

Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de *Tabebuia rosea* ("Roble de Sabana") en Costa Rica (Bignoniaceae)

Patricia Gómez Figueroa¹ y Luis A. Fournier O²

¹ Control de Calidad, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

² Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

(Rec. 14-X-1994. Rev. 1-XII-1994. Ac. 1-III-1995)

Abstract: Leaf flushing, leaf fall, flowering and fruiting were observed during a period of three years in a population of 32 trees of *Tabebuia rosea* in San Pedro de Montes de Oca (1200 masl) and Santa Ana (909 masl). These four phenological characteristics showed a strong periodicity. Leaf fall is more pronounced during dry season, favored by high temperatures and drought. Shoot growth is more emphasized during the wet season and is related to high temperatures. A positive correlation was determined between shoot growth, rain fall and high temperatures, but in the case of leaf fall and the rain fall the correlation was negative. The flowering season needs a high thermal oscillation and a dry period. Similarly, fruiting occurs during the dry season and lasts more than flowering.

Key words: phenological characteristics, shoot growth, leaf fall, *Tabebuia rosea*, rain fall.

La importancia científica y tecnológica del conocimiento fenológico en plantas tropicales, ha sido considerada por varios autores (Fournier 1969, 1974, 1976, 1986, Daubemire 1972, Frankie et al., 1976, Borchert 1980, Reich y Borchert 1982 y Newstrom y Frankie, 1994).

Una cabal comprensión de las relaciones entre la planta y su medio, sólo se logra mediante un buen conocimiento de las características genéticas, fisiológicas y estructurales del organismo y su ambiente (Wang 1981). Así, por ejemplo, en el caso de las condiciones ambientales: luz, temperatura, precipitación, humedad, vientos y gases que rodean al individuo, unidas a las características físicas, químicas, geológicas, topográficas y biológicas del suelo, determinarán el curso del desarrollo vegetativo y reproductivo en plantas (Kramer y Kozlowski 1960, Kozlowski 1971, Larcher 1977, Sutcliffe, 1977, Fournier y Herrera de Fournier 1983 y 1986).

Para mejorar el conocimiento de la relación entre los factores endógenos y exógenos que determinan las características fenológicas de los árboles tropicales, sistemas muy complejos y de larga vida, así como para prever las épocas de reproducción de los árboles, sus ciclos de crecimiento vegetativo y sus respuestas a las condiciones climáticas y edáficas de una zona, se realizó la presente investigación en dos poblaciones de *Tabebuia rosea* del Valle Central de Costa Rica.

MATERIAL Y METODOS

Se escogió una muestra de 32 árboles adultos de *T. rosea*, conocido localmente como "roble de sabana" (Fournier, Salas y Jiménez 1973), distribuidos en 20 individuos para la localidad de San Pedro de Montes de Oca, situada a una altura de 1200 msnm, en un suelo de origen volcánico del orden inceptisol, Typic

Dystrandep. Esta localidad tiene una precipitación promedio anual de unos 2000 mm y una temperatura media de 20.5°C. Los otros 12 individuos estaban localizados en la región de Santa Ana, situada a una altura de 909 msnm, sus suelos son de origen coluvio-aluvial, del orden vertisol, Typic Pellustert; conocidos como "sonzocuites" o arcillas negras tropicales. Este lugar tiene una precipitación promedio anual de 1670 mm y una temperatura media de 23.5°C.

Los individuos de la especie se encontraban distribuidos en varios sitios del área y fueron escogidos según el orden de aparición. El estudio comprendió de julio de 1980 a julio de 1983 para los árboles en San Pedro de Montes de Oca y de mayo de 1982 a julio de 1983 para los de Santa Ana.

La información meteorológica (temperaturas máximas, medias, mínimas y la precipitación), se obtuvo de las estaciones de Sabanilla de Montes de Oca y de Santa Ana. Entre estos datos y los fenológicos se calcularon correlaciones simples.

De cada una de las poblaciones se tomaron al azar cinco árboles a los cuales se les analizó mensualmente, por espacio de un año, el contenido de humedad del tallo y las hojas, colectadas en la rama más baja del árbol. Dicho material fresco, una vez colectado, se pesó para obtener una muestra de 30 g y luego ésta se secó en estufa a 70°C hasta peso constante para conseguir el porcentaje de humedad.

Además, a esos mismos árboles se les calculó el contenido de humedad del suelo en dos lugares a 1 m de la base del árbol y en el borde de la copa. Las muestras se tomaron a las siguientes profundidades: a 20 cm en la época lluviosa y a 30 cm en época de sequía. Del suelo, en las diferentes profundidades y sitios se colectaron 50 g de peso fresco y seguidamente se secó en estufa a 105 °C hasta peso constante obteniendo así, el porcentaje de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSION

El fenómeno de brotación para *T. rosea*, en San Pedro de Montes de Oca, muestra variaciones durante el año (Fig. 1). Al disminuir la precipitación en los meses de diciembre-abril (Fig.2), el crecimiento es limitado, pero con la llegada de las lluvias, durante mayo-agosto, se inicia un tiempo de gran actividad en la brota-

dura, alcanzando su pico máximo en el mes de julio (Fig.1). Durante el tiempo de mayor precipitación, octubre-noviembre, la brotación tiene otro pico de crecimiento, aunque mucho menor que el anterior. Esto sugiere que la brotación del roble sabana, en San Pedro de Montes de Oca, se ve favorecida por la precipitación, no en exceso, y las temperaturas altas (Fig.3), tal como se confirma en el cuadro 1. La temperatura mínima no afectó la brotación del árbol.

