

Artículo de investigación

FENOLOGÍA DEL PALO CRUZ (*Brownea rosa-de-monte* Bergius) EN UN BOSQUE SECO DE BOLIVAR, CAUCA

Phenology of Palo Cruz (*Brownea rosa-de-monte* Bergius) in a dry forest of Bolivar-Cauca

Palabras clave: bosque seco, Cauca, Fabaceae, fenofase, floración, fructificación.

Key words: dry forest, Cauca, Fabaceae, phenophase, flowering, fructification.

Daniel Alejandro Gómez-Mosquera¹

Diego Jesús Macías-Pinto²

RESUMEN

En un relicto de bosque ubicado a lo largo de la quebrada Salinas, vereda La Carbonera, municipio de Bolívar-Cauca y empleando el método de transecto para el seguimiento fenológico, se marcaron seis árboles en estado reproductivo, se observaron durante un año y se obtuvieron datos semi-cuantitativos que permitieron determinar la fenología reproductiva de la especie *Brownea-rosa-de-monte* conocida como “Palo cruz”. Esta especie presenta dos ciclos anuales en los que se producen las cuatro fases fenológicas estudiadas (foliación, botón de la inflorescencia, floración y fructificación). El análisis entre intensidad de las diferentes fases fenológicas y las variables climatológicas, evidencia una relación inversa entre el surgimiento de las fenofases de floración y fructificación, con la temperatura y humedad relativa y entre la cantidad de inflorescencias con la precipitación. El periodo reproductivo de la especie es por lo tanto asincrónico y está influenciado por las variables climatológicas.

ABSTRACT

The reproductive phenology of *Brownea-rosa-de-monte*, known as “Palo cruz” was determined applying a transect method for phenological mo-

nitoring. Six trees in a relict forest located along Salinas Creek, in the village of La Carbonera, municipality of Bolivar, Cauca were monitored. The species has two annual cycles including four phenological stages (foliation, button inflorescence, flowering and fruiting). Analysis of the intensities of different phenological stages and climatic variables suggests an inverse relationship between the timing of flowering and fruiting and temperature and relative humidity. An inverse relationship also exists between the numbers of inflorescences and rainfall. Reproduction in this species is therefore asynchronous and strongly influenced by climatic variables

INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical es considerado entre los tres ecosistemas más degradados, fragmentados y especialmente menos conocidos (Brown & Lugo, 1990; Clark & Clark, 1994; Condit & Foster, 1996; Finegan, 1996). Se estima que la cobertura original de 80 000 km² de bosques secos a subhúmedos de Colombia solo se conserva cerca del 1.5% (Etter, 1993). Miles *et al.* (2006), afirman que un 97% del bosque seco tropical se encuentra en peligro de destrucción y a pesar de sus altos niveles de endemismo y diversidad florística está mal pro-

¹ Grupo de Estudios Sobre Diversidad vegetal-Sachawaira, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. alejo19-87@hotmail.com

² Grupo de Estudios Sobre Diversidad vegetal-Sachawaira, Departamento de Biología, Universidad del Cauca. Calle 5 No. 4-70, Popayán, Colombia. diegomaciaspinto@gmail.com. Autor para correspondencia.

tegido (Pennington *et al.*, 2006) o peor aún no se contempla en los esfuerzos de conservación, a lo cual Colombia no es ajena (SIAC, 2002; Arango *et al.*, 2003; Prance, 2006; Ruiz & Fandiño, 2007).

Los datos sobre la variación en los ciclos biológicos de especies forestales son importantes para el conocimiento de la dinámica de las comunidades vegetales y para obtener beneficios de ellas ya sea de madera u otros productos, así como para generar estrategias de conservación que garanticen su sobrevivencia, el repoblamiento de ecosistemas y la protección de la flora (Orozco & Gómez, 2006). En este sentido, los estudios fenológicos trascienden tanto para el entendimiento de la biología de poblaciones y dinámica de los ecosistemas tropicales, haciendo énfasis en los patrones de crecimiento temporal y reproducción en plantas, como de procesos evolutivos y diversidad en diferentes regiones (Rathcke & Lacey, 1985; Van Schaik *et al.*, 1993; Newstrom & Frankie, 1994).

El seguimiento de la fenología permite identificar los fenómenos de floración, fructificación, germinación y dispersión de semillas, así como el estado vegetativo y brote de yemas. Al mismo tiempo, genera información sobre las variaciones que ocurren en las plantas para entender las respuestas de estas frente a las condiciones climáticas y la dinámica de las comunidades vegetales. De igual forma estos estudios un mejor aprovechamiento de la recolección de semillas y material vegetativo para su propagación importantes en la silvicultura (Bello, 1988).

En particular, en el departamento del Cauca sólo se conocen los estudios de Ospina (2009) y Pérez (2011) sobre fenología de la flora arbórea, que muestren el comportamiento de especies bajo condiciones ambientales *in situ* y garantizan la evaluación real del comportamiento de las mismas como lo sugieren Güarigüata & Kattan (2002). La especie *Brownea rosa-de-monte* es conocida localmente como “Palo cruz” debido a la configuración que toman los haces vasculares en el corte transversal del tallo y por sus flores caulinares. Esta especie arbórea potencialmente importante en procesos de restauración de ecosistemas del bosque seco tropical es registrada para

el departamento del Cauca y en el área de estudio por primera vez en este trabajo a pesar del intenso esfuerzo de colecta realizado previamente por diferentes investigadores en el territorio del Valle del Patía. Es importante anotar que esta región es una de las catorce ecoregiones del CEAN (Complejo *Ecoregional* de los Andes del Norte) y cuenta con 269 900 has, con 29.2% de vegetación remanente y 0.0% en área protegida (WWF, 2001).

