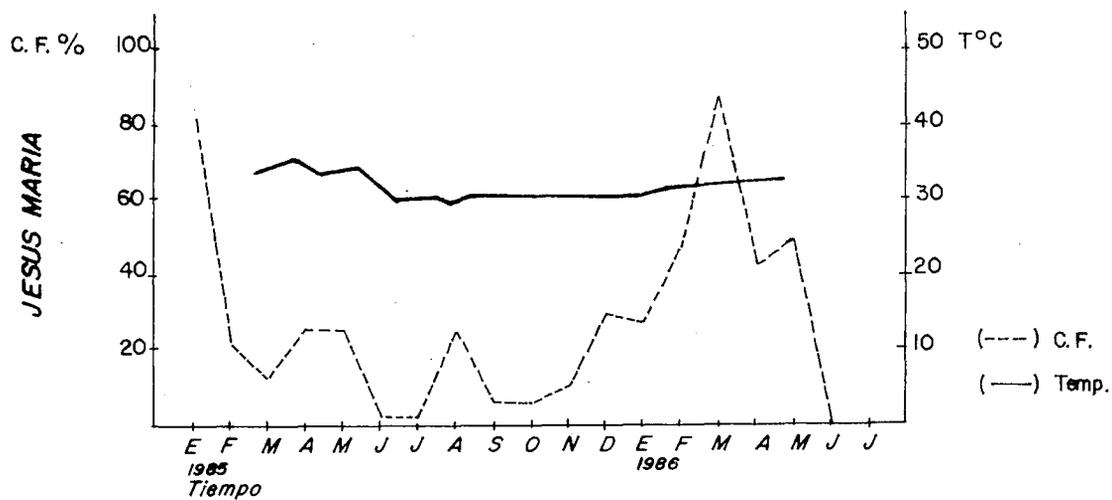
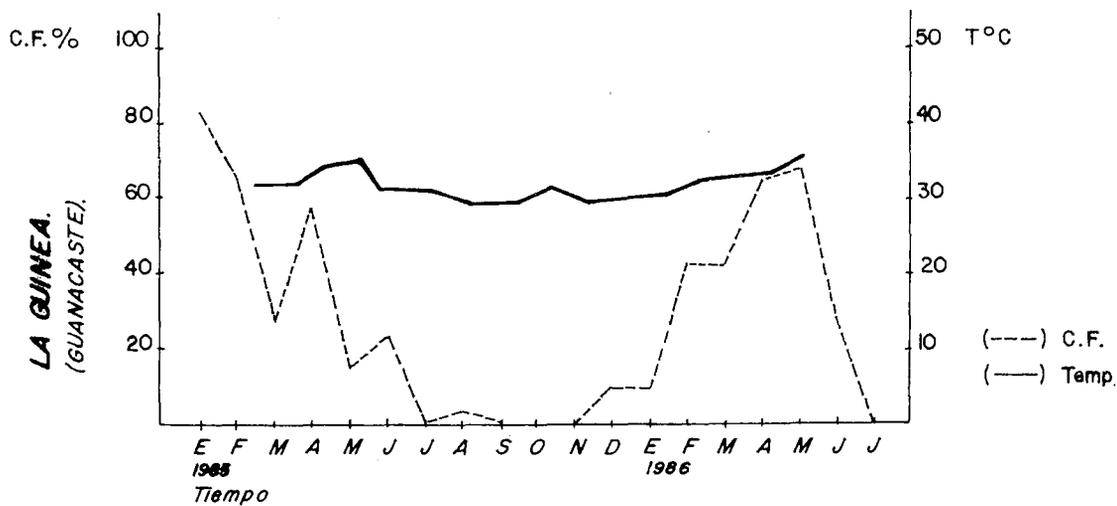
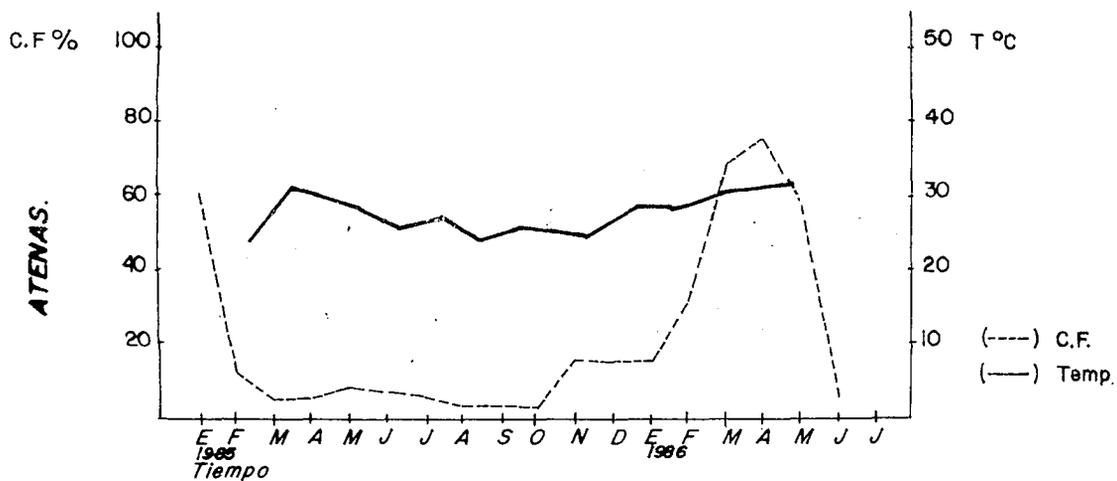


Figura 2

Relación de la caída de follaje y precipitación en tres zonas diferentes.

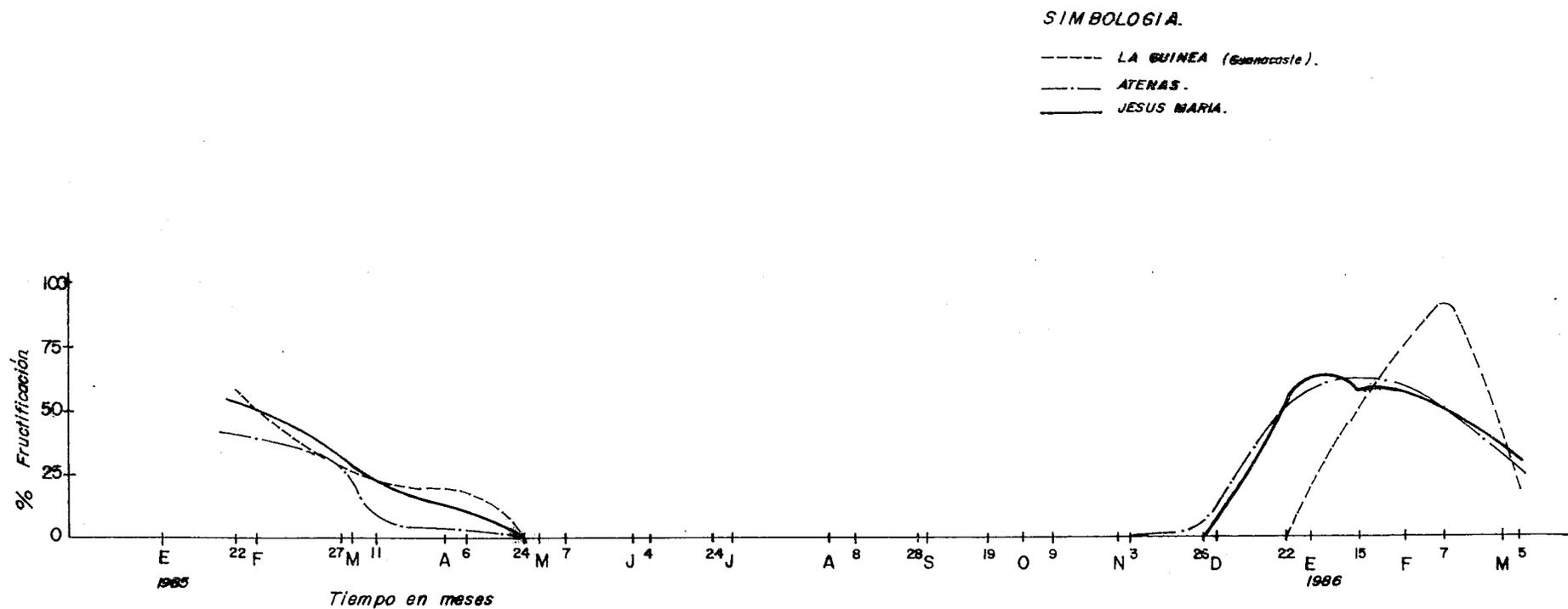


**Figura 3**  
Relación de la caída de follaje y temperatura en tres zonas diferentes.

### C. FRUCTIFICACION

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.

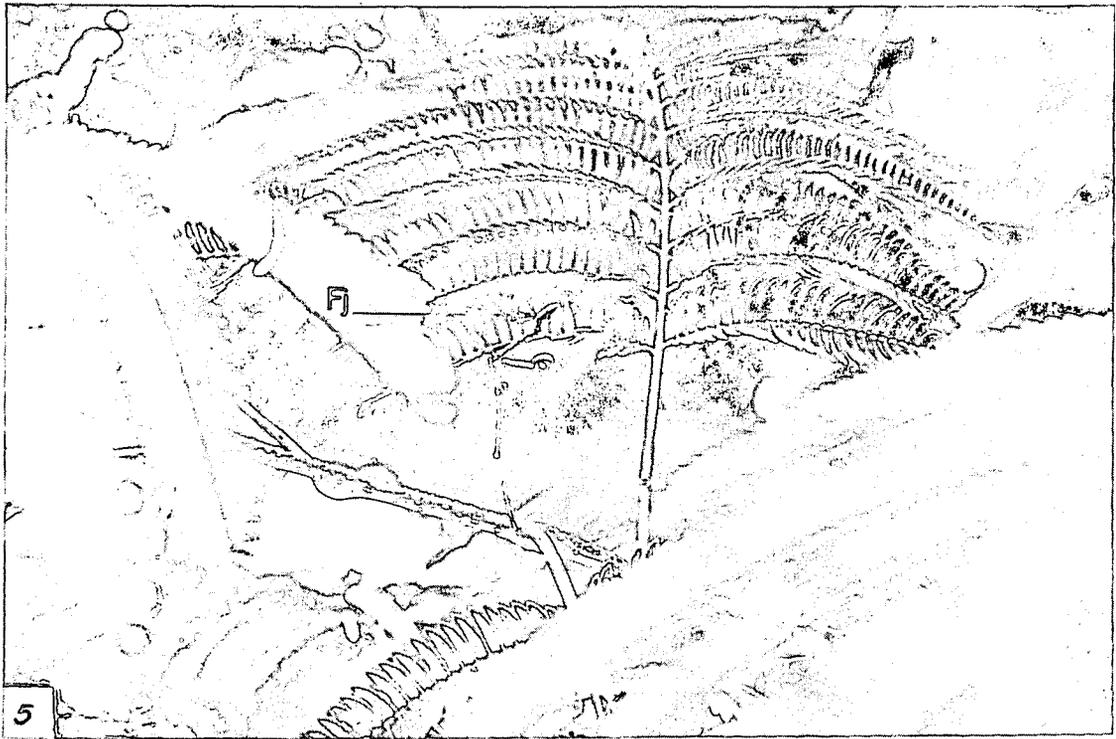
No obstante que el desarrollo de frutos se inicia entre los meses de noviembre y diciembre, éstos ya se encuentran presentes desde mayo de 1985, aunque su reducido tamaño no permite cuantificar la cosecha (Figura 5). En el dendrofenograma (Figura 4) se observa que para la cosecha 1984-1985 en las tres regiones los porcentajes de fructificación, tienen un promedio aproximado a 35% que disminuye rápidamente y en el mes de mayo la cosecha 1984-1985 está ausente. La cosecha 1985-1986 en la región de La Guinea inicia un acelerado desarrollo después del período de latencia alcanzándose un porcentaje superior al 75%, pero luego se observa una abscisión rápida y a finales de mayo de 1986 toda la cosecha ha caído al suelo (Figura 4). En Jesús María, el desarrollo de los frutos de la cosecha 1985-1986 se inicia a principios de diciembre, en forma muy lenta, pero a finales del mismo mes el desarrollo se acelera y homogeniza. A finales de enero se alcanza un porcentaje promedio máximo de 62,5. En esta fecha se inicia la caída de los frutos, por lo que el porcentaje de fructificación disminuye y hacia mediados de mayo ya no hay frutos (Figura 4). En la zona de Río Grande de Atenas, los frutos de la última cosecha



