

## Fenología y ecofisiología del *Quercus oocarpa* (Fagaceae), Cartago, Costa Rica

Tobías Alberto Madrigal Jiménez  
Apartado Postal 1059 - 1011, San José, Costa Rica.

(Rec. 23-I-1995. Rev. 24-VIII-1995. Acep. 28-XI-1995)

**Abstract:** A sample of ten trees of *Quercus oocarpa* Liebm, growing in a natural stand, as studied in La Carpintera protecting zone, Cartago, Costa Rica, from August 1993 to July 1994. Leafing, leaf fall, blooming and fruiting were recorded monthly for each tree. Climate conditions and water content of shoots and soil were also recorded. Leaf growth and development occur mainly during the dry season (February) and leaf fall is more frequent from January to March (beginning and middle dry season). These results suggest that phenological reactions depend on the interaction between decrease in rainfall and the presence of low temperatures in the late afternoon and night. Blooming is more intense during the dry season, with longer periods of daylight. Fruiting occurs mainly at the rainy season (60 to 90 days after the most intense period of blooming).

**Key words:** Phenology, ecology, physiology, *Quercus*, oak, Costa Rica.

La familia Fagaceae cuenta con unas 500 especies agrupadas en ocho géneros: *Carpinus*, *Castanopsis*, *Fagus*, *Castanea*, *Lithocarpus*, *Nothofagus*, *Pasania*, y *Quercus*. Este último está representado en Costa Rica por más de 12 especies comunes en las montañas altas, con excepción del *Quercus oleoides* (Burger 1977, Jiménez & Chaverri 1991).

Las zonas de vida en donde habitan los robles de altura en Costa Rica, son: el bosque húmedo, muy húmedo y pluvial premontano; el bosque húmedo y pluvial montano bajo y el bosque muy húmedo y pluvial montano. Estas áreas son por lo general de topografía bastante accidentada, con suelos superficiales que presentan alta pedregosidad y precipitación muy alta (Hasta 3 000 mm anuales) (Jiménez *et al.* 1988, Jiménez & Chaverri 1991).

El *Quercus oocarpa* se desarrolla entre los 1 200 y 1 900 m (Standley 1934-1937), sin embargo se ha especificado que en Costa Rica, el ámbito oscila de los 1 100 a los 2 300 m; alcanzando una altura de 8 a 30 m (Burger 1977).

Esta especie se extiende en forma natural desde Veracruz, México; pasando por Chiriquí, Panamá; Guatemala y Costa Rica. En este último se encuentra en: Monteverde, Puntarenas; Cordillera de Tilarán y Central; Escazú, San José; Muñeco, Cartago; y por la Cordillera de Talamanca (Standley 1937, Burger 1977).

Debe tenerse presente que la cocción de las flores o amentos masculinos de los robles, se emplea en la medicina popular como antiespasmódico, contra vértigos y la epilepsia. A su vez las bellotas, amén de ser apetecidas por animales como las ardillas, saínos, ratones e insectos; pueden utilizarse para obtener harina, como en el caso de *Quercus emoryi*, la cual se puede usar sola o mezclada con trigo para hacer galletas (Martínez 1951, Jiménez & Chaverri 1991).

A pesar de la gran importancia ecológica y socioeconómica de la especie; así como el ser considerada de gran interés para la investigación, con fines de reforestación en las zonas altas (Rojas *et al.* 1987), debido a la poca experiencia con que se cuenta en el almacenamiento