En Santa Ana la brotación del roble de sabana (Fig. 4) sigue una tendencia similar a la observada en San Pedro de Montes de Oca, con la mayor actividad en la estación lluviosa (Fig. 5). Se observa además otro pico, menor que el anterior, en los meses de setiembre-octubre. El mayor crecimiento vegetativo coincide con las temperaturas y precipitaciones altas del lugar (Figs. 5 y 6), tal y como se comprueba en el cuadro 2. La temperatura mínima, no influye significativamente sobre la característica fenológica apuntada.

El fenómeno de brotación en *T. rosea* se inicia antes en Santa Ana que en San Pedro de Montes de Oca, y alcanza valores mayores y en menor tiempo en la primera localidad, donde precisamente los promedios de precipitación son menores y los de la temperatura promedio mayores (Figs. 1 y 4). Lo anterior concuerda con lo observado por Fournier (1969), que indica que la brotación en el roble de sabana se inicia primero en los sitios de menor altura ya que, hay una aceleración del metabolismo a temperaturas más altas (menor altitud). Así pues, se puede concluir que el crecimiento vegetativo en *T. rosea*, es restringido por la sequía, al igual que en *T. neochrysantha*, según lo observado por Reich y Borchet (1982); y favorecido por los aumentos de temperatura promedio y las precipitaciones, pero no por los excesos de lluvias. Esto podría deberse en parte al lavado de nutrimentos minerales como lo sugieren Fournier y Herrera de Fournier (1983) en café, lo cual influye en la capacidad de brotación.

La caída de follaje, en San Pedro de Montes de Oca, se inicia durante la época de sequía, febrero-mayo (Fig. 1), cuando la precipitación es mínima y la temperatura promedio es máxima (Figs. 2 y 3). Las correlaciones entre la caída del follaje y las temperaturas máxima y media son altamente significativas al igual que la oscilación térmica de éstas (Cuadro 1). Por otra

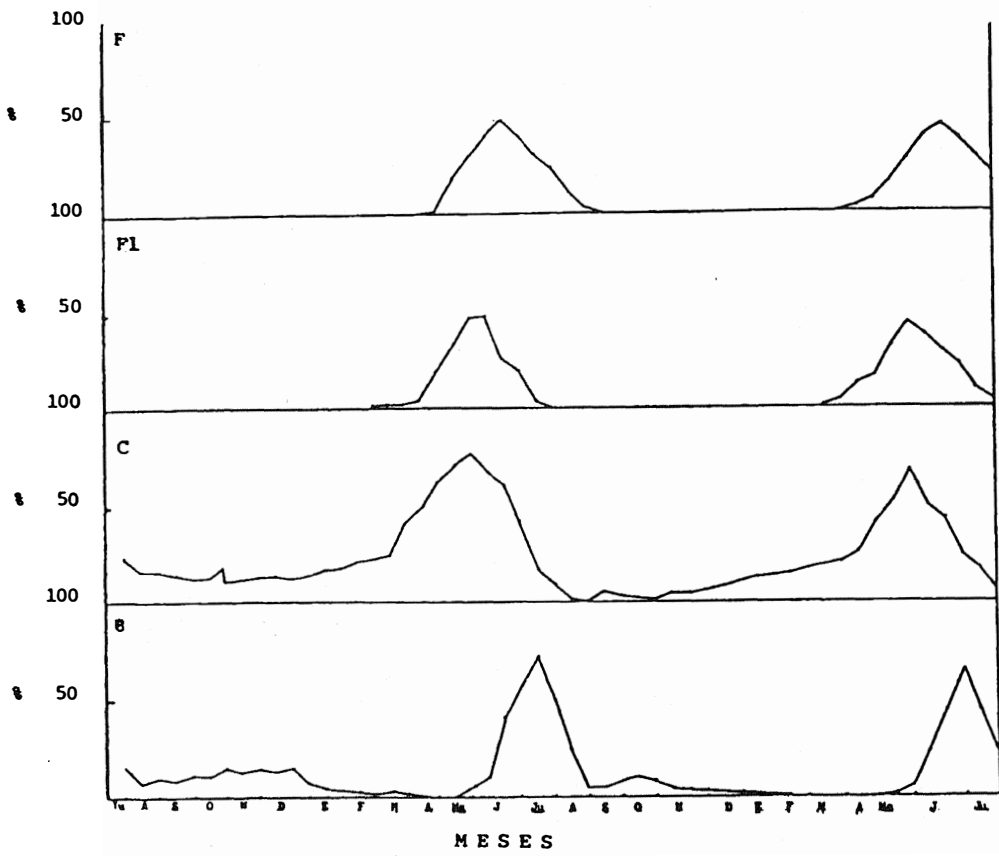


Fig. 1. Distribución de la brotadura (B), caída de follaje (C), floración (FL) y fructificación (F) de *T. rosea*, roble de sabana, de julio de 1981 a julio de 1983, en San Pedro de Montes de Oca.