**Figura 4**

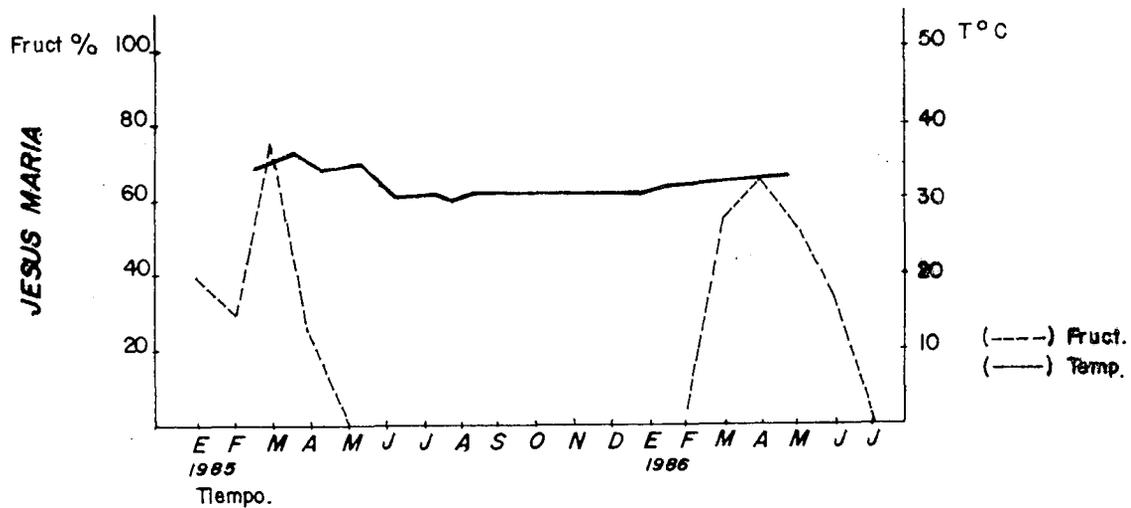
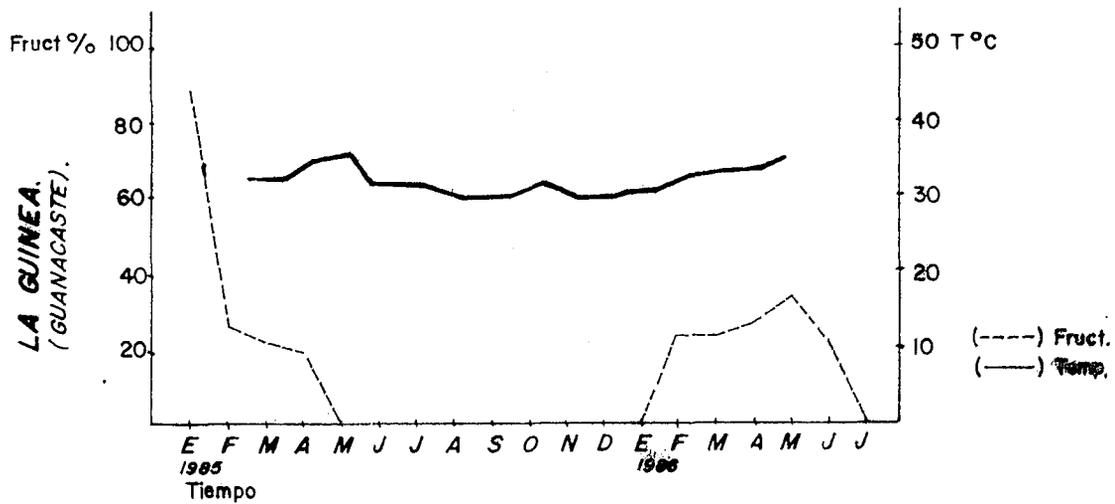
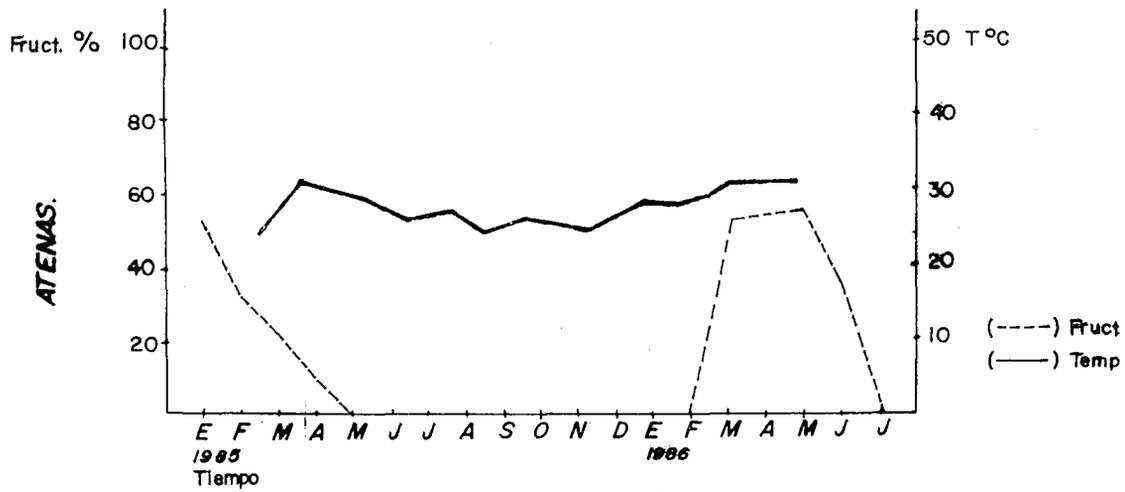
**DENDROFENOGRAMA DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM.**

MOSTRANDO LA FRUCTIFICACION (Fr) EN LAS LOCALIDADES DE GUANACASTE, JESUS MARIA y ATENAS.

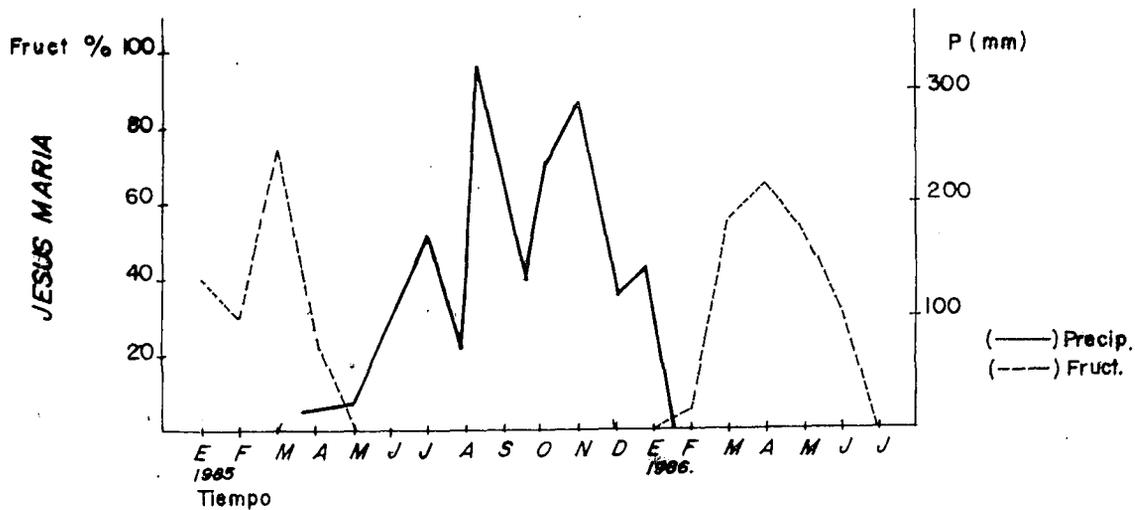
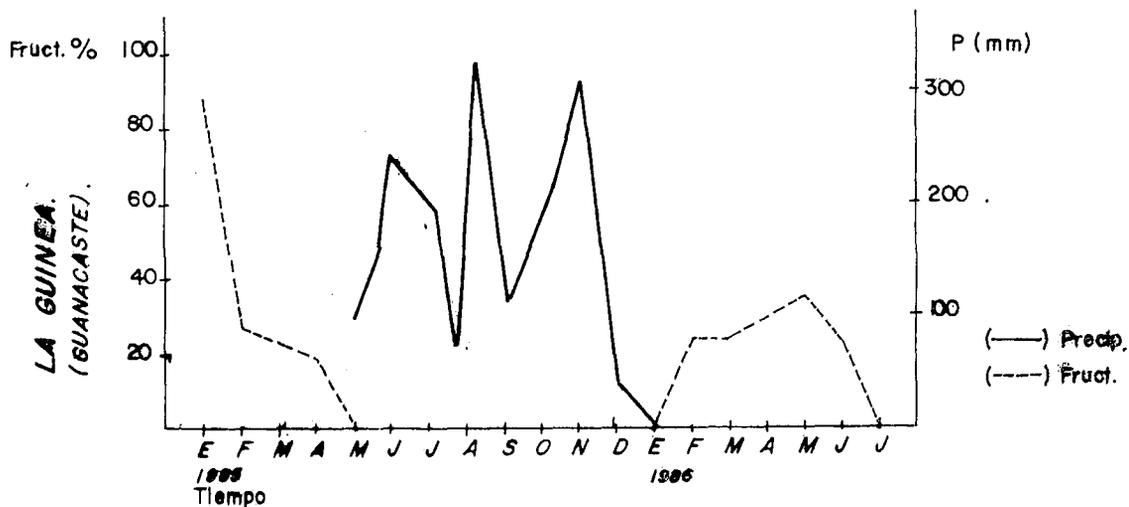
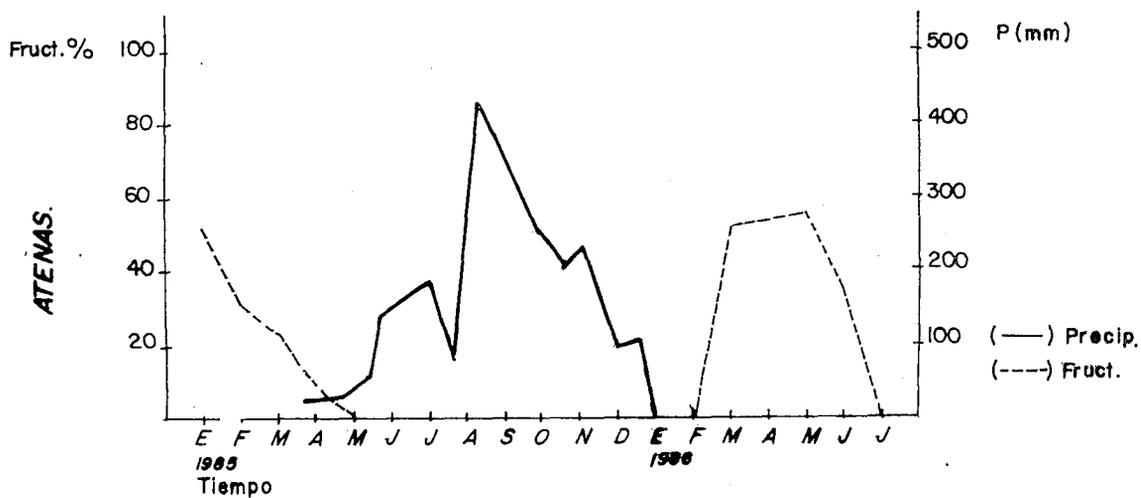