Con el objetivo de contribuir con el conocimiento biológico de palo cruz se estudió la fenología reproductiva en seis individuos de la especie con respecto a las variables climatológicas reportadas durante el año estudiado (abril 2009-abril 2010) generando un calendario fenológico en el que se detalla la frecuencia y duración de cada fenofase.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en la vereda La Carbonera del municipio de Bolívar - Cauca (Figura 1), ubicada en la zona de vida bosque seco tropical (bs-T), según Holdridge (1978). En la vereda la cobertura vegetal es escasa, caracterizada por manchas de bosque secundario a lo largo de las quebradas. El grupo étnico predominante es la comunidad afrocolombiana, cuya principal actividad económica es la agricultura destacándose el cultivo de maíz, café y caña de azúcar (DANE, 2005). Entre las amenazas ambientales observadas en el área, se presentan la erosión, deforestación, quemadas, contaminación de aguas y suelos y desaparición o reducción de caudal hídrico en las quebradas.

SEGUIMIENTO DE LAS FENOFASES

En un transecto de 2 km a lo largo de la quebrada Salinas se reconoció la población de *B. rosa-de-monte* en estado reproductivo, se colectó y depositó un ejemplar testigo en el Herbario CAUP bajo numeración D. Macias 5833. Siguiendo a Fournier & Charpentier (1975) se seleccionaron seis individuos de la especie con distancias mínimas de 50 m entre ellos. Cada individuo fue marcado, georeferenciado y se le tomaron datos de altura, DAP

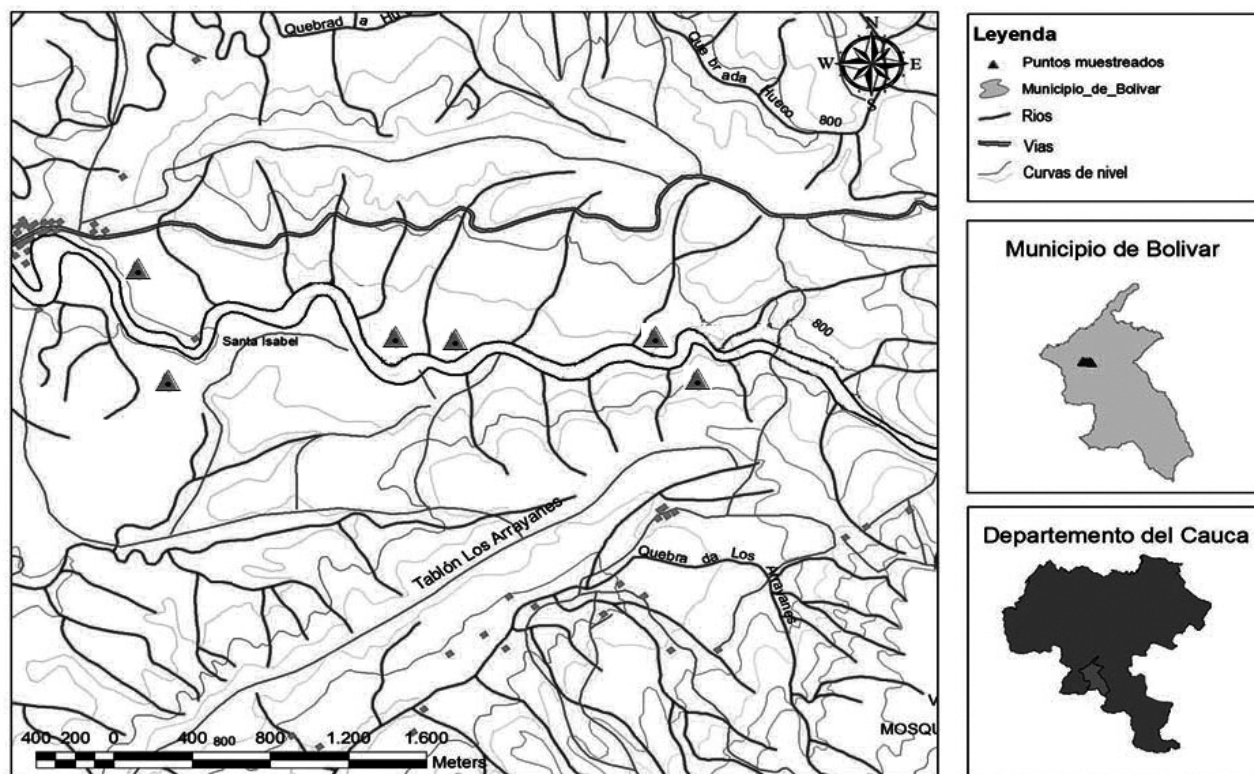


Figura 1. Área de estudio con la ubicación de los árboles estudiados (indicados por triángulos) sobre un tramo de la quebrada Salinas, vereda La Carbonera, Municipio de Bolívar - Cauca.

y área basal. Teniendo en cuenta que un año de evaluación se considera el periodo mínimo recomendable para determinar frecuencia y regularidad de las fenofases (Newstrom & Frankie, 1994), entonces se hicieron observaciones cada 15 días durante el periodo comprendido entre abril 2009 y abril 2010, siguiendo las recomendaciones de Gentry (1974). Fournier (1974) En cada evaluación se registró la intensidad de cada fenofase según Fournier (1974) como se detalla a continuación:

Foliación

Durante esta fenofase se registró la ocurrencia de ramilletes de nuevo follaje- (r nf), o conjunto de hojas péndulas que surgen en los extremos de ramas jóvenes y la caída de hojas, lo que permitió establecer 5 etapas con sus respectivos rangos para registro en campo así: Reposo (0 r nf), Etapa 1 (1 - 3), Etapa 2 (4 - 6), Etapa 3 (7 - 9), Etapa 4 (10 - 13). La clasificación del tipo de árbol siguió la clasificación de Puentes *et al.* (1993), en caducifolios, semi-caducifolios y perennifolios.