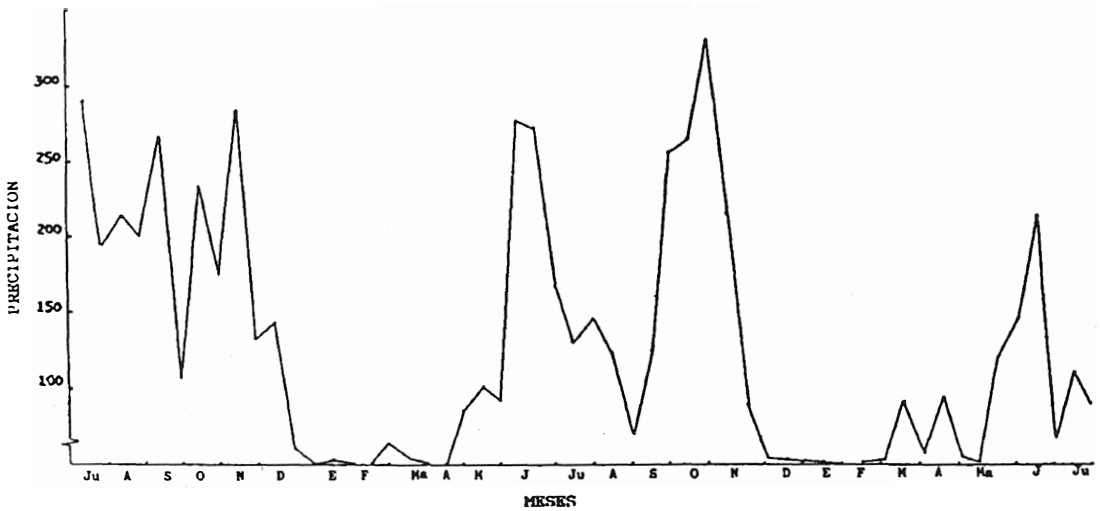


Fig. 2. Distribución de la precipitación promedio quincenal, de julio de 1981 a julio de 1983, en San Pedro de Montes de Oca.

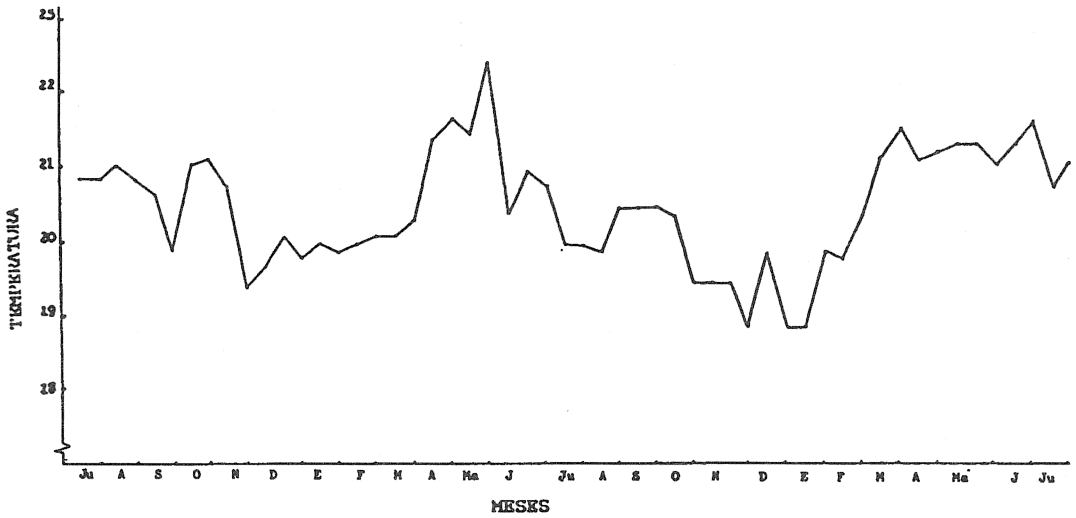


Fig. 3. Distribución de la temperatura promedio quincenal, de julio de 1981 a julio de 1983, en San Pedro de Montes de Oca.

CUADRO 1

Correlaciones simples entre las características fenológicas y los parámetros climáticos de San Pedro de Montes de Oca, para un total de 53 datos

Parámetros climáticos	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima	Oscilación térmica	Precipitación
Características fenológicas					
Brotadura	0.48**	0.40**	0.06 ns	0.32*	0.40**
Caída de follaje	0.66**	0.58**	0.07 ns	0.57*	-0.40**
Floración	0.64**	0.66**	0.20 ns	0.42**	-0.10 ns

** = Altamente significativo

* = Significativo

n.s. No significativo

parte, la precipitación y la caída del follaje se correlacionan negativamente. Según Fournier (1976) y Larcher (1977) la defoliación es una forma de disminuir el área de transpiración en épocas de sequía cuando los niveles hídricos son críticos.

En Santa Ana la caída de follaje para el roble de sabana, (Fig.4), alcanza su máximo durante febrero-abril, durante la época de sequía (Fig. 5). Se observa otro pico durante los meses de setiembre y octubre, cuando la precipitación es por lo general alta, lo cual resulta más evidente para los árboles ubicados en Santa Ana, que para los de San Pedro de Montes de Oca. En Santa Ana existe una correlación positiva, altamente significativa, entre la caída del follaje, la temperatura máxima y media y la oscila-

ción térmica, pero una correlación negativa significativa, entre la caída del follaje y la precipitación (Cuadro 2 y Figs.5 y 6). No existe correlación entre la caída de follaje y la temperatura mínima. Estas observaciones coinciden con los resultados de Borchert (1980) en *Erythrina poeppigiana*, ya que la caída de hojas en esta especie se presenta durante la estación seca y en el mes de octubre como consecuencia de las fuertes lluvias. Además, Reich y Borchert (1982) observaron que la tasa de la caída de hojas en *T. neochrysantha*, durante la estación seca, está correlacionada con el aumento de la tensión del agua del árbol y con la disminución de la humedad del suelo.