**FIGURA 5.**

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



**Figura 6**  
*Relacion de la fructificacion y temperatura en tres zonas diferentes.*



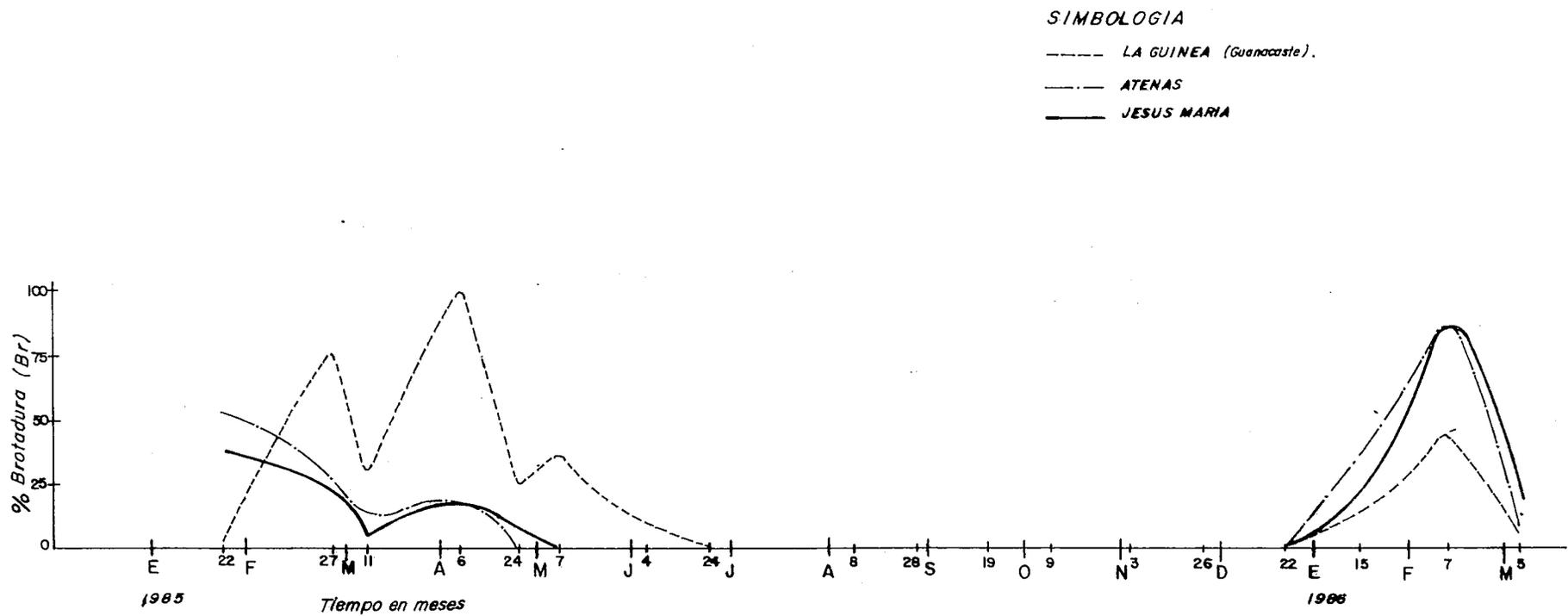
**Figura 7**  
Relación de la fructificación y precipitación en tres zonas diferentes.

observada, inician su crecimiento en forma intensa a finales del mes de diciembre de 1986 y alcanzan un porcentaje máximo del 72,5% a principios de febrero de 1986; a partir de esta fecha comienza a disminuir el número de frutos y, a mediados de mayo el porcentaje de fructificación en esta región es cero (Figura 4).

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) muestra diferencia no significativas entre las diferentes zonas consideradas. En las figuras 6 y 7 se observa que el desarrollo de los frutos se inicia a finalizar la época lluviosa y con el aumento gradual de la temperatura.

#### D. BROTAJURA

El proceso de brotadura 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 8), presenta tres picos máximos de diferente magnitud ya que la brotadura 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 8). En la región de Río Grande de Atenas, la brotadura se presenta en forma similar a la observada en Jesús María y dicha actividad finaliza a finales de abril. El fenómeno de la brotadura 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



**Figura 8**

**DENDROFENOGRAMA DE ENTEROLOBIUM CYCLOPARRUM.**

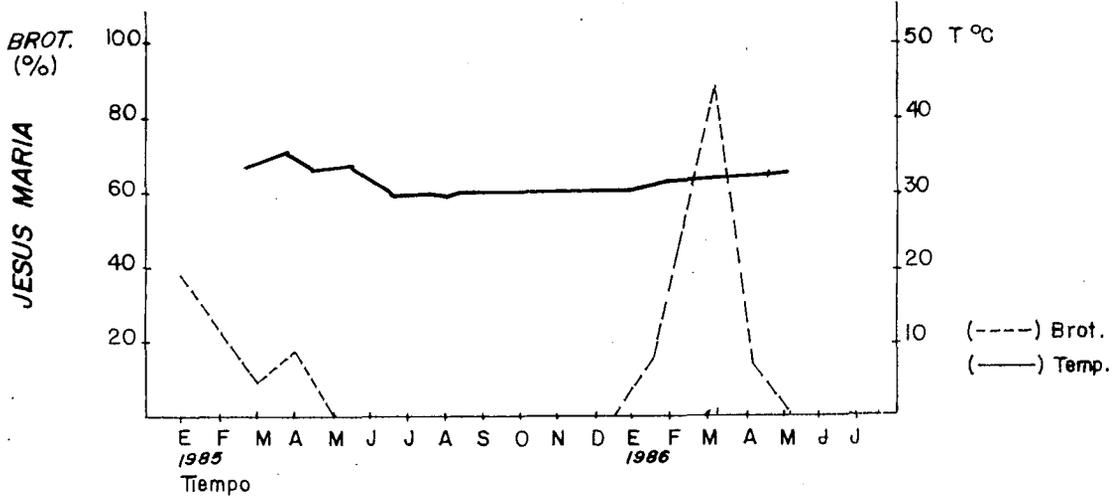
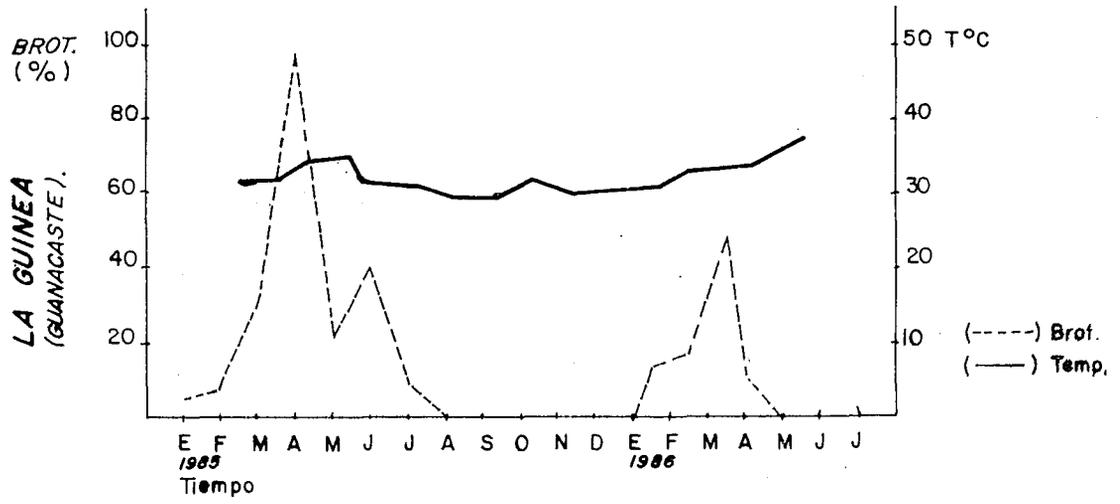
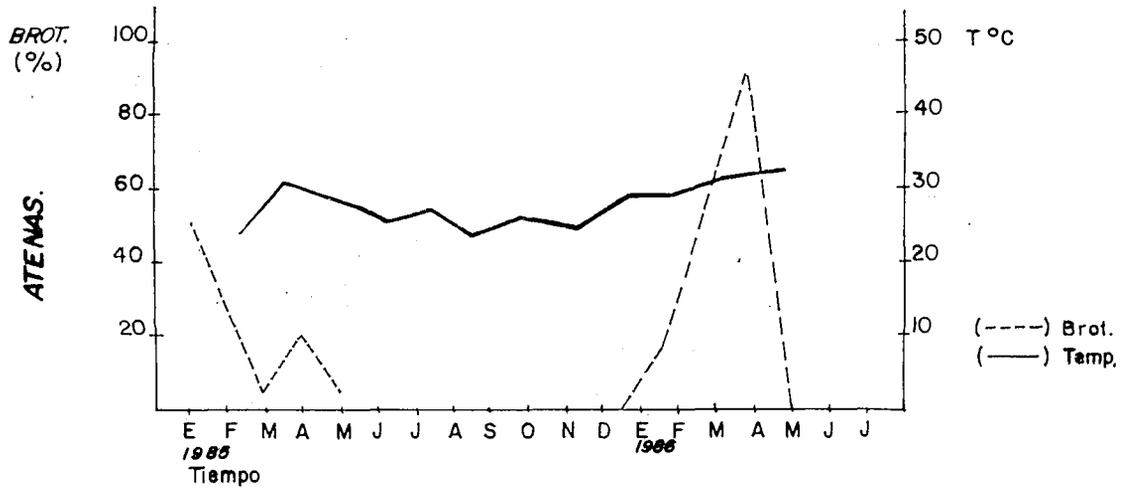
MOSTRANDO LA BROFADURA (Br) EN LAS LOCALIDADES DE GUANACASTE, JESUS MARIA y ATENAS

descrito también se inicia en enero de 1986 logrando su mayor expresión con un promedio de 80% en febrero; a partir de este el porcentaje tiende a disminuir, para llegar a cesar en el mes de mayo. En la región de Río Grande de Atenas, la brotadura 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.