Floración

Por el carácter caulifloro de la especie se hicieron seguimientos detallados del surgimiento de inflorescencias cada 8 días, revisando el tronco y las ramas. Se diferenciaron inflorescencia en botón e inflorescencia abierta y se registró la forma, color, diámetro externo y longitud de la inflorescencia desde la base hasta el ápice de las flores y crecimiento. Así mismo, se establecieron 4 etapas de desarrollo para cada tipo de inflorescencia. Durante la ocurrencia de inflorescencias en botón, se diferenciaron las etapas 1 y 2 por la forma ovoide, diámetro externo entre 0.1 y 1.8 cm; longitud entre 0.6 y 3.6 cm. Las etapas 3 y 4 fueron reconocidas por la coloración que se torna cada vez más blanca a medida que avanza el desarrollo.

El reconocimiento de las inflorescencias abiertas se evidenció por el surgimiento de los estambres que van desenrollándose inicialmente en las flores de la periferia hacia el eje central de la inflorescencia (etapas 1 y 2) y por el tamaño. El color blanco

y el diámetro externo de 7.2-8.3 cm (etapa 1), de 8.3-9.3 cm (etapa 2) y de 8.3-9.3 cm (etapa 3), sin crecimiento pero con estambres tornándose péndulos y de 9.4 a 12.2 cm (etapa 4) o inflorescencia en su máxima expresión. Color y diámetro externo son de igual importancia ya que estos además de brindar una identificación de la etapa de desarrollo, indican si la flor ha sufrido daños debido principalmente a deshidratación.

Se calcularon los tiempos transcurridos entre una etapa y la otra y la duración total del ciclo de la floración. Se tomaron medidas de crecimiento de inflorescencias y se calculó la cantidad, duración, sincronía, amplitud y frecuencia de esta fenofase, caracterizando la especie según [Sarmiento & Monasterio \(1983\)](#), como especie con floración continua, temprana, retardada, tardía u oportunista.

Fructificación

Cada 15 días se registró el número de infrutescencias en cada árbol y se marcaron infrutescencias en diferentes etapas (desde el surgimiento inicial del fruto hasta su dehiscencia), indicando el número de frutos por infrutescencia, el color y tamaño (largo y ancho de las vainas). Para determinar las etapas de desarrollo, se calculó cantidad, duración, sincronía, amplitud y frecuencia de la fenofase. Así mismo, siguiendo a [Puentes et al. \(1993\)](#) se determinó el tipo de fructificación de la especie diferenciándola en continua, irregular ó estacional. También se determinó si esta fenofase ocurrió durante temporada amplia o temporada corta.

Los registros de las fenofases se compararon con las variables climatológicas de temperatura, humedad relativa y precipitación obtenidas de la estación meteorológica del municipio de Bolívar ([IDEAM, 2010](#)) durante el año de estudio. Se realizó el análisis estadístico utilizando el programa estadístico Paleontological Statistics versión ® ([PAST, 2006](#)) y un análisis de regresión lineal con el programa [SPSS \(2002\)](#) ® versión 11, relacionando las variables independientes precipitación (mm), temperatura (°C), humedad relativa (%) y época del año, con la variable dependiente: cantidad de estructuras de cada fenofase (botón de la inflorescencia, in-



Figura 2. Disposición de hojas y folíolos en rama de *B. rosa-de-monte*.

florescencia y fructificación). Con los registros de la época de surgimiento de cada fenofase, se generó el calendario fenológico de la especie, siguiendo a [Rodríguez & Muñoz \(2009\)](#).

RESULTADOS

Los árboles de *B. rosa-de-monte* presentaron alturas en el rango de 10 a 25 m y diámetros entre 40 y 60 cm con corteza de tronco así como fuste recto, cuando no tuvieron problemas de crecimiento o de competencia por luz o nutrientes. La copa es muy densa presentando ramificaciones secundarias y terciarias de color grisáceo que crecen oblicuamente de forma simpodial. Las hojas con peciolo de 1 a 1.5 cm de largo, paripinadas entre 14 a 37 cm de largo, con 4 a 8 pares de folíolos de ancho elípticos a lanceolados entre 5.5 y 10 cm de largo por 2-5 cm de ancho, base de atenuada a redondeada, margen entera y ápice acuminado; peciolulos entre 0.3 – 0.7 cm de largo ([Figura 2](#)).

Palo cruz presentó inflorescencias blancas en glomérulos caulinares, de 60 a 128 flores por inflorescencia, flores grandes entre 5-10 cm de largo, con 10 estambres y un pistilo ([Figura 3](#)). Las in-