de semillas de especies nativas; no se encontró en la literatura información sobre este tema, centrándose más bien en el manejo y aprovechamiento de los robles (Jiménez 1982). Con base en estos antecedentes, se llevó a cabo en la zona protectora La Carpintera, la presente investigación tendiente a estudiar aspectos sobre la morfología, fenología y ecofisiología del *Quercus oocarpa*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un robledal puro, que se localiza en la zona protectora "La Carpintera", en el Distrito de San Diego, Cantón de La Unión, Provincia de Cartago, Costa Rica; ubicado a 2,5 km al sur de la ciudad de Tres Ríos (9° 53' 13.70" N, 83° 59' 4.95" E) a una altitud de 1 700 m. Presenta una precipitación media anual de 1 834,5 mm y una temperatura promedio anual de 19,1 C°; así como suelos volcánicos con pendientes de 15% a 60% (Herrera & Gómez 1985, Gómez & Herrera 1986, Anónimo 1988). Dicho lugar, se localiza en la zona de vida: Bosque Húmedo, Premontano, Tropical (Jiménez 1982); o bien, según el Sistema de Unidades Bióticas de Costa Rica, se clasifica como: Templado, Tropical, Subhúmedo- húmedo, con cinco o seis meses secos (Herrera & Gómez 1993).

El estudio se realizó en una parcela de 0,5 ha; en la cual se escogieron diez árboles de *Quercus oocarpa*, seleccionados por orden de aparición. A cada uno se le determinó mensualmente de agosto de 1993 a julio de 1994; la brotadura de hojas, caída de follaje, floración y fructificación; utilizando el método propuesto por Fournier (Fournier 1974, Fournier & Charpantier 1975).

En la determinación de los factores climáticos, se recurrió a las estaciones meteorológicas más representativas de sitio en estudio, que presentaran datos de precipitación, temperatura, radiación solar y brillo solar. Para las horas de oscuridad y penumbra, se utilizó los estudios realizados por el Department of Commerce of the United States of America (Anónimo 1994).

Para el muestreo del perfil del suelo, hasta 0,3 m de profundidad, se marcó en cada uno de los diez árboles, tres puntos ubicados a dos metros de la base de los mismos; considerando el primer punto con un azimut de 180° del eje

central del árbol, el segundo punto a 300° y el tercer punto a 60°; dándose esta ubicación por la influencia de factores orográficos y un claro cercano a los individuos seleccionados.

Para la recolección de muestras de tejido vegetal, se seleccionaron tres árboles al azar de los diez individuos originales. Se marcaron seis ramas (dos en la parte alta, media y baja de la copa), tomando una muestra de tejido en la base y punta de cada una de ellas, con el fin de obtener el contenido de humedad existente en la planta, mediante el promedio de las diferentes mediciones, tomadas a diferentes alturas y posiciones del modelo arquitectural.

En la metodología y el cálculo del contenido de humedad, se utilizó el procedimiento de secado al horno (Anónimo 1984), considerando un volumen de 30 cm<sup>3</sup> para las muestras de suelo y de 10 cm<sup>3</sup> para el tejido vegetal, siendo este último inferior al especificado por las normas de la American Society for Testing and materials (Anónimo 1984). El grado de asociación y las comparaciones estadísticas de los valores fenológicos, contra los contenidos de humedad (suelo y tejido vegetal), y los elementos climáticos; se realizaron a través de correlación simple. Especímenes de referencia se encuentran depositados en el Herbario Nacional (CR), Instituto de Biodiversidad (INBIO) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).

## RESULTADOS

En la estación el Alto de Ochomogo (Fig. 1), hay dos picos de precipitación que ocurren durante junio y octubre. Se destaca la existencia de una época seca, comprendida entre enero y marzo.

Se han encontrado variaciones notables entre las características fenológicas estudiadas (floración, fructificación, brotadura de hojas y caída de follaje) durante el año (Fig. 2, 3, 4). La caída de follaje tiene sus picos máximos durante los meses de enero y marzo, cuando se desarrolla la época seca. Estos picos coinciden con las temperaturas más bajas (Fig. 2); situación que se comprobó, al determinarse una correlación negativa de la caída de follaje con la temperatura mínima ( $r = -0.68$ ,  $P < 0.05$ ) y media ( $r = -0.68$ ,  $P < 0.05$ ).