La floración de los árboles de San Pedro de Montes de Oca es más acentuada de marzo a

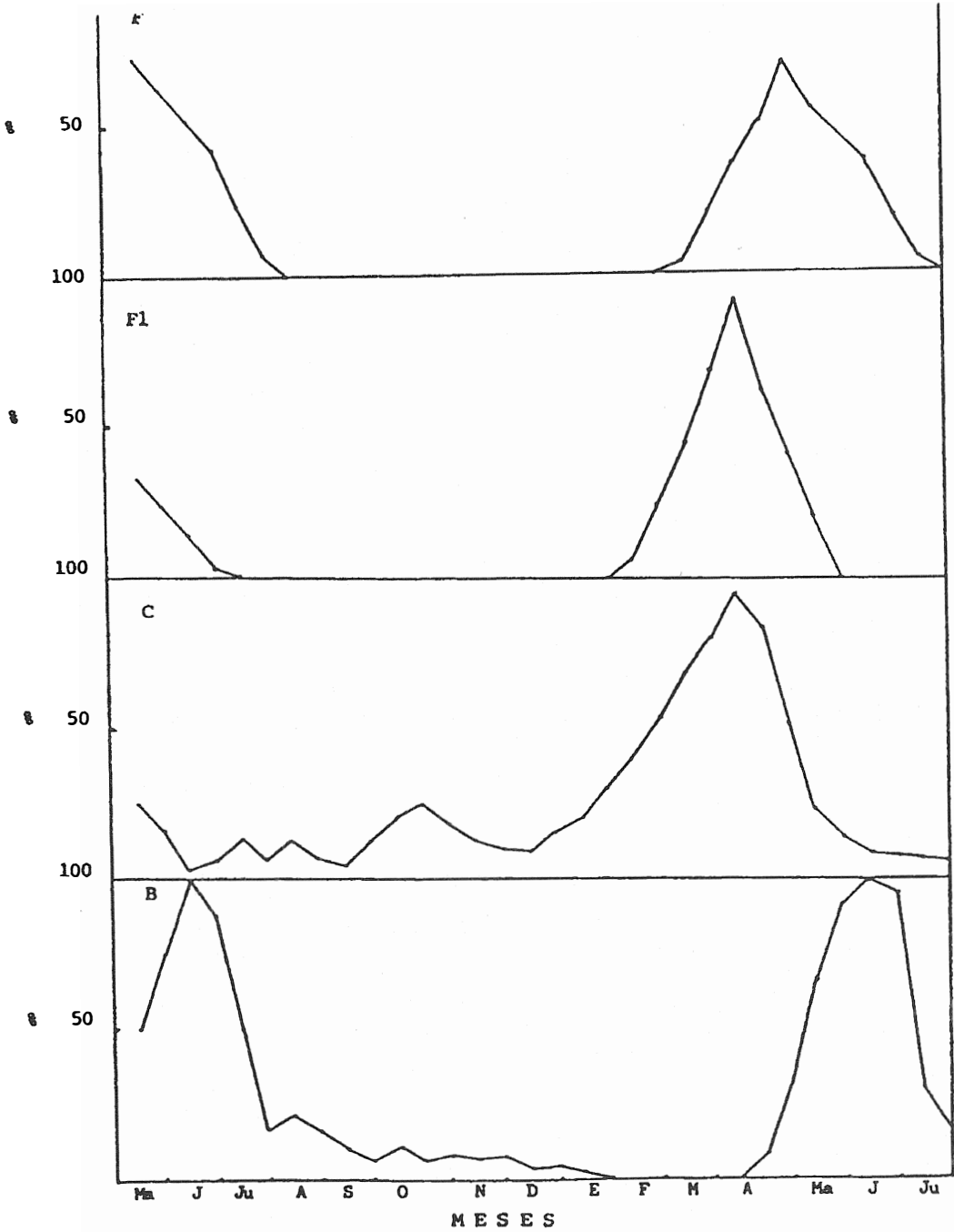


Fig. 4. Distribución de la brotadura (B), caída de follaje (C), floración (F1) y fructificación (F) de *T. rosea*, roble de sabana, de mayo de 1982 a julio de 1983, en Santa Ana.