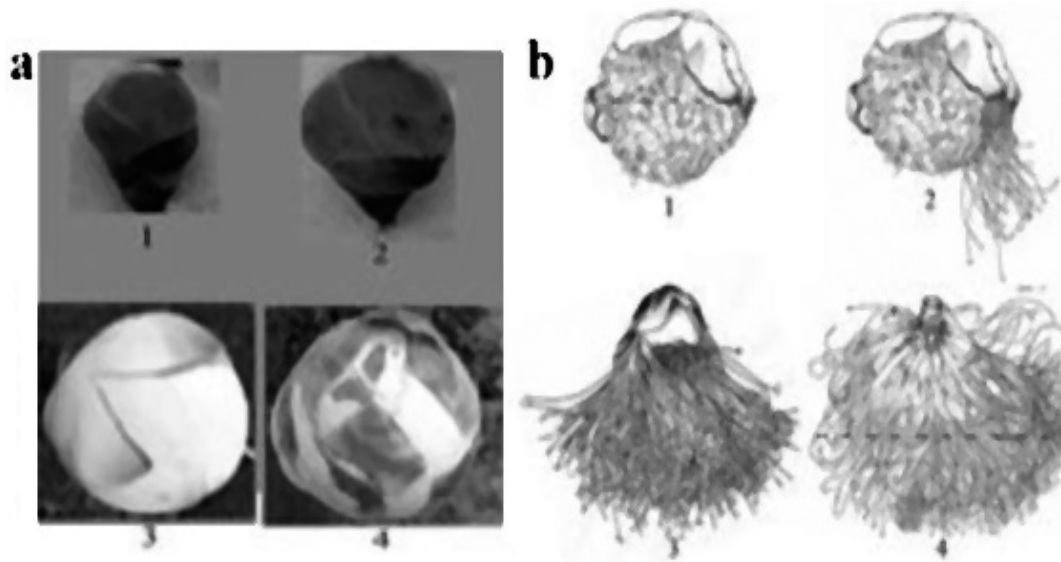


Figura 3. Inflorescencia de *B. rosa-de-monte* a. en botón; b. abierta; los números 1, 2, 3 y 4 corresponden a las etapas de desarrollo; la línea punteada indica el diámetro externo utilizado como medida para el reconocimiento de la etapa.

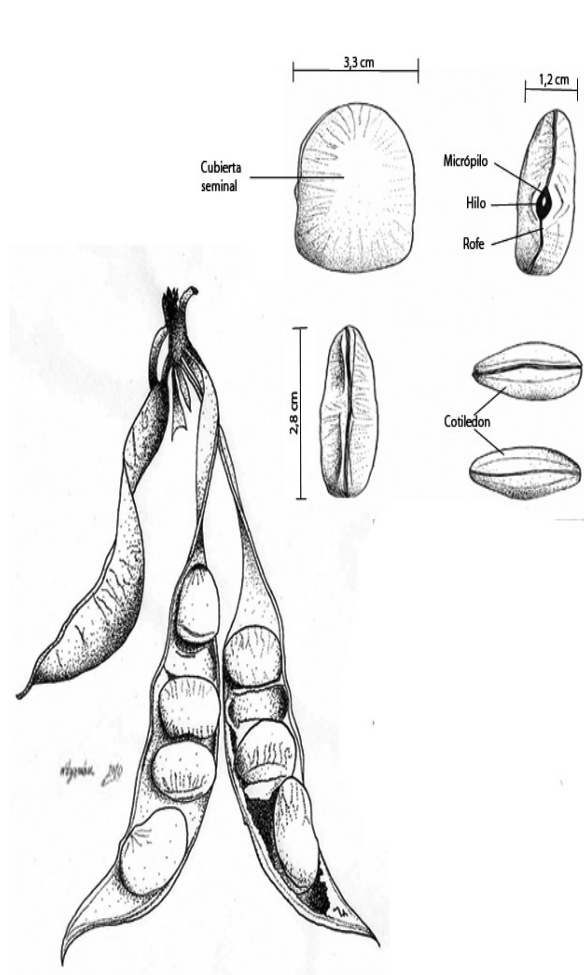


Figura 4. Frutos y semillas de *B. rosa-de-monte*.

frutescencias presentaron hasta 32 vainas de color marrón oscuro, entre 5 y 28 cm de largo y 0.5 a 3.6 cm de ancho; cada vaina conteniendo de 3 a 5 semillas. Las semillas de color marrón claro, pueden ser alargadas, redondas o cuadrangulares y miden entre 1.5-3.5 cm de largo y entre 1-2 cm de grosor (Figura 4).

CARACTERÍSTICAS DE LAS FENOFASES

La brotación de nuevo follaje se caracterizó por la ocurrencia de ramilletes apicales péndulos de color verde amarillento. Esta fenofase duró de 2 a 4 semanas en las etapas 1 y 2; 1 a 2 semanas en la etapa 3 y 5 a 9 días en la etapa 4. Así mismo, se observaron periodos de reposo de 2 a 4 meses en todos los individuos, con excepción del número 5. El amarillamiento de las hojas señaló el inicio de la defoliación. Durante todo el año de seguimiento se observó acumulación de hojarasca alrededor de cada individuo, lo cual permitió establecer que la defoliación o mejor aún el recambio foliar en esta especie es continua.

El inicio de la fructificación, se reconoció por el surgimiento de los primeros frutos y la presencia de residuos estaminales mientras que durante la etapa 2 se presentó la elongación de los frutos y caída de todos los estambres. La etapa 3 se reco-

Tabla 1. Rango de duración en días de cada fenofase en *Brownea rosa-de-monte*

Floración		Fructificación	Dispersión de semillas
Botón de la inflorescencia	Inflorescencia abierta		
Tronco: 16-32 Ramas: 16-48	Tronco: 10-20 Ramas: 16-37	16-37	1-3
Duración total en tronco: 26-52 Duración total en ramas: 32-85		Duración total: 15-40	
# días floración, fructificación y dispersión de semillas en tronco: 43-92			
# días de floración, fructificación y dispersión de semillas en ramas: 49-125			

noció por la presencia de frutos maduros y en los cambios de coloración en la etapa 4 durante la cual liberaron completamente las semillas. Esta fenofase en *B. rosa-de-monte* fue de tipo continua ya que presentó frutos en diferentes etapas de desarrollo durante todo el año; sugiriendo que este proceso se lleva a cabo tanto en época seca como en época lluviosa. Esta fenofase culminó con la etapa de dispersión total de las semillas.

Las fenofases reproductivas de palo cruz variaron en duración e intensidad, siendo común encontrar grupos de hasta cinco botones de inflorescencias en los nudos a lo largo del tronco donde se evidenció un desarrollo más acelerado hasta inflorescencias abiertas que los botones de las ramas. Desde el surgimiento de nuevos brotes hasta la terminación de la etapa botón de la inflorescencia, uno de cada dos brotes florales de las ramas se atrofia o se cae;

mientras que por cada 11 brotes en el tronco, 8 pasan a la etapa de inflorescencia abierta. La duración total para la fenofase de floración y fructificación, incluyendo el periodo de dispersión de semillas se muestra en la [tabla 1](#).