La brotadura de hojas alcanza valores máximos durante la época seca, presentando otros

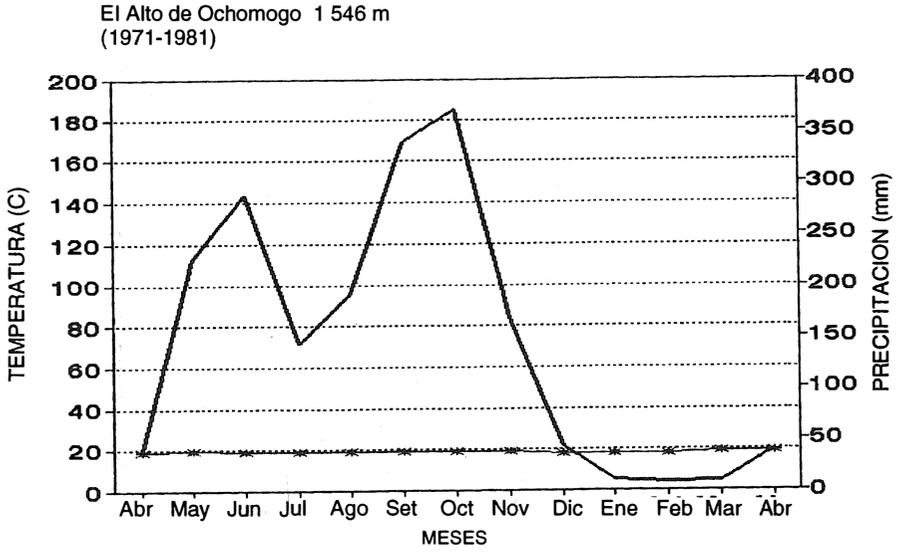


Fig. 1. Climadiagrama de la estación El Alto de Ochomogo, según información suministrada por el Instituto Meteorológico Nacional, agosto 1994, zona protectora "La Carpintera", Cartago, Costa Rica.

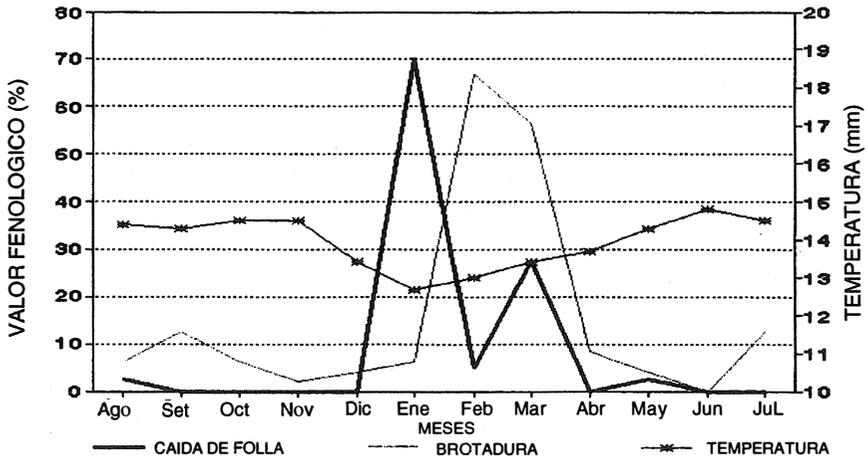


Fig. 2. Curva de brotación de hojas y caída de follaje del *Quercus oocarpa*, de agosto de 1993 a julio de 1994, así como las temperaturas mínimas reportadas por el Instituto Meteorológico Nacional, Zona rotectora "La Carpintera", Cartago, Costa Rica.