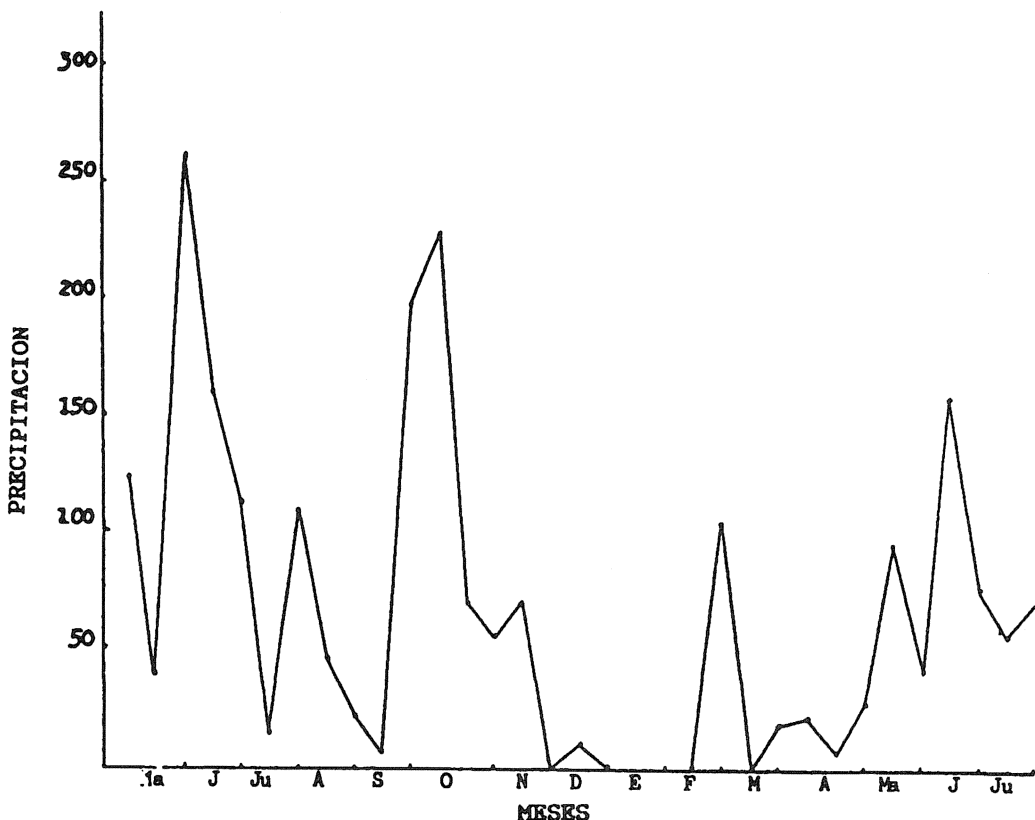


Fig. 5. Distribución de la precipitación promedio quincenal, de mayo de 1982 a julio de 1983, en Santa Ana

julio (Fig. 1). Algunos árboles tienen una pequeña floración en las ramas superiores, entre los meses de octubre y noviembre. Lo mismo fue observado en *Erythrina poeppigiana* por Borchert (1980). Los meses en que se presenta la mayor floración en el roble de sabana tienen una mayor oscilación térmica y esto se manifiesta en una correlación altamente significativa entre la floración, las temperaturas máxima y media y la oscilación térmica y una correlación negativa entre la floración y la precipitación (cuadro 1).

En Santa Ana la floración se presenta durante los meses de febrero-abril (Fig. 4), justamente cuando es mayor la oscilación térmica. La floración se ve favorecida por las altas temperaturas (cuadro 2).

La floración de *T. rosea* se inicia primero en Santa Ana que en San Pedro de Montes de Oca (Figs. 1 y 4). En la primera localidad la altitud es menor, la precipitación alcanza valores me-

nores que las observadas en San Pedro de Montes de Oca (Figs. 2 y 5) y las temperaturas tienen valores más altos (Figs. 3 y 6). Estos factores explican las diferencias en la floración de cada sitio. En Santa Ana las floraciones son más intensas y en su mayoría ocurren cuando el árbol está totalmente desprovisto de follaje, cosa que a veces no sucede con los árboles de San Pedro de Montes de Oca que florecen aun cuando no ha perdido todo el follaje. Las observaciones anteriores ratifican lo observado por Fournier (1969 y 1976) para el roble de sabana. En ambos lugares, algunos árboles de *T. rosea* que crecían con mucha sombra, florecieron muy poco y en algunos casos, en San Pedro de Montes de Oca no florecieron del todo.

La información disponible hasta la fecha parece indicar que en el roble de sabana, como en muchas otras especies forestales de solano, la sombra y la humedad del suelo durante la época de floración son factores locales que afectan