Brownea rosa-de-monte presentó dos ciclos anuales en los que ocurrieron las cuatro etapas de todas las fenofases. Por lo anterior, la especie se ubica en el grupo de floración y fructificación continuo ya que en todas las épocas del año se presentaron las fenofases en diferentes etapas como se observa en la [figura 5](#).

Durante el periodo de abril a septiembre se registró la mayor cantidad de frutos en etapa 4 (53 %), el cual es recomendable para la recolección de semillas. En cuanto a las fenofases de botón de la inflorescencia e inflorescencia abierta, se evidencia que

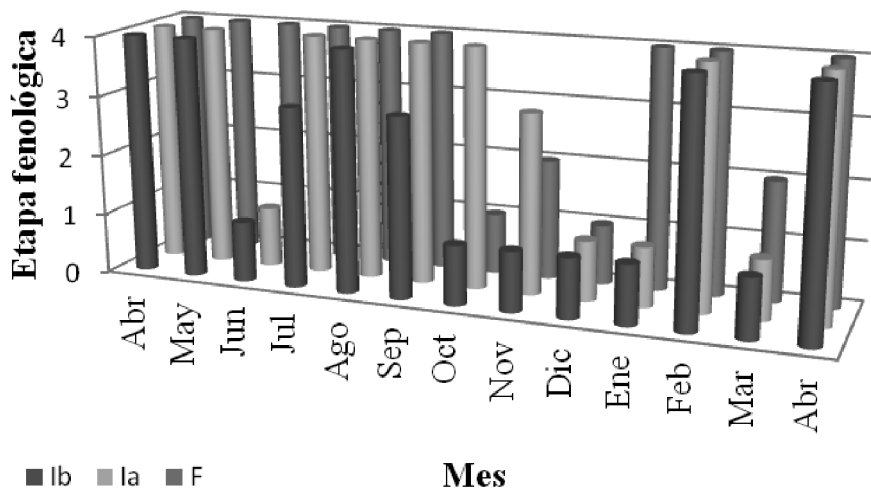


Figura 5. Frecuencia de fenofases y etapas de los individuos de *B. rosa-de-monte* (N=6). Ib: inflorescencia en botón; Ia: inflorescencia abierta; F: infrutescencia; 1, 2, 3 y 4 corresponden a las etapas registradas para cada una de las fenofases.

la gran mayoría de brotes florales producidos por la especie, pasan a la etapa de desarrollo de inflorescencia abierta. Solamente se presentó sincronía en la fase de infrutescencia durante el mes de febrero (Figura 6).

En relación con la amplitud, la etapa 1 de inflorescencia en botón se pudo observar durante todo el

año (Tabla 2). Al promediar la cantidad de botones nuevos se estimó que cada individuo produce nuevos brotes aproximadamente 3 veces al mes y no todos los botones se desarrollan hasta completar la etapa cuatro (cuando empiezan a patentizarse los estambres). El porcentaje de individuos que presentaron botones florales se redujo a la mitad al pasar a la fenofase de floración y está a la cuarta