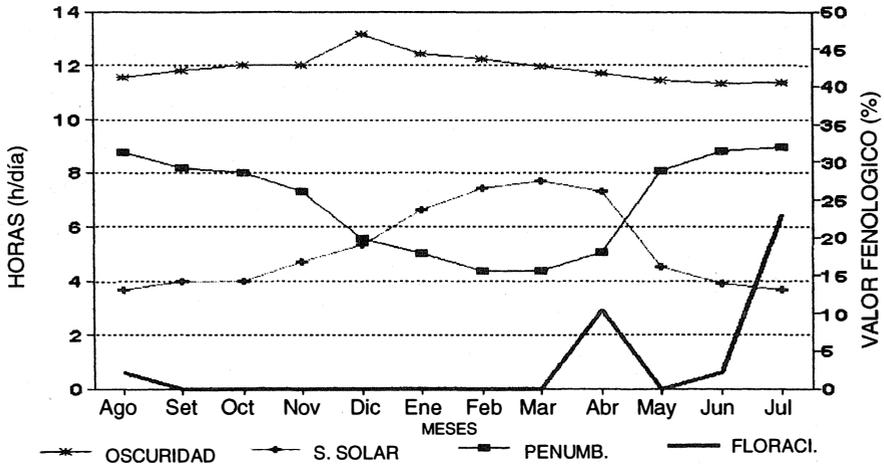


Fig. 3. Curva de floración del *Quercus oocarpa*, de agosto de 1993 a julio de 1994, así como el brillo solar y el número de horas de oscuridad y penumbra, según información suministrada por El Instituto Meteorológico Nacional, zona protectora "La Carpintera", Cartago, Costa Rica.

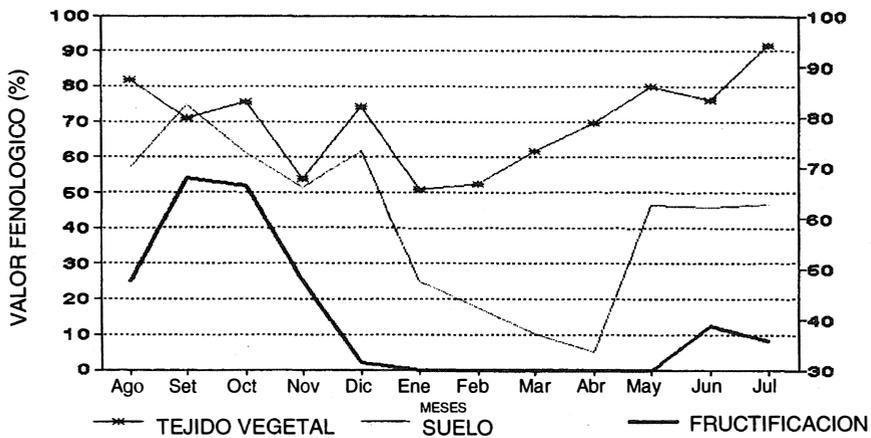


Fig. 4. Curvas de fructificación del *Quercus oocarpa*, así como los contenidos de humedad del suelo y del tejido vegetal, de agosto de 1993a julio de 1994, zona protectora "La Carpintera", Cartago, Costa Rica.

de menor intensidad durante julio y setiembre (Fig. 2). Se estableció una correlación significativa de la brotadura de hojas con la radiación solar ( $r = 0.67, P < 0.05$ ), el brillo solar ( $r = 0.67, P < 0.05$ ) y en forma negativa con la penumbra ( $r = -0.61, P < 0.05$ ).

Tanto la brotadura de hojas como la caída de follaje, tienen sus picos máximos cuando el

contenido de humedad del suelo disminuye y el del tejido vegetal se encuentra en sus porcentajes menores (Fig. 2,3).

La floración presenta dos picos que coinciden con épocas de baja precipitación, durante los meses de abril y julio, así como con bajos contenidos de humedad en el suelo y después de un leve aumento en el contenido de humedad

del tejido vegetal (Figs. 3,4). Esta fenofase se desarrolla durante los meses en que disminuye el número de horas por día de oscuridad, teniendo gran variabilidad con la penumbra y brillo solar; tendiendo a ocurrir antes de un aumento importante en la precipitación (Fig. 1, 3).