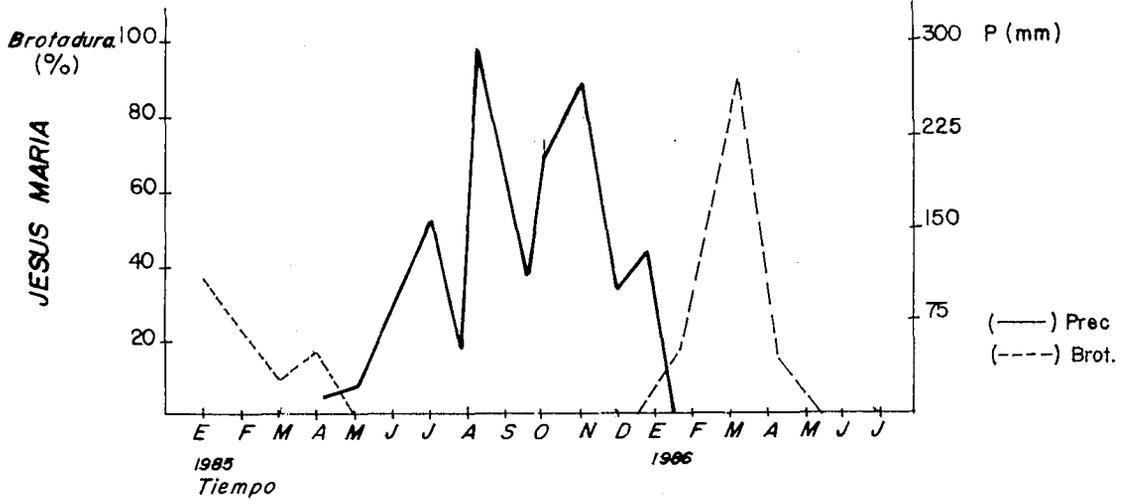
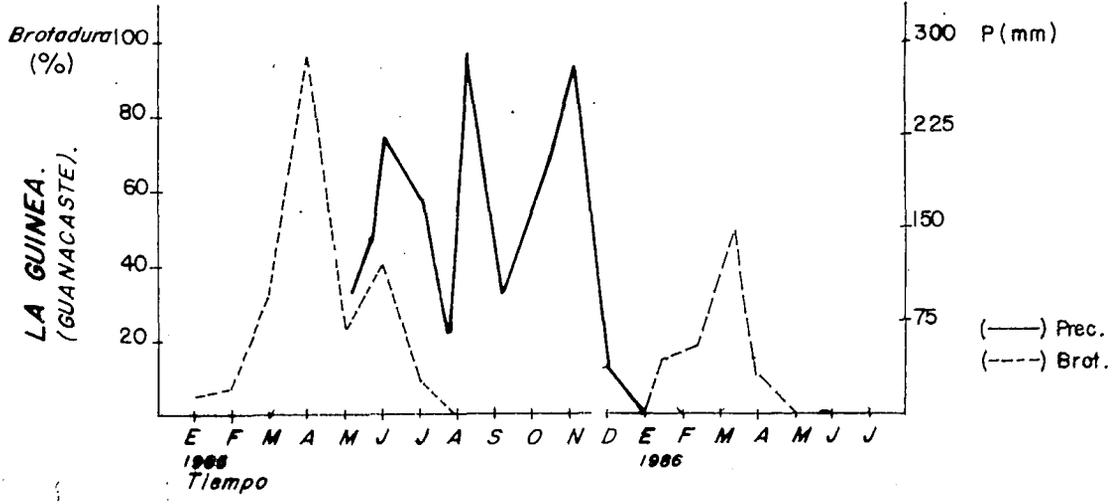
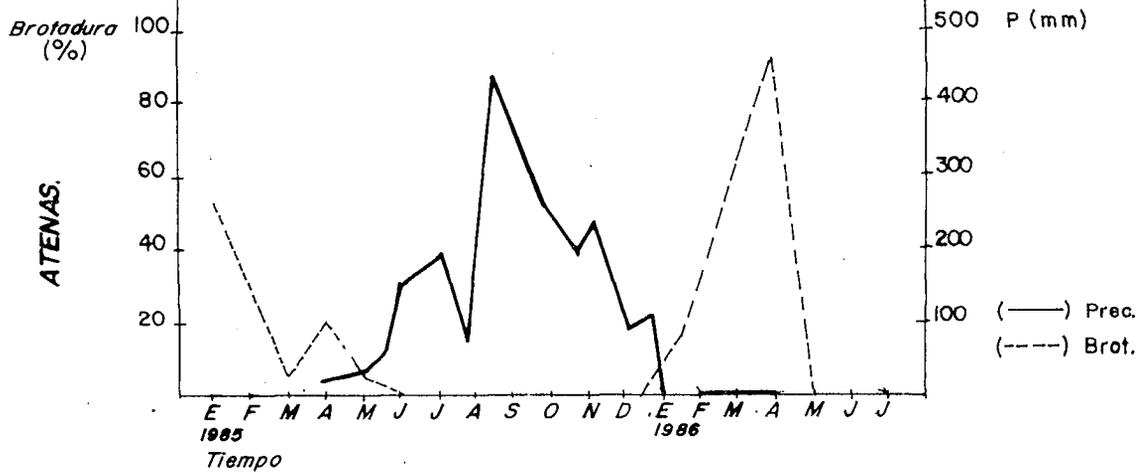
El Cuadro Nº1 muestra los promedios de la brotadura en las tres regiones y las regiones de Jesús María y Río Grande presentan promedios semejantes a diferencia de La Guinea que tiene un valor mayor. Por su parte el Cuadro Nº2 muestra que hay diferencias altamente significativas respecto a la brotadura en las tres regiones. La Figura 9 ilustra que la mayor actividad de la brotadura se presenta cuando hay mayores valores de temperatura y la Figura 10 muestra que el proceso de brotadura de yemas vegetativas presenta su mayor actividad antes que se inicie el período de lluvias. Las nuevas ramas se originan de las yemas laterales con diferente vigor, que crecen activamente hasta mayo, fecha en que su meristemo terminal muere (Figura 11).

#### E. FLORACION

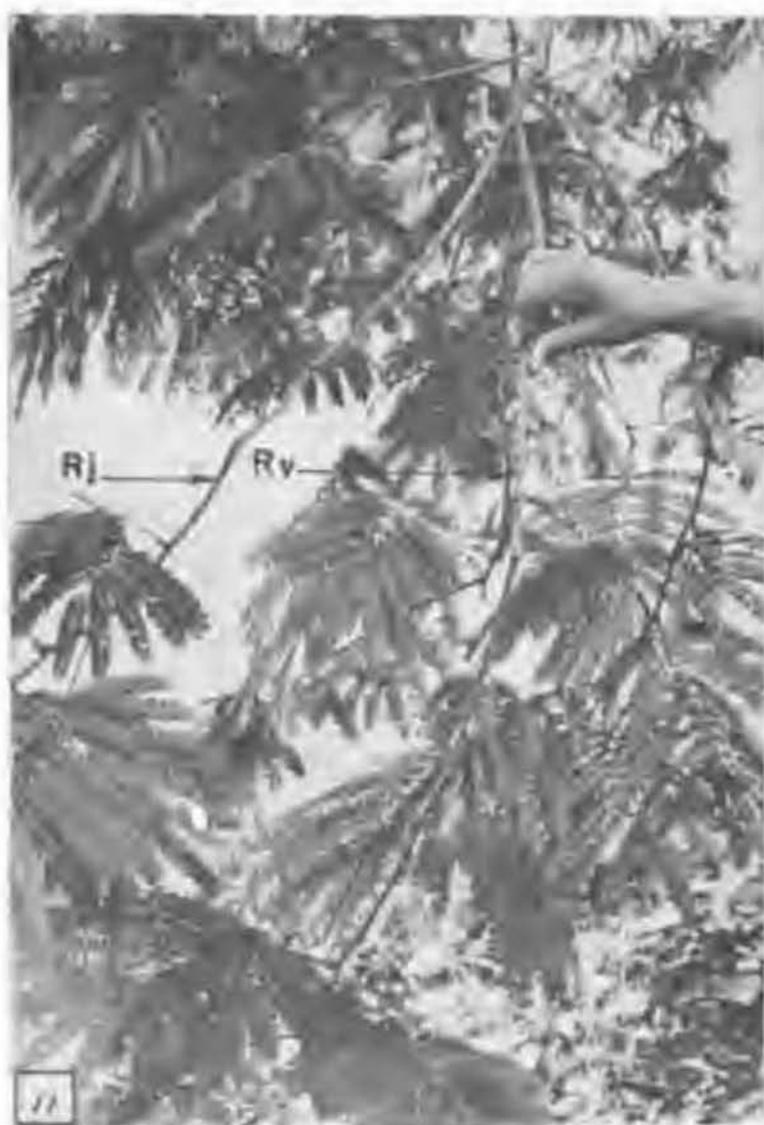
El dendrofenograma de la Figura 12 muestra la época de floración. En "La Guinea", el período de floración en 1985 alcanza valores muy bajos (2,5%) durante los meses de marzo y abril y este fenómeno se vuelve a presentar en febrero de 1986 con un promedio aproximado de 40%. En Jesús María, la floración de 1985 se inicia a finales de enero y da el máximo valor (65%) entre febrero y marzo para finalizar



**Figura 9.**  
 RELACION DE BROTAJURA Y TEMPERATURA EN TRES ZONAS DIFERENTES.

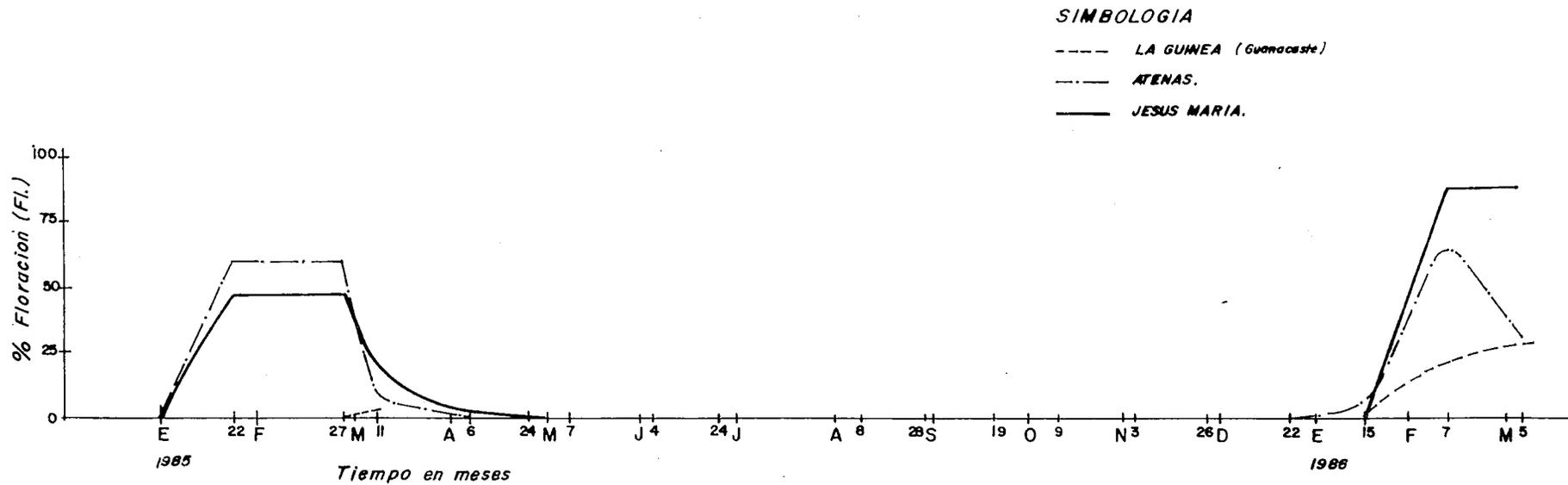


**Figura 10**  
*Relación de cantidad de brotadura y precipitación en tres zonas diferentes.*



**FIGURA II.**

*Crecimiento de las ramas en el ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM, Rj. rama joven, Rv. rama vieja.*