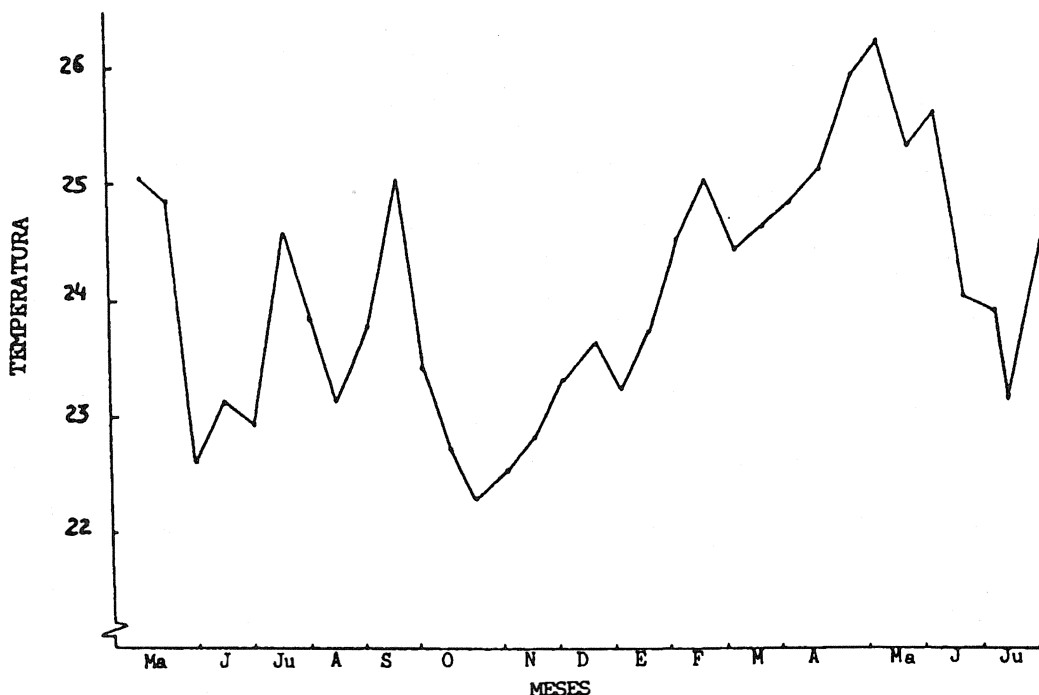


Fig. 6. Distribución de la temperatura promedio quincenal, de mayo de 1982 a julio de 1983, para Santa Ana.

CUADRO 2

Correlaciones simples entre las características fenológicas y los parámetros climáticos de Santa Ana, para un total de 32 datos

Parámetros climáticos	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima	Oscilación térmica	Precipitación
Carac. fenológica					
Brotadura	0.90**	0.36*	0.23 ns	0.30*	0.45**
Caída de follaje	0.57**	0.46**	0.10 ns	0.62**	-0.46**
Floración	0.59**	0.45**	0.17 ns	0.68**	-0.40ns

** = Altamente significativo

* = Significativo

n.s. No significativo

adversamente este proceso fisiológico (Fournier, 1969).

Con base en esta información se puede afirmar que *T. rosea* es una especie de "floración anual", según la reciente clasificación de este fenómeno propuesta por Newstrom y Frankie (1994) y de "gran" explosión, según la clasificación de Gentry (1974) basada en los sistemas de polinización de Bignoniaceae.

La fructificación en ambos lugares está, como es de esperar, íntimamente correlacionada con la floración (Figs. 1 y 4). Sin embargo, este período se prolonga más que el de floración, observación coincidente con lo anotado por Fournier (1976).

Janzen (1967) propone, que la capacidad de florecer y fructificar durante la época seca es un medio para poder competir con el período

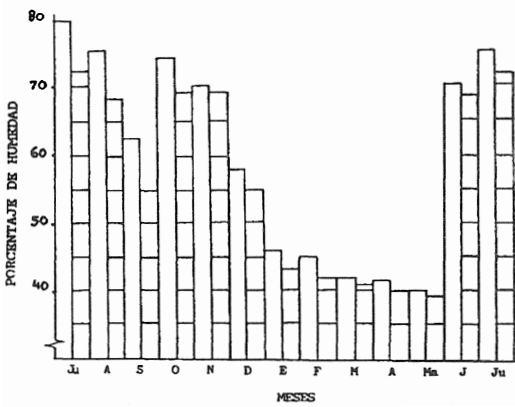


Fig. 7. Promedio del contenido de humedad, mensual, para las hojas (□) y el tallo (▨) de una población de *T. rosea* ubicada en San Pedro de Montes de Oca.

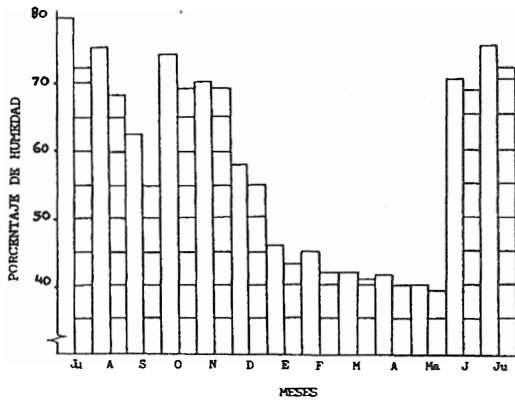


Fig. 8. Promedio del contenido de humedad, mensual, para las hojas (□) y el tallo (▨) de una población de *T. rosea* ubicada en Santa Ana.

de crecimiento vegetativo y utilizar mejor los agentes de dispersión y polinización. Según Fournier (1976), esta alternativa entre la fase reproductiva y vegetativa hace un mejor uso de la energía para el crecimiento vegetativo durante la estación lluviosa.

En ambas localidades, los contenidos de humedad menores para las hojas y el tallo, se presentaron en los primeros meses del año, de enero-mayo en San Pedro de Montes de Oca (Fig. 7) y de enero-abril para Santa Ana (Fig. 8). Durante estos meses, la precipitación disminuye (Figs. 2 y 5), aumenta la temperatura (Figs. 3 y 6), la caída del follaje alcanza valores más altos y la brotación es mínima (Figs. 1 y 4). Thin-

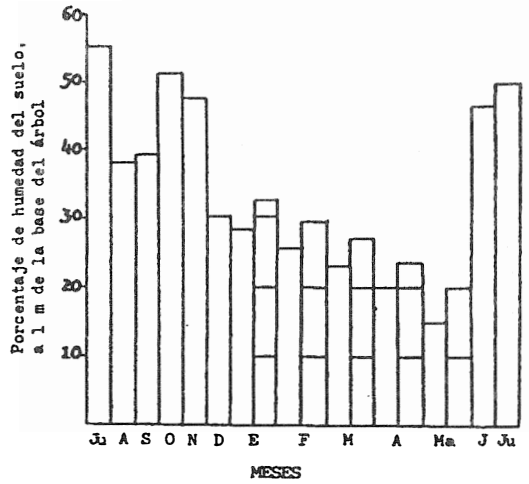


Fig. 9. Promedio mensual del contenido de humedad del suelo, a 1 m. de la base del árbol de *T. rosea*, a dos profundidades: 20 cm. (□) y 30 cm. (▨) en San Pedro de Montes de Oca.