La fructificación alcanza sus mayores valores durante los períodos húmedos, encontrándose su pico máximo durante los meses de septiembre y octubre; así como otro pico de menor intensidad durante el mes de junio. Estos valores coinciden con los meses de mayor precipitación y con el período de mayor contenido de humedad en el suelo y el tejido vegetativo (Fig. 1, 4). Dichas relaciones, se comprobaron al obtenerse una correlación altamente significativa de la fenofase de fructificación con la precipitación ( $r = 0.82$ ,  $P < 0.01$ ), el contenido de humedad del suelo ( $r = 0.71$ ,  $P < 0.01$ ), así como una correlación negativa con el brillo solar ( $r = -0.61$ ,  $P < 0.05$ ).

Los valores menores de contenido de humedad del suelo se producen de diciembre a mayo, coincidiendo con el ciclo de menor precipitación; mientras que los mayores contenidos de humedad del suelo y tejido vegetal se producen durante los meses que corresponden al período de más precipitación (Fig. 4).

Se determinó que en promedio, del 20 % de los ápices de los diez árboles en estudio, sufren de hipertrofias necróticas (Agallas). Las mismas se desarrollaron entre los meses de marzo y junio de 1994, llegando a alcanzar un diámetro que oscila entre los 5-10 cm. Estas presentan gran semejanza con las identificadas en *Quercus corrugata* (Suárez & Blanco 1991), pero no tienen agujeros visibles y se desarrollan en todos los niveles del modelo arquitectural.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinó que las fenofases estudiadas, tienden a tener sus máximas expresiones durante la época seca o húmeda. Esta forma de comportamiento de la especie, nos indica la existencia de una estacionalidad, que a sido observada anteriormente por otros autores (Fournier & Salas 1966, Fournier y 1976a, Ortiz & Fournier 1983, Fournier & Herrera 1986, Céspedes 1991).

Otro factor a destacar, es que la brotadura de hojas se produce durante la época seca y la caí-

da de follaje presenta un pico durante la época húmeda, situación que sugiere que además de factores climáticos, orográficos, altitudinales y latitudinales (Fournier & Herrera 1986, Mejía 1990), las fenofases son en última instancia, resultado de ritmos internos de la planta; establecidos genéticamente durante la selección natural del individuo (Fournier & Herrera 1986, Mora 1988); que busca de esta forma adaptarse al ambiente y sus continuas variaciones.

Estos dos factores, inducen a pensar que el crecimiento de los robles puede ser modificado con prácticas culturales, tales como: podas, riego, limpia y abonado; como sucede en *Gliricidia sepium* (Fournier & Herrera 1986). Sin embargo, es conveniente tener presente que los robles debido a su temperamento, en muy pocas ocasiones pueden ser considerados para el establecimiento de plantaciones forestales (Jiménez & Chaverri 1991).

Se estableció que la época de mayor actividad de la brotadura de hojas se produce durante el período seco ( febrero ), situación observada anteriormente en *Enterolobium cyclocarpum* y en diversas especies del bosque pluvial pre-montano de Cataritas de San Ramón (Ortiz & Fournier 1983, Mora 1988); lo que sugiere que el aumento en la precipitación, que se produce periódicamente en el sitio en estudio (Anónimo 1988), tiene gran influencia en el desarrollo de la brotadura de hojas; sin embargo, a pesar que este evento se refleja en un incremento en el contenido de humedad del tejido vegetal, dicha situación no sucede en el contenido de humedad de suelo, posiblemente debido a la influencia de un claro observado cerca del sitio de muestreo.

Es conveniente tener presente, que existen concordancia entre diversas propuestas clasificatorias en cuanto a la mayoría de los pisos altitudinales, excepto en el rango 1 400 a los 2 000 m, donde se pone de manifiesto un comportamiento climático propio de la zona templada (Especialmente la variabilidad y distribución de la precipitación) (Mejía 1990), siendo esta situación la que puede estar provocando aumentos en la precipitación durante los meses de febrero y marzo en la zona protectora La Carpintera.