*Figura 12*

**DENDROFENOGRAMA DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM**

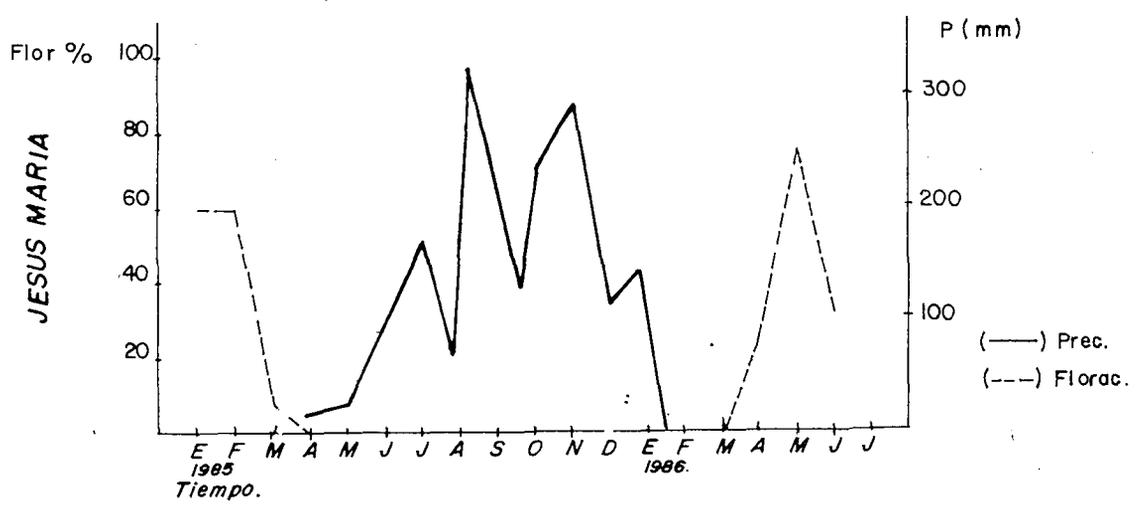
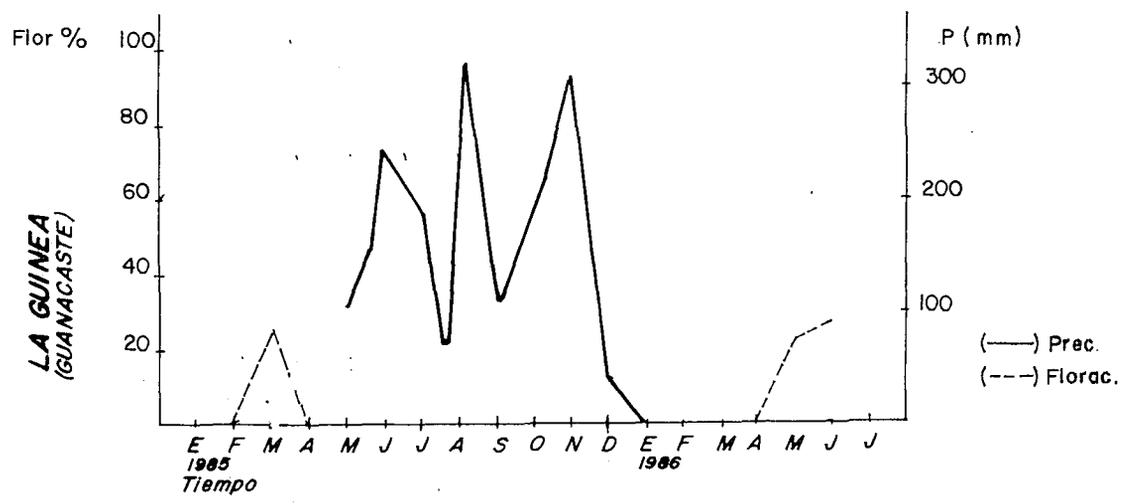
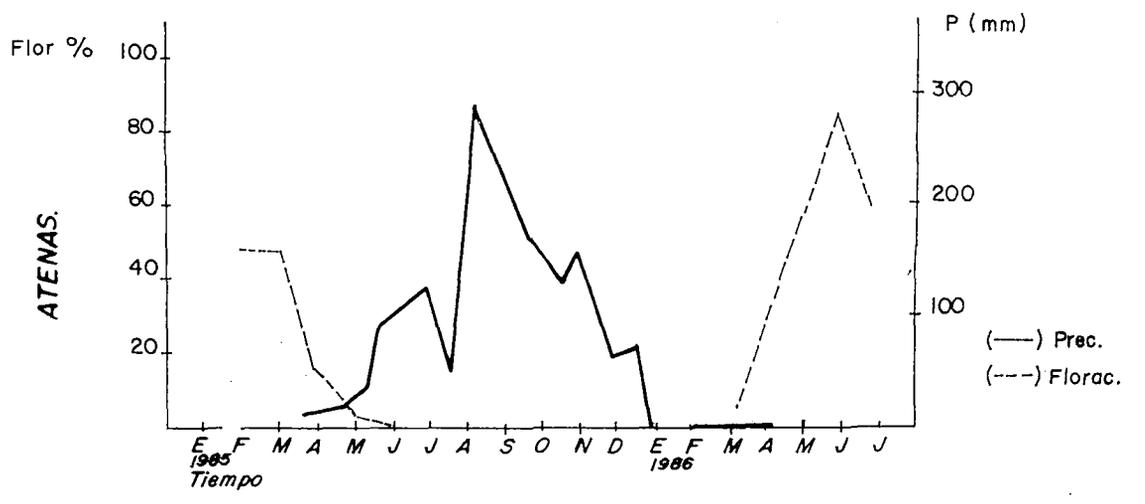
MOSTRANDO LA FLORACION (FI) EN LAS LOCALIDADES DE GUANACASTE, JESUS MARIA y ATENAS.

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.

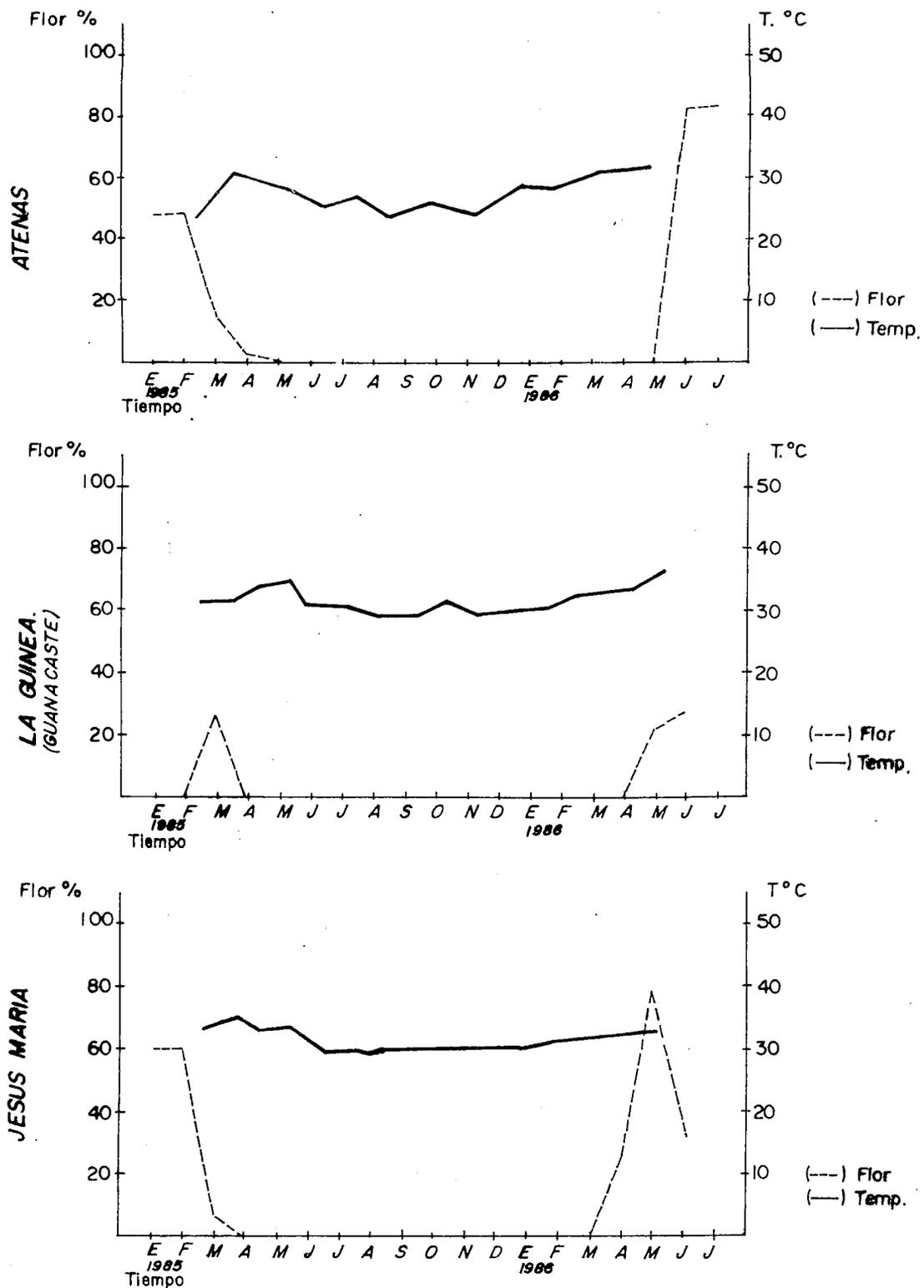
El Cuadro Nº1 muestra los promedios de floración en las tres regiones y los promedios de Jesús María y Río Grande de Atenas no divergen tanto como ocurre con los de "La Guinea". El análisis de varianza (Cuadro Nº2) presenta que hay diferencias altamente significativas entre las zonas observadas, por otra parte la Figura 13 muestra que en la floración 1985 y 1986 en las regiones de Jesús María y Atenas y La Guinea, la floración se inicia antes del período de lluvias; en este año en "La Guinea" se observó un porcentaje menor que en 1986. Por otra parte comparando este proceso con la temperatura (Figura 14) se observa que en Atenas y Jesús María y La Guinea los picos máximos de floración coinciden con las temperaturas máximas mayores.

#### F. CANTIDAD DE FOLLAJE

La Figura 15, 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, en la cantidad de hojas aumenta 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.