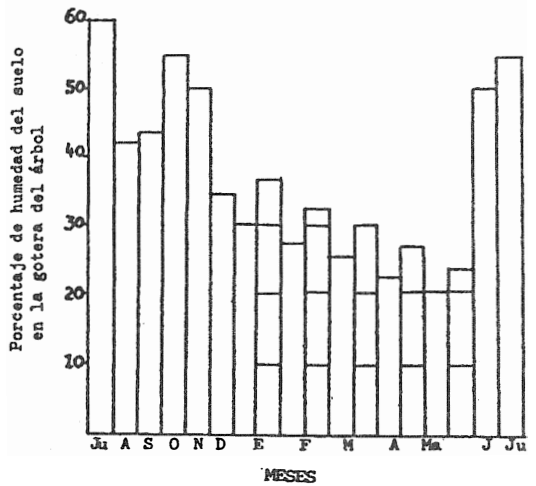


Fig. 10. Promedio mensual del contenido de humedad del suelo, en el borde de la copa del árbol de *T. rosea*, a dos profundidades: 20 cm. (□) y 30 cm. (▨) en San Pedro de Montes de Oca.

mann, *et al.* (1958), Kramer y Kozlowski (1960) y Kozlowski (1964) señalan que el contenido de agua, tanto en las hojas como en las ramas del árbol, decrecen durante el verano provocando la caída de las hojas para reducir la transpiración, como resultado natural de un desbalance de agua durante los períodos de alta transpiración. Los contenidos de humedad mayores, en ambos sitios, se alcanzaron durante

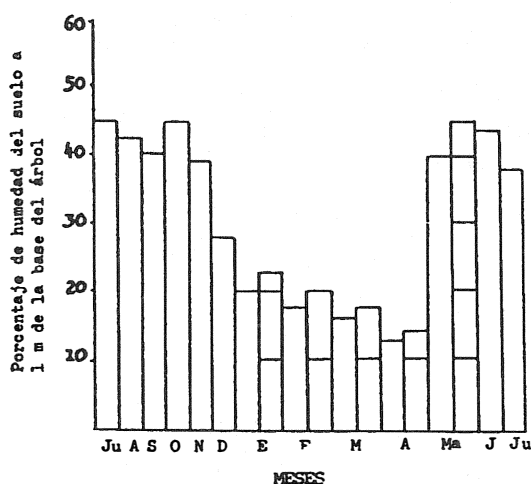


Fig. 11. Promedio mensual del contenido de humedad del suelo a 1 m de la base del árbol de *T. rosea*, a dos profundidades: 20 cm. (□) y 30 cm. (▨) en Santa Ana.

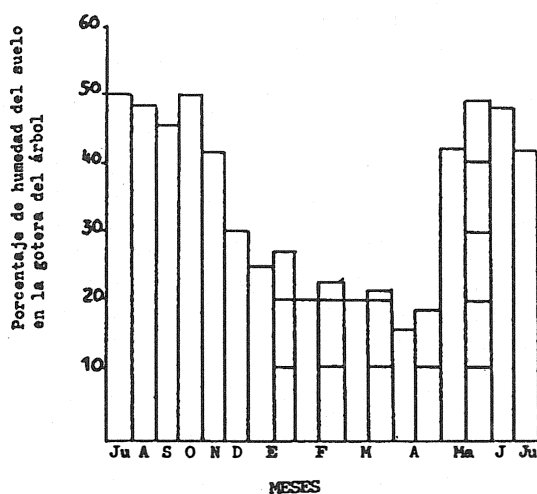


Fig. 12. Promedio mensual del contenido de humedad del suelo, en el borde de la copa del árbol de *T. rosea*, a dos profundidades: 20 cm. (□) y 30 cm. (▨) en Santa Ana.

los meses de junio-julio y octubre-noviembre. En los primeros meses coincide con el aumento de crecimiento vegetativo del roble de sabana (Figs. 1 y 4). Según Kramer y Kozłowski (1960), las regiones de un árbol en crecimiento tienen un alto contenido de agua que disminuye al final de la estación de crecimiento, con el aumento en el contenido de materia seca.

El contenido de humedad siempre es mayor en las hojas que en el tallo (Figs. 7 y 8). Según Kozłowski (1964) y Ackley (1964), los tejidos de las hojas son más suculentos, las vacuolas son más grandes y están compuestas en su mayoría de paredes celulares delgadas con alto contenido de agua. Los tallos están más lignificados y suberificados que las hojas, lo que hace que el contenido de materia seca sea mayor y el contenido de agua menor. El contenido de humedad, en ambos casos, disminuye conforme avanza la edad, aumenta el peso seco y disminuye la humedad del suelo, varía dependiendo del tipo de especie, del sitio, la estación y aun del tiempo del día (Kramer y Kozłowski 1960).

Los contenidos de humedad, en las hojas y tallo del árbol, alcanzan valores más altos en San Pedro de Montes de Oca que en Santa Ana. En el primero sitio, la humedad del suelo tiene valores mayores y la evaporación del suelo es menor, lo cual favorece el contenido de humedad en el vástago vegetativo.