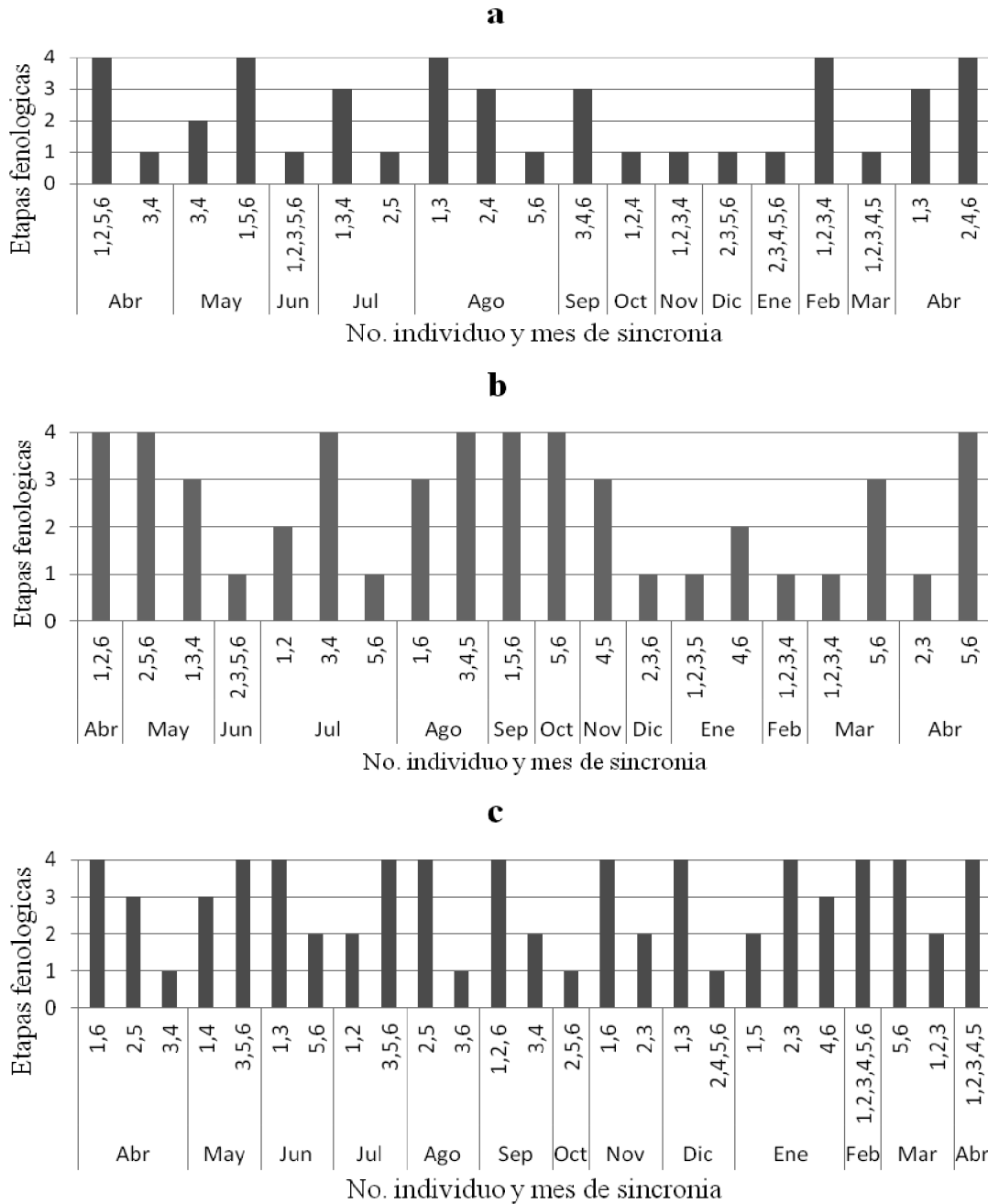


Figura 6. Sincronía entre estados de desarrollo de: a. inflorescencia en botón; b. inflorescencia abierta y c. infrutescencia, entre abril de 2009 y abril 2010 en *B. rosa-de-monte* (N=6). Los números 1, 2, 3 y 4 representan las etapas registradas en cada fenofase.

Tabla 2. Amplitud de fenofases y etapas de *B. rosa-de-monte*, entre abril de 2009 y abril de 2010. #: Número de etapas observadas al año.

Etapas de desarrollo #	Inflorescencia en botón #	Inflorescencia abierta #	Infrutescencia #
1	34	24	12
2	7	10	16
3	14	13	12
4	21	25	35

parte al pasar a fructificación.

La etapa 4 de fructificación predominó durante el año, reconociendo que cada individuo tuvo en promedio 3 estructuras en cada una de las visitas. Por lo anterior se estima que en mayo, julio y septiembre se presenta la mitad de los individuos listos para liberar semillas; sin embargo, la época en que todos los individuos presentaron sincronía de fructificación en etapa 4 de desarrollo fue el mes de febrero, considerando finalmente los meses relacionados muy importantes para la colecta de semillas.

VARIABLES CLIMÁTICAS Y FENOLOGÍA DE *B. rosa-de-monte*.

Durante el periodo de estudio, se presentaron dos picos de temperatura, el primero entre julio y septiembre (23 °C) y el segundo en marzo (22.9°C). Así mismo, los valores de humedad relativa registraron un mínimo de 54 % y un máximo de 81 %

y la precipitación, durante el periodo de octubre a diciembre presentó el máximo nivel de lluvias (16-195 mm). Se observaron periodos durante los cuales ocurrió una mayor intensidad o presencia de estructuras reproductivas y vegetativas (Figura 7), pero a nivel poblacional se observó que durante todo el año ocurren todas las fenofases.

La correlación entre las variables ambientales con el promedio de estructuras fue variable entre fenofases. Se observó relación inversa entre número de inflorescencias y la precipitación, siendo la época de marzo a agosto la de mayor intensidad de precipitación y por ende de menor producción de inflorescencias. De igual forma ocurrió una mayor cantidad de infrutescencias entre enero y junio, pero no se encontró relación con las variables climatológicas. Finalmente, el periodo de producción de nuevo follaje, presentó mayor intensidad entre agosto y noviembre, coincidiendo con la época de mayor precipitación, sugiriendo que en esta época la planta utiliza toda su energía para el ciclo vegetativo (Figura 7).

Teniendo en cuenta lo anterior, se determina que el ciclo fenológico de la especie alcanza su mayor intensidad en el desarrollo de estructuras reproductivas entre enero y agosto, periodo en el que hay menor producción de nuevo follaje. La época entre agosto y noviembre es caracterizada por presentar mayor cantidad de nuevo follaje y pocas estructu-

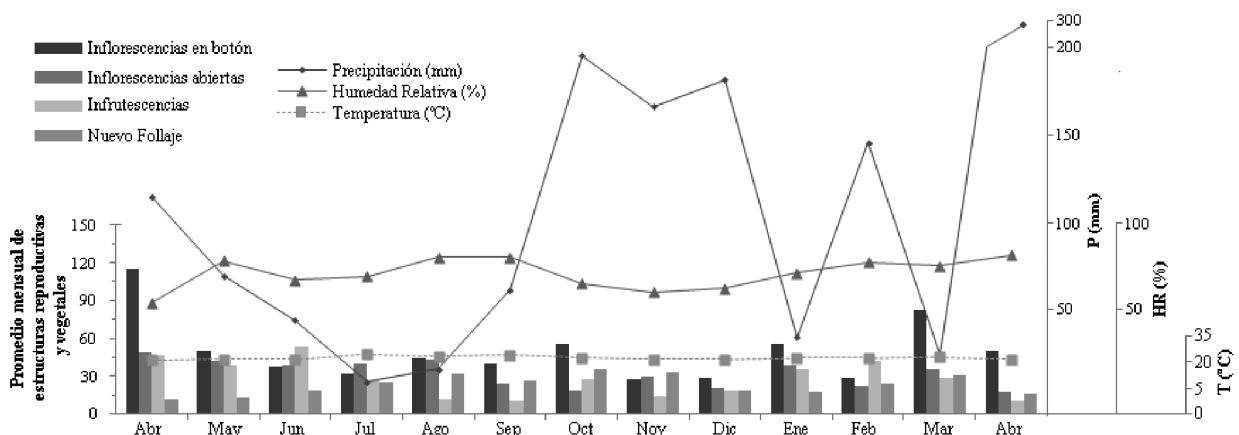


Figura 7. Parámetros ambientales y fenofases de *B. rosa-de-monte* durante el periodo abril 2009 - abril de 2010. P. precipitación; T. temperatura; HR. Humedad relativa; Ib. Inflorescencias en botón; Ia. Inflorescencias abiertas; F. Infrutescencias

Tabla 3. Calendario fenológico de la especie *Brownea rosa-de-monte*, en el periodo comprendido entre abril de 2009 y abril de 2010, en un relicto de bosque seco tropical. Color gris claro: intensidad máxima (mayor cantidad de estructuras observadas en la población). Color gris oscuro: intensidad media (menor cantidad de estructuras).