**Figura 13**  
*Relación de floración y precipitación en tres zonas diferentes.*



**Figura 14.**

*Relación de la floración y temperatura en tres zonas diferentes*

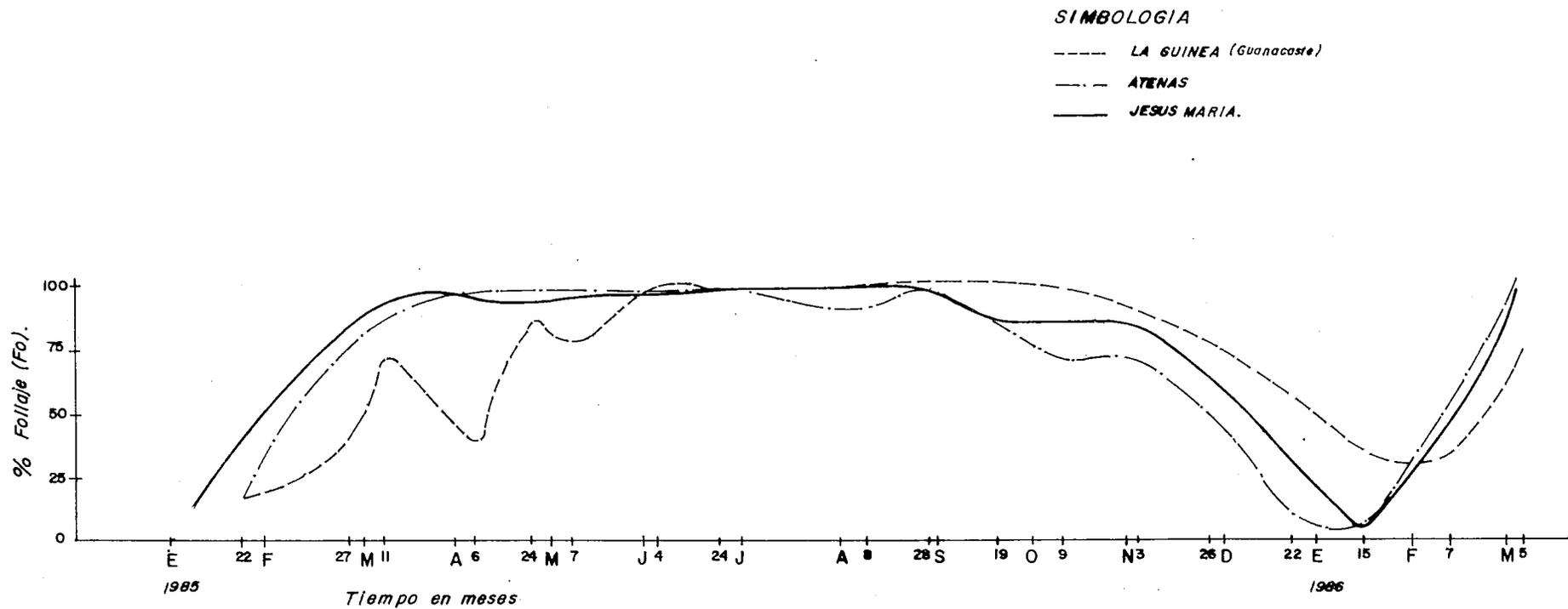


Figura 15

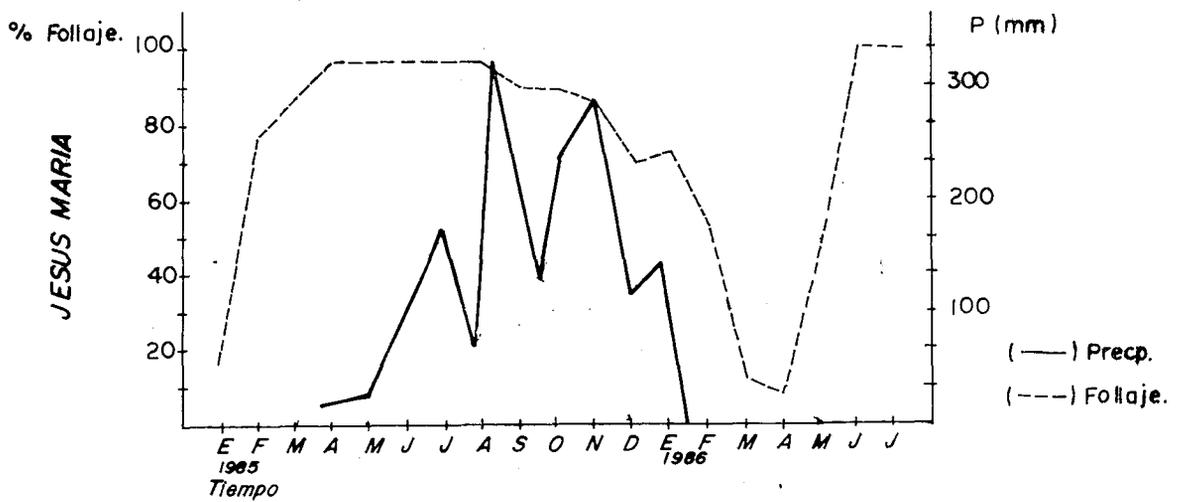
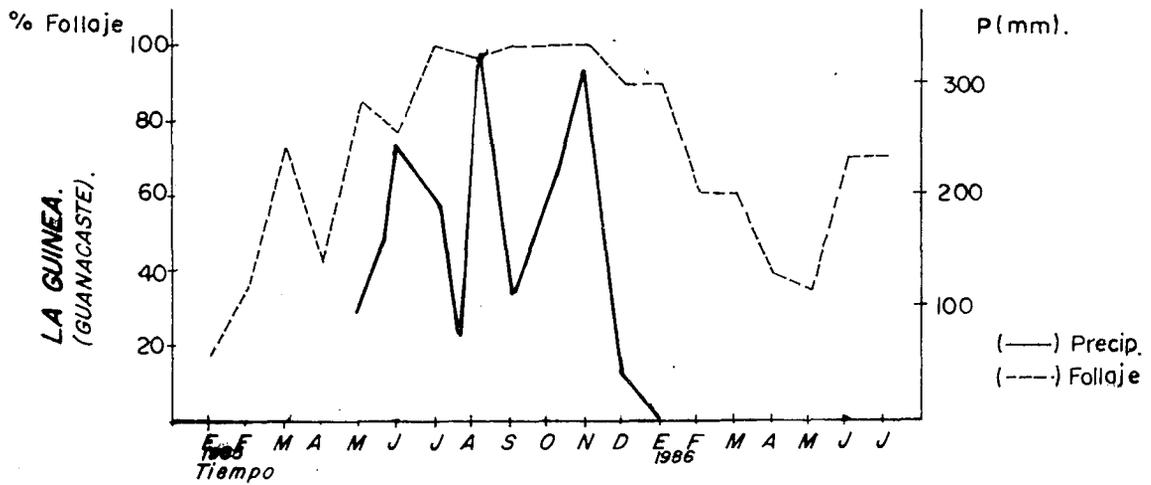
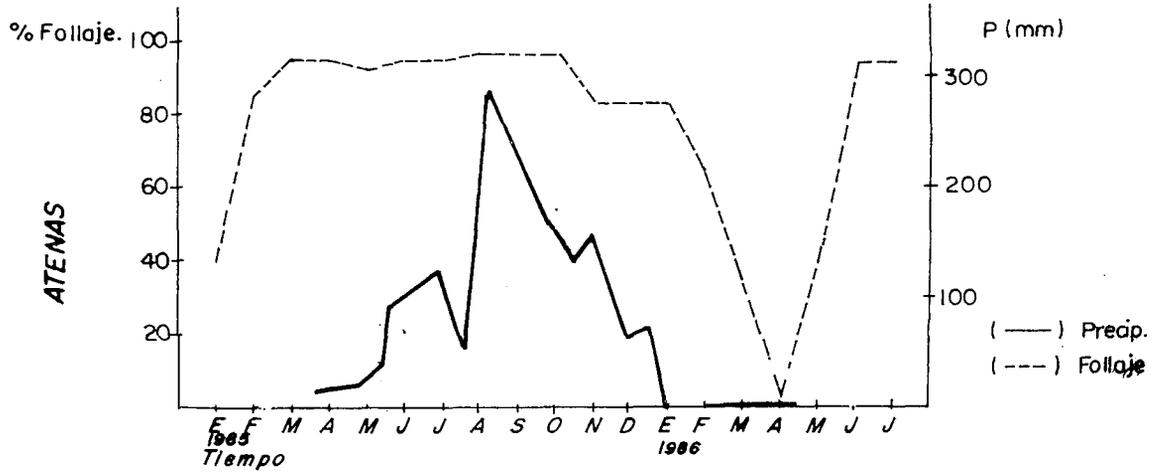
**DENDROFENOGRÁ DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM.**

MOSTRANDO EL FOLLAJE (Fo) EN LAS LOCALIDADES DE GUANACASTE, JESUS MARIA y ATENAS.

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 del follaje comienza a aumentar, y con base en las observaciones de campo se alcanza un 100% a finales de abril y principios de mayo. Por su parte, en la zona de 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-mayo de 1985. El nuevo follaje se mantiene aproximadamente constante hasta setiembre. En el mes julio-agosto sufre una pequeña disminución, pero la situación se normaliza y se mantiene 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 le ocurre 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 N°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 N°2).

La comparación entre cantidad de follaje y precipitación en el tiempo (Figura 16) permite observar que en las tres