Los mayores contenidos de humedad del suelo, tanto a 1 m de la base del árbol como en el borde de la copa, se alcanzaron en los meses de junio-julio, para San Pedro de Montes de Oca, y mayo-junio en Santa Ana y octubre-noviembre para ambas regiones (Figs. 9, 10 11 y 12). Estos datos coinciden con la mayor precipitación de cada lugar (Figs. 2 y 5), máximo crecimiento vegetativo (Figs. 1 y 4) y contenidos de humedad en el vástago vegetativo mayores (Fig. 7 y 8). Al iniciarse la época seca, el contenido de humedad del suelo disminuye y éste es mayor a una profundidad de 30 cm que a 20 cm. También aumenta la temperatura del lugar (Figs. 3 y 6) y la caída del follaje de *T. rosea* (Figs. 1 y 4). Durante el tiempo de sequía, la falta de agua unida a las altas temperaturas, afectan primero las capas superficiales del suelo debido a la evaporación y a la absorción por la cubierta vegetal (Kramer, 1974). Esto origina un mayor desecamiento a 20 cm de la superficie del suelo que a 30 cm.

En ambos lugares, San Pedro de Montes de Oca y Santa Ana, se observa que los contenidos de humedad del suelo, a 1 m de la base del árbol conservan valores menores que los del borde de la copa. Es probable que en éstos valores influya la humedad que se condensa en forma de rocío por las noches, goteando por los bor-

des de la copa y aumentando los porcentajes de humedad del suelo en éste sitio.

RESUMEN

Se estudió la brotación, la caída del follaje, la floración y la fructificación en una población de 32 árboles de *T. rosea* en dos localidades: San Pedro de Montes de Oca (1200 msnm) y Santa Ana (909 msnm). Todas estas características fenológicas mostraron un comportamiento anual periódico. La caída del follaje es más pronunciada durante los meses de la estación seca, beneficiada por las altas temperaturas y la sequía. El crecimiento vegetativo es mucho mayor durante la época de lluvias, asociado con altas temperaturas. Se determinó una correlación positiva, entre el crecimiento vegetativo, la precipitación y las altas temperaturas; entre la caída del follaje y la precipitación, la correlación fue negativa.

El tiempo de floración necesita de una oscilación térmica alta y de un período de sequía. La fructificación ocurre igualmente en época seca y su período es más prolongado que el de floración.

Los mayores contenidos de humedad de las hojas, tallo y suelo en los árboles de *T. rosea*, en ambos sitios, se dieron cuando la precipitación pluvial y las temperaturas eran altas. Las condiciones anteriores favorecieron el crecimiento vegetativo de la especie, pero también se considera de cierta importancia a este respecto los ritmos internos.

REFERENCIAS

- Ackley, W. 1964. Season and diurnal changes in the water contents and water deficit of *Bartlett* per leaves. *Plant Physiol* 29:445-448
- Borchert, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana*. O.F. Cook. *Ecology* 61:1065-1074
- Daubenmire, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduous forest in North Western Costa Rica. *J. Ecol.* 60: 147-170
- Fournier, L.A. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el roble de sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L) Hemsl. *Rev. Biol. Trop.* 15: 259-267
- Fournier, L.A. 1976. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. *Turrialba* 26:96-97
- Fournier, L.A. 1983. Recursos Naturales. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica 216 p.
- Fournier, L.A. & C. Charpantier. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25:45-48
- Fournier, L.A. & M.E. Herrera. 1983. Una década de observaciones fenológicas en café (*Coffea arabica* L.) en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31:307-310
- Fournier, L.A. & M.E. Herrera. 1986. Fenología y ecofisiología de *Gliricida sepium* (Jacq) Steud, "Madero Negro" en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 34: 283-288
- Fournier, L.A., S. Salas & A. Jiménez. 1973. Nombres vernáculos de la flora arborescente de Costa Rica. Sección de Ecología, Departamento de Biología. Universidad de Costa Rica. 36 p.
- Frankie, G., H. Baker & P. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in lowland of Costa Rica. *J. Ecol.* 62:881-919
- Gentry, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:6468
- Kozlowski, T. 1964. Water metabolism in plants. Harper & Row, Nueva York 227 p.
- Kozlowski, T. 1971. Growth and development of trees. Academic, Nueva York. 443 p.
- Kramer, P. & Kozlowski, T. 1960. Physiology of trees. McGraw-Hill, Nueva York. 642 p.
- Larcher, W. 1977. Ecofisiología Vegetal. Ed. Omega, Barcelona 305 p.
- Moore, T. 1979. Biochemistry and physiology plant hormones. Springer-Verlag, Nueva York 473 p.
- Newstrom, L.E. & Frankie, G.W. 1994. A new classification for plant. Phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical. Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26:141-159
- Reich, P. & Borchert, R. 1982. Phenology and ecophysiology of tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Biognoniaceae). *Ecology* 63:249-299
- Richardson, M. 1975. Translocation in plants. E. Arnold, Londres 59 p.
- Sutcliffe, J. 1977. Plants and temperature. E. Arnold, Londres 57 p.
- Thimann, K., Critchfield, W. & Zimmermann, M. 1958. The physiology of forest trees. Ronald, Nueva York. 678 p.
- Wang, J. 1981. A computerized wheater monitoring unit for from operation. *Interciencia* 6: 254-256.