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Inflorescencia en Botón													
Inflorescencia abierta													
Infrutescencia													
Foliación													
Defoliación	Presente durante todo el año												

ras reproductivas, determinando de esta manera el calendario fenológico de la especie (Tabla 3). Se muestran dos periodos, uno reproductivo comprendido entre enero y agosto, en el que las plantas utilizan su energía en la producción de flores y frutos, y el otro vegetativo entre agosto y diciembre, en el cual las plantas enfocan su energía en la producción de nuevas hojas. Durante todo el año hay presencia de todas las fenofases, con periodos de intensidad alta y media.

La cantidad de inflorescencias totalmente desarrolladas (etapa 4), fue mayor en el mes de agosto. Así mismo, el surgimiento de inflorescencias e infrutescencias (etapa 1), más abundante durante diciembre - enero y la etapa 4 de fructificación, durante todo febrero. La presencia de botones, no mostró relación con épocas determinadas a lo largo del año, evidenciando una discontinuidad en su presencia, lo cual indica que los botones pueden surgir en cualquier época del año sin dependencia alguna de los factores climáticos.

Con un error estimado inferior al 2%, se obtuvo una correlación inversa de 56.42 % entre el total de inflorescencias abiertas y la precipitación (Figura 8a); es decir que a medida que aumenta la precipitación, hay tendencia a disminuir el número de inflorescencias. No se encontraron otras relaciones entre la cantidad de las fenofases de inflorescencia en botón e infrutescencia con los parámetros ambientales.

El análisis de regresión muestra una baja correlación inversa entre la cantidad de inflorescencias y el incremento de la humedad relativa y entre el sur-

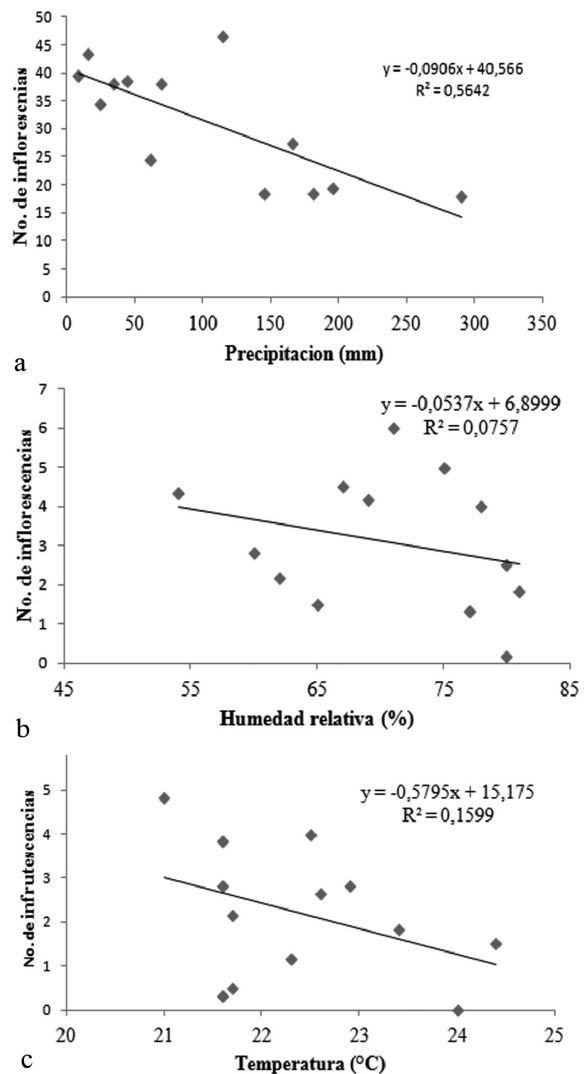


Figura 8. Análisis de regresión lineal **a.** entre el número de inflorescencias y la precipitación. **b.** entre la humedad relativa y el surgimiento de las inflorescencias. **c.** entre la temperatura y el surgimiento de las infrutescencias.

gimimiento de infrutescencias y el incremento de la temperatura (Figuras 8b, 8c).

DISCUSIÓN

Las observaciones de este estudio complementan la descripción de *B. rosa-de-monte*, registrada por Quiñones (1986), en los siguientes aspectos: mayor tamaño y diámetro de los árboles observados, color de la corteza, características del tallo, carácter de la copa y de las ramificaciones, número de flores por inflorescencia, número de frutos y el registro de la forma, color y tamaño de las semillas. El seguimiento fenológico de la especie en el periodo de estudio permitió reconocer la mayor abundancia de estructuras reproductivas en la parte media-baja del tronco y en la base de las ramas que sobre su segmento apical, lo que concuerda con los hallazgos realizados por Hudson & Sugden (1984), para *B. rosa-de-monte*, en Panamá.

Brownea rosa-de-monte presenta cinco fenofases: surgimiento y caída de follaje, botón de la inflorescencia, inflorescencia en antesis, fructificación y dispersión de semillas. La especie se clasifica como perennifolia (Puentes *et al.*, 1993) ya que los árboles permanecen frondosos durante todo el año, siendo paulatina la pérdida y el surgimiento de hojas. Así mismo presenta floración y fructificación continua (Sarmiento & Monasterio, 1983; Puentes *et al.*, 1993), ya que presenta estas fenofases en varias etapas durante todos los meses evaluados. El proceso completo de floración (botón de la inflorescencia e inflorescencia) puede durar de 52 a 85 días, dependiendo de la ubicación de la inflorescencia (tronco o ramas), observándose una menor duración del ciclo floral en las flores ubicadas en el tronco, sugiriendo que existen otros factores de orden fisiológico que pueden incidir en la duración del desarrollo. El periodo de fructificación es un poco más corto, con una duración de 40 días incluyendo la etapa de dispersión de semillas, la cual dura hasta 3 días desde que las primeras vainas se abren hasta la caída total de la infrutescencia.