**Figura 16**

*Relación de cantidad de follaje y precipitación en tres zonas diferentes.*

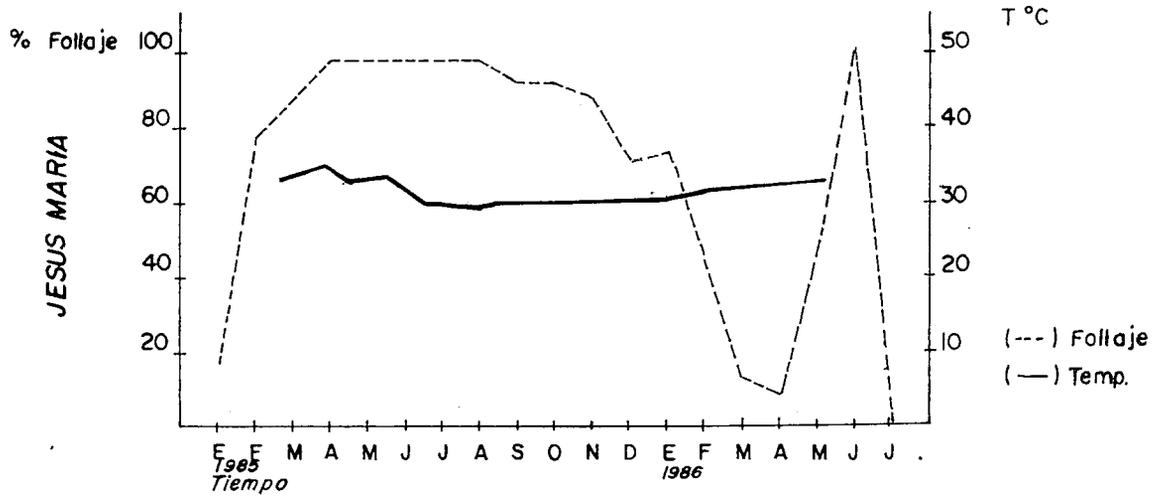
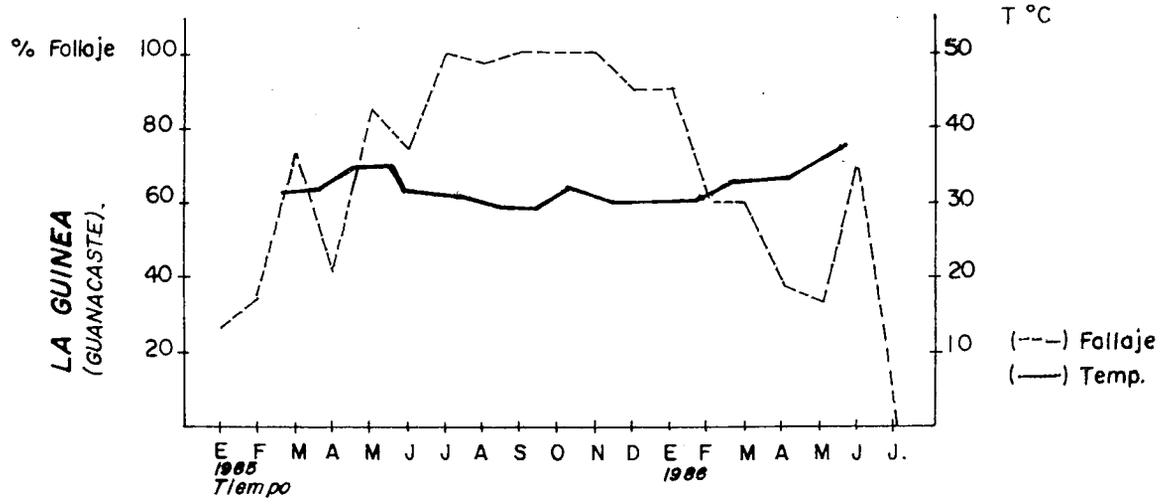
zonas en estudio la cantidad de follaje disminuye la estación seca aunque en algunos individuos hay traslape con el nuevo follaje y, el porcentaje máximo de la cantidad del follaje durante la época lluviosa; sin embargo, si disminuye la precipitación, la cantidad de follaje también se reduce.

También se aprecia que en el Río Grande de Atenas y Jesús María el porcentaje de hojas llega casi a cero antes de que el período de lluvias empiece mientras en La Guinea la disminución de hojas es menor aunque también se da después que acaban las lluvias.

La Figura 17 indica, que en los tres sitios, la cantidad de follaje se mantiene constante y con su nivel más alto cuando la temperatura máxima presenta los promedios menores. También se aprecia que hay una pequeña oscilación de la temperatura entre julio y agosto; después de esto, se inicia un aumento gradual en la temperatura y posteriormente la cantidad de follaje comienza a descender.

#### G. DESCRIPCION DE CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS DE LA HOJA

El Cuadro N°3 muestra los promedios de caracteres foliares cuantitativos según este cuadro La Guinea presenta valores mayores para todos los parámetros medidos menos en el ancho de la hoja; para esta característica los valores máximos se dan en las regiones de Jesús María y Río Grande de Atenas.



**Figura 17**  
*Relación de follaje y temperatura en tres zonas diferentes.*

CUADRO Nº3

PROMEDIOS DE LONGITUD Y ANCHO DE LA HOJA, NUMERO DE PINNAS Y FOLIOLULOS Y DEL AREA DE LOS FOLIOLULOS DE E. CYCLOCARPUM (JACQ) GRISEB EN TRES LOCALIDADES DE COSTA RICA

	LOCALIDADES		
	La Guinea	Jesús María	Atenas
Longitud	18,8 cm	16,5 cm	15,4 cm
Número de pinnas	21,6 cm	22,4 cm	22,9 cm
Número de foliolulos	33,0	31,0	32,0
Area del foliolulo	1,33 cm <sup>2</sup>	0,24 cm <sup>2</sup>	0,21 cm <sup>2</sup>

#### H. PARAMETROS AMBIENTALES Y FISIOLÓGICOS

Las relaciones entre los parámetros temperatura y precipitación vs carácter fenológico se ha descrito en los párrafos anteriores; pero el Cuadro N<sup>o</sup>4 se presentan los promedios de estos parámetros para las tres regiones. En el Cuadro número 5 se muestra que en la región de La Guinea se da un mayor promedio en cuanto a temperatura, precipitación, humedad del suelo, ramas y hojas se refiere comparándolos con los presentados en las otras regiones. También se presenta en el Cuadro N<sup>o</sup>5 que en el Río Grande es donde el promedio de precipitación es mayor; mientras que los otros parámetros son muy semejantes a los presentados por Jesús María.

#### I. DESCRIPCIÓN DE LAS CORRELACIONES

El Cuadro N<sup>o</sup>5 presenta las correlaciones simples entre las características fenológicas y algunos parámetros ambientales, considerando las tres regiones como una sola población, debido a que el número de observaciones (N) es bajo.

Con base en los cálculos, la caída de follaje presenta una correlación positiva con el factor temperatura máxima mientras que hay una interacción negativa con los parámetros precipitación y humedad del suelo.

En el mismo cuadro, la actividad de fructificación presenta una relación directamente proporcional con el parámetro temperatura máxima, pero con los factores precipitación y humedad del suelo su interacción es inversamente proporcional. Para la brotación y la floración se repite exactamente lo mismo que en los casos anteriores. Por su parte la cantidad de follaje, presenta una correlación negativa

CUADRO N°4

PROMEDIOS DE TEMPERATURA MÁXIMA, PRECIPITACION, HUMEDAD RELATIVA,  
 HUMEDAD DEL SUELO, HUMEDAD DE RAMAS Y HUMEDAD DE HOJAS  
 DE ENERO 1985 A JULIO, 1986 EN TRES SITIOS DE ESTUDIO

Unidades	La Guinea	Jesús María	Atenas
°C Temperatura máxima	34,69	30,80	29,13
mm Precipitación	83,5	79,53	97,15
% Humedad relativa	71,76	80,64	72,86
% Humedad del suelo	39,13	32,72	30,79
% Humedad de ramas	75,49	64,88	67,71
% Humedad de hojas	72,76	60,78	61,84

con respecto a la temperatura máxima y se manifiesta una correlación positiva con respecto a la precipitación y humedad del suelo.

Los Cuadro Nº5, Nº6, Nº7 y Nº8 presentan las correlaciones simples entre los mismos caracteres fenológicos y ambientales pero en este caso se analizaron las observaciones para cada población por separado. En los tres cuadros se aprecia una tendencia de correlación que concuerda con las observaciones del Cuadro Nº5 (con mayor número de observaciones) y lo que varía es el nivel de significancia porque el tamaño de la muestra es un tercio de la utilizada para los cálculos en el Cuadro Nº5.

CUADRO Nº5

CORRELACIONES SIMPLES ENTRE CARACTERES FENOLOGICOS DE E. CYCLOCARPUM Y AMBIENTALES  
PARA TRES REGIONES DE COSTA RICA

Correlaciones	Temperatura máxima	Precipitación	Humedad de suelo
Caída follaje	0,2665 P: 0,128 (n.s.)	-0,5374 P: 0,001	-0,4333 P: 0,010
Fructificación	0,3235 P: 0,062	-0,5326 P: 0,001	-0,4749 P: 0,005
Brotadura	0,3564 P: 0,039	-0,3148 P: 0,070	-0,4008 P: 0,019
Floración	0,4596 P: 0,006	-0,4098 P: 0,016	-0,4541 P: 0,007
Follaje	-0,3025 P: 0,082	0,5391 P: 0,001	0,4499 P: 0,008

P = Probabilidad de error. Se consideran significativas las correlaciones con un nivel de probabilidad igual o menor a 0,10.

CUADRO Nº6

CORRELACIONES SIMPLES ENTRE CARACTERES FENOLOGICOS DE E. CYCLOCARPUM Y AMBIENTALES  
EN LA GUINEA (GUANACASTE)

Correlaciones	Temperatura máxima	Precipitación	Humedad de suelo
Caída follaje	0,5770 P:0,104 (n.s.)	-0,7743 P:0,014	-0,8354 P:0,005
Fructificación	0,5335 P:0,139 (n.s.)	-0,8053 P:0,009	-0,7394 P:0,023
Brotadura	0,8222 P:0,007	0,2408 P:0,532 (n.s.)	0,5742 P:0,106 (n.s.)
Floración	0,7536 P:0,019	-0,4854 P:0,185 (n.s.)	0,6494 P:0,058
Follaje	-0,5770 P:0,104 (n.s.)	0,7743 P:0,014	0,8354 P:0,005

P = Probabilidad de error. Se consideran significativas las correlaciones con un nivel de probabilidad igual o menor a 0,10.

CUADRO Nº7

CORRELACIONES SIMPLES ENTRE CARACTERES FENOLOGICOS DE E. CYCLOCARPUM Y AMBIENTALES  
EN LA REGION DE JESUS MARIA

Correlaciones	Temperatura máxima	Precipitación	Humedad de suelo
Caída follaje	0,0441 P: 0,886 (n.s.)	-0,3340 P: 0,265 (n.s)	-0,3769 P: 0,204 (n.s)
Fructificación	0,3078 P: 0,306 (n.s.)	-0,4829 P: 0,095	-0,51032 P: 0,080
Brotadura	0,6045 P: 0,029	-0,4474 P: 0,125	-0,5385 P: 0,058
Floración	0,5419 P: 0,056	-0,4952 P: 0,085	-0,6403 P: 0,018
Follaje	-0,1254 P: 0,683 (n.s.)	0,3926 P: 0,185 (n.s.)	0,4720 P: 0,103

P = Probabilidad de error. Se consideran significativas las correlaciones con un nivel de probabilidad igual o menor a 0,10.

CUADRO Nº8

CORRELACIONES SIMPLES ENTRE CARACTERES FENOLOGICOS DE E. CYCLOCARPUM Y AMBIENTALES  
EN LA REGION DE ATENAS

Correlaciones	Temperatura máxima	Precipitación	Humedad de suelo
Caída follaje	0,4079 P:0,188 (n.s.)	-0,5592 P:0,059	-0,3695 P:0,237 (n.s.)
Fructificación	0,6240 P:0,030	-0,4944 P:0,102	-0,4463 P:0,146 (n.s.)
Brotadura	0,8399 P:0,001	-0,3627 P:0,247 (n.s.)	-0,3998 P:0,198 (n.s.)
Floración	0,8478 P:0,006	-0,3692 P:0,238 (n.s.)	-0,4101 P:0,185 (n.s.)
Follaje	-0,4079 P:0,188 (n.s.)	0,5592 P:0,059	0,3695 P:0,237 (n.s.)

P = Probabilidad de error. Se consideran significativas las correlaciones con un nivel de probabilidad igual o menor a 0,10.

#### IV. DISCUSION

El crecimiento y desarrollo de las plantas en zonas con climas estacionales, están sincronizados con elementos meteorológicos. En consecuencia, el inicio y la duración de las diferentes fases anuales de crecimiento de la planta pueden ser distintas de un año a otro. Diversos estudios han mostrado que las características fenológicas proporcionan una información ecológica importante, acerca del tiempo en que una especie produce hojas, flores y frutos, o pierde su follaje y la dependencia de estos procesos con los fenómenos meteorológicos y fisiológicos (Borchert, 1980; Larcher, 1977).