La caída de follaje se produce de enero a marzo, a principio y mediados del período seco y cuando el contenido de humedad del suelo se encuentra en sus porcentajes menores; sucesos

observado anteriormente para otras especies (Sobrado 1979, Fournier & Herrera 1986, Céspedes 1991). Se encontró además una correlación significativa entre la caída de follaje y las temperaturas mínimas, concordando con lo expuesto por Ortiz (Ortiz & Fournier 1983), en cuanto a que las bajas temperaturas son mucho más importantes para el desarrollo de procesos fisiológicos y fenológicos. Estas relaciones indican que la caída de follaje, es producto de la combinación de un período seco y las bajas temperaturas.

La floración se produce durante los lapsos de menor precipitación (Fournier & Salas 1966, Fournier 1967, Fournier 1976a, Ortiz & Fournier 1983, Fournier & Herrera 1986, Mejía 1990) y cuando el número de horas por día de oscuridad es menor. Debe tenerse presente que algunos autores consideran que la floración está relacionada directamente con el brillo solar, debido a que es un elemento significativo dentro de la radiación solar y a su vez la causa inmediata de las variaciones climáticas tanto en el ciclo diario como anual (Gutiérrez 1990); otros consideran que se produce cuando el período de oscuridad es más corto (Devlim 1980). No existe evidencia de que algún factor fotoperiódico en particular sea el causante de la floración del roble, más bien la combinación de estos, aunado a una estrategia determinada por la misma especie, puede constituir el inicio del proceso de floración, concordando con lo expuesto por Ortiz y Fournier (1983). Debe tenerse presente que al igual que la precipitación limita la duración de la floración, otros factores como la orografía y la latitud tienden a modificar el fotoperíodo que recibe una especie. Esto nos indica que los factores locales intervienen directa o indirectamente en los procesos fenológicos (Fournier 1967).

El período de fructificación, se produce durante las etapas de mayor precipitación durante el año (Leig *et al.* 1990, Céspedes 1991); situación que se comprobó estadísticamente al encontrarse una correlación altamente significativa entre la fenofase de fructificación y la precipitación. Es conveniente resaltar que los resultados de la zona protectora La Carpintera, no concuerdan con los obtenidos en Cataritas de San Ramón (Ortiz & Fournier 1983) y en *Glicidida sepium* (Fournier & Herrera 1986); posiblemente debido a diferencias significativas en cuanto a la distribución de las lluvias, así

como el tipo de bosque en que se realizaron los estudios.

Debe resaltarse que el intervalo entre la floración y la fructificación, varía de 60 a 90 días, presentando un comportamiento bimodal; caracterizado porque las semillas se diseminan al final de una época húmeda (de junio a julio, durante el veranillo de San Juan y de octubre a diciembre). Este tipo de comportamiento de la fructificación, constituye una estrategia de diseminación animal, que fue observada en la isla de Barro Colorado en Panamá (Leig *et al.* 1990).

#### AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi madre y a Haydeé Selva Selva por su apoyo durante la realización de este artículo; a Edgar Ortiz Malavassi, Quirico Jiménez, Julio Calvo Alvarado, Braulio Vilchez e Ileana Portilla por comentarios sobre el manuscrito y a Alejandro Mesa por facilitar el Centro de Investigación e Integración Bosque Industria, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

#### RESUMEN

Se estudio el *Quecus oocarpa* en la zona protectora "La Carpintera", Cartago, Costa Rica, determinándose mensualmente la brotadura de hojas, caída de follaje, floración y fructificación, así como las condiciones climáticas, el contenido de humedad del suelo y del tejido vegetativo de las ramas. La brotadura de hojas se concentra durante el período seco (febrero). La caída de follaje ocurre de enero a marzo (a principios y mediados del período seco). Este proceso ocurre cuando decrece la precipitación y temperaturas. La floración esta asociada a las bajas precipitaciones y menor cantidad de horas de oscuridad. La fructificación se relaciona con la época de mayor precipitación (60 a 90 días después de la floración).

#### REFERENCIAS

- Anónimo. 1984. Standar test methods for moisture content of wood, p. 432 - 446. In A. Priemon. Construction. American Society for Testing Materials Standards, Filadelfia.
- Anónimo. 1988. Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas / Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica. 221 p.
- Anónimo. 1994. Tide Tables 1988-1994 High and Low West Coast of North and South America (Including the Hawaiian Islands). National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington D.C. p. 194-198.