Al evaluar la caída del follaje en los dos períodos observados, se detecta entre las regiones variabilidad; 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 de follaje se repite en los procesos de: desarrollo y maduración de frutos, brotación de nuevas yemas vegetativas y en 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 que en la región de La Guinea las fases fenológicas se inicien más tarde que en las otras regiones. Es característico que fue en la región de La Guinea donde se presentaron condiciones climatológicas diferentes a las de los otros sitios en estudio. Así en esta región el período de lluvias se inició más tardíamente y fue más corto y además es aquí donde se presentaron las temperaturas más altas. Estas diferencias en las condiciones climatológicas pudo haber provocado en la especie una gran variabilidad genética durante su evolución, desarrollando aptitudes diferentes que le permitiera

adaptarse en forma eficiente a las diferentes condiciones ambientales. Lo anterior fundamenta el que en el gradiente altitudinal se presente un desfase fenológico entre las zonas que presentan mayores diferencias climatológicas.

A la caída de follaje se le encontró una correlación positiva con la temperatura máxima y negativa con la precipitación y la humedad en el suelo, esto concuerda con lo encontrado por Gómez (1984) para Tabebuia rosea lo cual indica que las fases fenológicas son una reacción de los seres vivos a la acción conjunta de los elementos meteorológicos.

La característica de la especie de ser caducifolio durante la época seca refuerza lo planteado 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 su inicio en los meses de setiembre-octubre, en forma lenta, antes de que finalizará el período de lluvias y que la caída se aceleró conforme estas disminuían. A partir del mes de octubre de 1985 la temperatura empieza a aumentar gradualmente, lo cual coincide con el momento en que se inició la caída del follaje, lo anterior se fortalece con las correlaciones encontradas entre la caída del follaje y los elementos temperatura y precipitación. Este planteamiento refuerza lo propuesto por Borchert (1980) y Reich y Borchert (1982) de que las fases fenológicas están sincronizadas con cambios climáticos y que los diferentes elementos meteorológicos en conjunto estimulan controles endógenos que son los responsables del crecimiento.

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 por su tamaño 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 estos alcanzan su madurez fisiológica cambian su color y se inicia su abscisión un año después de la fertilización. Por esta razón durante el tiempo de observación, se observó traslape entre las cosechas de 1984-1985 y las de 1985-1986.

Es importante hacer notar que los frutos maduran y caen durante una época crítica en alimento para muchos animales, lo que favorece que los frutos sean comidos y que estos organismos actúen como dispersores de las semillas; dicha estrategia concuerda con lo planteado por Janzen (1967) de que la posibilidad de florecer y fructificar durante la época seca es un medio para favorecer una mejor polinización y dispersión de frutos y semillas.

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 en Gliricidia sepium otra especie caducifolia. Esta aptitud de la especie en su brotación, concuerda con lo planteado por Sobrado (1979), que propone 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) y Fournier y Herrera (1980) 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 de esta forma adaptarse mejor a un conjunto de elementos climatológicos muy marcados.

La floración de esta especie es un evento consecutivo a la brotación ya que 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 Halle, 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. Aun así las tres poblaciones responden al conjunto de elementos meteorológicos en una forma similar ya que en las fases fenológicas analizadas tienen una correlación negativa con la precipitación y la humedad del suelo, mientras que con la temperatura se da una relación directamente proporcional. Lo anterior reafirma que las fases fenológicas se ven afectadas por el conjunto y no por elementos individuales.

En esta especie fue característico que los árboles se cubrieron de follaje antes de que se iniciará o se estabilizarán 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

el período de lluvias se estabiliza, el árbol presenta un sistema foliar bien desarrollado. Hasta aquí se ha realizado un esfuerzo energético, para tener un desarrollo vegetativo máximo para cuando las condiciones ambientales 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 y poder competir 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 forma que al empezar la época seca ha perdido casi completamente su follaje, reduciendo 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 ha disminuido al máximo la capacidad de producción; además el nuevo follaje se desarrolla para cuando los elementos climatológicos sean favorables a la síntesis, deteniéndose todo crecimiento en el árbol y encausando 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 otras especies, con alta eficiencia.

## CONCLUSIONES

Del estudio realizado se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Los elementos climatológicos como precipitación y temperatura pueden incidir directamente o indirectamente en iniciar o controlar los procesos endógenos que producen las fases fenológicas de la especie.

- E. cyclocarpum presenta una amplia variabilidad fenotípica en su morfología foliar, lo que le permite adaptarse mejor a las presiones ambientales de cada región.

- Existe un desfase fenológico entre la población de La Guinea y las poblaciones de Jesús María y Río Grande. Lo anterior es una respuesta genética de la especie, que le ha permitido desarrollar diferentes controles, para responder en forma óptima a los cambios estacionales a que esté sometida.

## LITERATURA CITADA

- Borchert, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees. Erythrina poepigiana. O.F. Cook. Ecology, 61, 1065-1074.
- Bressani, R., Joaquín, L. Elías, J.E. Braham. 1976. Análisis químico de la harina de almendra de Guanacaste (Enterolobium cyclocarpum), y su evaluación biológica en ratas y pollos. Turrialba, 16: 330-334.
- Calix, R. 1970. Dendrología y anatomía de 37 especies arbóreas en Honduras. Tesis Magister Scientiae. IICA-OEA, Turrialba. 150 p.
- Camacho, P. 1981. Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica y Ministerio de Agricultura y Ganadería, 287 pág. (Mimeografiado).
- Cannel, M. 1976. Crop physiological aspects of coffee bean yield. Kenia Cotte. 41: 245-253.
- Daubenmire, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in northeastern Costa Rica. Ecol, 60: 147-170.
- Espejel, I & Martínez, E, 1979. El Guanacaste, México Instituto Nacional sobre Recursos Bióticos, INFREB Informa. Comunicado N°33 3 p.
- Fournier, L.A. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el Roble de Sabana (Tabebuia pentaphyla) (L) Hemsl. Rev. Biol. Trop. 15: 259-267.

- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas de árboles. Turrialba, 24: 422-423.
- \_\_\_\_\_, 1976. Observaciones en el bosque húmedo Premontano de San Pedro de Montes de Oca; Costa Rica. Turrialba, 26: 54-59.
- \_\_\_\_\_, 1976. El dendrogenograma: Una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba, 26: 96-97.
- \_\_\_\_\_, 1983. Recursos Naturales. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 216 p.
- \_\_\_\_\_, & Claudia Charpantier. 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.
- \_\_\_\_\_, & María E. Herrera. 1977. La sucesión ecológica como un método eficaz para la recuperación del bosque en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 1: 23-29.
- \_\_\_\_\_, & María E. Herrera. 1985. Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb, una especie de importancia agroforestal (En proceso).
- \_\_\_\_\_, & María E. Herrera 1986. Fenología y ecofisiología de Gliricidia sepium (Jacq) Esteud, "Madero Negro" en Ciudad Colón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop, 34: 283-288.

- Fournier, L.A. & S. Salas. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque húmedo de Villa Colón. Rev. de Biol. Trop. 14: 75-85.
- Frankie, G. K.; H. G. Baker & P. A. Opler 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. San José, Costa Rica. Organization for Tropical Studies, s.f. 102 p. (mimeografiado).
- Giles, E. 1982. Estructura y clima en la pluviselva. Evolución en los trópicos. Publicaciones selectas del Smithsonian Tropical Research Institute. Ed. Universitaria Panamá, 292 pág.
- Gómez, P. 1984. Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de Tabebuia rosea (Bertol) D.C. en el Valle Central de Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae San Pedro de Montes de Oca, Universidad de Costa Rica. ssp.
- González, R. 1980. Plantaciones forestales a nivel experimental en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 4: 99-109.
- Gopal, N. 1975. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian Conditions II. Changes in water content, growth rate, respiration and carbohydrate metabolism of flower buds during bud enlargement and anthesis. Turrialba, 25: 29-36.
- Hallé F., R.A.A. Oldemar, & P.B. Tomlinson. 1978. Tropical Trees and Forests. Springer Verlag, New York. 441 p.
- Holdridge, L. R. 1964. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 124 p.

- Hodridge, L.R. & L.S. Poveda. 1975. Arboles de Costa Rica. Vol. 1 Palmas otras nomocotiledoneas arboreas y árboles con hojas compuestas o lobuladas. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 546 p.
- Hutchinson, J. 1969. Evolution and phylogeny of flowering plants. Dicotyledons: Facts and Theory. Academic Press, London. 516 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 1985. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Volumen 11 Ed. Alhambra. Mexicana. S. 17. México. 421 p.
- Janzen, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season of Central America. *Evolution*, 21: 620-637.
- \_\_\_\_\_ with 174 contributors. 1982. Costa Rica Natural History University of Chicago. Chicago and London. 798 p.
- \_\_\_\_\_ 1983. Removal of seeds horse dung by tropical rodents: Influence of habitat and amount of dung. *Ecology*, 63: 1887-1900.
- Laboratorio de Producción Forestal, 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.
- Larcher, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Ed. Omega S.A., Barcelona 305 p.

- Mc. Michael, B.L. & R.D. Powel 1973. Abscission proceses in cotton induction by plant water deficit. *Agronomy Journal*, 65: 202-204.
- Miembro, A. 1983. Caracterización morfológica y anatómica de semillas forestales Universidad Autónoma Chapingo. México. Dep. de Bosques.
- National Academy of sciences, 1979. Tropical Legumes: Resources for the future. Washington D.C.
- Opler, P.A. Frankie, G.W. & H.G. Baker. 1976. Rainfall as a factor of the release, Timing and synchronization of anthesis y tropical and shrubs. *J. Biogeography*, 3: 231-236.
- Pennington, T.D. & J. Surukhan. 1968. Arboles tropicales de México. México D.F. Instituto de Investigaciones Forestales y la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. 413 p.p.
- Peralta, R. 1978. Selección de árboles semilleros en el Cantón de Mora. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Informe de práctica de especialidad, Cartago. 44 p.
- Reich, P. & R Borchet. 1982. Phenology and exophysiology of the tropical tree, Tabebuia reochrysantha (Bignoniaceae). *Ecology*, 63: 294-299
- \_\_\_\_\_ 1984. Water stress and Tree Phenology in a Tropical dry forest in the Lowlandas of Costa Rica. *Ecology*, 72: 61-74.
- Sáenz, S.A. & L.A. Fournier. 1982. Enterolobium cyclocarpum, un nuevo hospedero para Revenalia lagerheiniana Diet. *Turrialba*, 32:333-335.

- Standley, P.C., 1937. Flora of Costa Rica. Part II Field Museum of Natural History, Chicago Botanical series: 401-780.
- \_\_\_\_\_ & Steyermark. 1949. Flora of Guatemala Chicago Natural History Museum Fieldiana. Bot. 24. Part V.
- Sobrado, M. & G. Cuenca. 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.
- Tallak, E. & W. Muller. 1981. Phenology of the Drought-Deciduous Shrub Lotus Scoparius: Climatic controls and adaptive significance ecological Monographs, 51: 323-341.
- Vásquez C. & B. Pérez. 1977. Notas sobre la morfología, la anatomía de la testa y la fisiología de las semillas de Enterolobium cyclocarpum. Turrialba, 27: 427-430.