- Burger, W. 1977. Flora Costaricensis: Fagaceae. Field Museum of Natural History, Chicago. p. 74-75.
- Céspedes, R. 1991. Fenología de *Quercus seemanii* Lieb. (Fagaceae) en Cartago, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 39: 243-248.
- Devlim, R. 1980. Fisiología Vegetal. Omega, Barcelona. p.443-459
- Foster, R. 1990. Ciclos estacionales de caída de frutos en la isla de Barro Colorado, p. 219-233. In E. Leigh (ed.). Ecología de un Bosque Tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Presencia, Bogotá.
- Fournier, L. 1967. Estudio preliminar sobre la floración en el "Roble Sabana", *Tabebuia pentaphyla* (L.) Hemsl. Rev. Biol. Trop. 15: 259-267.
- Fournier, L. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba 24: 422-423.
- Fournier, L. 1976a. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo de premontano de San Pedro de Montes de Oca. Turrialba 26: 54-59.
- Fournier, L. y Charpentier, C. 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.
- Fournier, L. y Herrera, M. 1986. Fenología y ecofisiología de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud, "Madero Negro" en Ciudad Colón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 34: 283-288.
- Fournier, L. y Salas, S. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. Rev. Biol. Trop. 14: 75-85.
- Gómez, L. y Herrera, W. 1986. Vegetación de Costa Rica, p. 271 - 273. L. Gómez. In Vegetación y clima de Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Herrera, W. y Gómez, L. 1986. Clima de Costa Rica, p.57 - 62. L. Gómez. In Vegetación y clima de Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. San José.
- Herrera, W. y Gómez, L. 1993. Mapa de Unidades Bióticas de Costa Rica. Instituto Geográfico de Costa Rica / Servicio Geodésico Interamericano, San José, Costa Rica.
- Jiménez, H. 1982. Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 1-18 p.
- Jiménez, W. 1982. Regeneración del roble (*Quercus* sp) en los bosques de altura de Costa Rica. Ciencias Ambientales. 3: 125-127.
- Jiménez, M.; Chaverri, A.; Miranda, R. y Rojas, I. 1988. Aproximaciones silviculturales al manejo de un robledal (*Quercus* sp) en San Gerardo de Dota, Costa Rica. Turrialba 38: 208-214.
- Jiménez, W. y Chaverri, A. 1991. Consideraciones ecológicas y silviculturales acerca de los Robles (*Quercus* sp). Ciencias Ambientales. 7: 49-63.
- Martínez, M. 1951. Los encinos en México y Centroamérica. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma. 22: 350-368.
- Mejía, M. 1990. Fenología: fundamentos y métodos, p. 65-74 In Triviño, T. II Seminario Taller en Semillas Forestales Tropicales. Gente Nueva. Bogotá.
- Mora, B. 1988. Estudio de la fenología de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., en la vertiente del pacífico de Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica, San José.
- Ortiz, R. y Fournier, L. 1983. Comportamiento fenológico de un bosque pluvial de premontano en Cataritas de San Ramón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 31: 69-74.
- Rojas, F.; Torres, G. y Fanático, M. 1987. Especies de Mayor Potencial Forestal en las Zonas Altas de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica / Programa de Investigación en Semillas y Viveros Forestales, Cartago. 9-10 p.
- Sobrado, M. y Cuenca, G. 1979. Aspectos del uso de agua de especies deciduas y siempre verdes en un bosque seco tropical de Venezuela. Acta Científica Venezolana. 30: 302-308.
- Standley, P. 1937. Flora of Costa Rica. Field Museum of Natural History, Chicago. 374-375 p.
- Suárez, E. y Blanco, V. 1991. Agallas del tallo de *Quercus corrugata* (Fagaceae) y sus insectos asociados. Rev. Biol. Trop. 39: 307-308.