La producción de inflorescencias (etapa 1) fue levemente favorecida en condiciones de baja humedad relativa, mientras que la producción de frutos presentó una aparente disminución con el incremento de la temperatura (tendencia inversa en el análisis de regresión lineal). Aunque se ha encontrado que la cantidad de estructuras reproductivas de muchas especies aumenta durante la época seca, según Rowe (1964), independientemente de las características ambientales del área de estudio, en algunas zonas hay certeza de que los patrones de fenología en árboles y otras plantas no es simplemente una respuesta al clima; ya que la aparición de flores y frutos pueden también obedecer a factores como la posición del órgano en la planta, edad, sexo, así como por factores hereditarios. En *B. rosa-de-monte* posiblemente otros factores particulares no incluidos en este estudio como son la caulifloría, la ubicación de los árboles con respecto a la quebrada Salinas y la dispersión hidrocora podrían también contribuir a explicar mejor el comportamiento fenológico de la especie dada la baja relación hallada entre los eventos fenológicos de floración y fructificación con las variables climatológicas.

Respecto a la foliación Bullock & Magallanes (1990) y Duarte *et al.* (1993), encontraron que la caída de follaje se concentra durante la época desfavorable (seca), mientras que la etapa con mayor cantidad de hojarasca se presenta en un periodo corto y ocurre durante la época lluviosa. Lo anterior contrasta con los resultados obtenidos para *B. rosa-de-monte* en el Cauca, en donde se clasifica como perennifolia, ya que la pérdida y el surgimiento del follaje es continua a través del tiempo, permaneciendo los árboles siempre frondosos y en la época de mayor surgimiento de follaje (agosto-noviembre) también se presentan los valores más altos en las 3 variables ambientales, sugiriendo que la época lluviosa favorece la expresión de fenofases vegetativas en esta especie.

El periodo reproductivo de *B. rosa-de-monte*, tiene una duración entre 43 y 92 días por cada brote floral encontrado en el tronco y de 49 a 125 días por brote hallado en las ramas, presentando similitud con la duración del periodo reproductivo reportado

para las especies de la región andina *Rollinia membranacea* y *Genipa americana* (Orozco & Gómez, 2006), pero reconociendo que hay una diferencia entre en el desarrollo de las estructuras reproductivas según su ubicación en la planta.

Durante el periodo de estudio se presentaron condiciones ambientales atípicas que pudieron influenciar el comportamiento fenológico de Palo cruz. Durante los meses de diciembre de 2009, enero y febrero de 2010, en la mayoría de áreas de la región Andina los valores de temperatura máxima estuvieron por encima de los promedios históricos para esos meses, lo cual pudo influir en que los individuos de *Brownea* presentaran mayores valores de sincronía y de número de infrutescencias en cuanto al periodo de fructificación, lo cual es apoyado por el análisis de regresión.

Así mismo, durante el primer trimestre del año 2010, los patrones de precipitación estuvieron moderadamente por debajo de lo normal en la región Andina, mientras que en el segundo trimestre se incrementaron los volúmenes de lluvias, estando por encima de lo normal en gran parte del territorio nacional, especialmente en la región Andina (IDEAM, 2010). Lo anterior sugiere una posible influencia en la fenología de esta especie ya que como se observó, la precipitación influye directamente en la producción de estructuras vegetativas e inversamente en la producción de estructuras reproductivas.

La intensidad del periodo de floración en cuanto a estructuras reproductivas en *B. rosa-de-monte*, fue mayor durante siete meses del año (enero, marzo a agosto), cuatro de los cuales corresponden a la estación seca o de menor precipitación registrada (julio, agosto, enero y marzo), determinando de esta manera que el incremento en el desarrollo del periodo floral de la especie fue más influenciada por los cambios ocurridos en la precipitación. En cuanto a la fructificación, la mayor producción de infrutescencias ocurrió en el periodo comprendido entre enero y junio y aunque no hay estudios reportados en los trópicos que definan el momento propicio para la recolección de semillas, salvo la consideración del periodo de

maduración de cada especie, en el presente trabajo se reconoce que la mejor época de colecta es durante los meses de abril a julio y febrero; meses en los cuales se hallan mayores valores de esta fenofase en etapa 4.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las observaciones del presente estudio, *B. rosa-de-monte*, presenta un ciclo fenológico bien definido y dos periodos; uno reproductivo que va desde enero hasta agosto y el segundo vegetativo que va de agosto a diciembre.

Brownea rosa-de-monte es una especie perennifolia, con floración y fructificación durante todo el año, siendo mayor la duración del periodo reproductivo en las ramas que en el tallo principal, confirmando la importancia que tiene la selección de estructuras en diferentes partes de la planta (tallo y ramas secundarias), especialmente en especies caulifloras, para llevar a cabo estudios en el ámbito ecológico y evaluación de la duración total de los ciclos reproductivos.

El calendario fenológico determinado para la especie evidencia que la época de floración está relacionada principalmente con las variaciones en la precipitación; ya que esta fenofase muestra un incremento a medida que disminuye este parámetro. Las épocas propicias para la recolección de semillas y para iniciar actividades de propagación de la especie son los periodos comprendidos entre abril a junio y el mes de febrero, por presentar mayor cantidad de infrutescencias maduras.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro reconocimiento a la Universidad del Cauca por el apoyo a esta investigación; a la comunidad educativa y a las directivas de la institución educativa La Carbonera por su acompañamiento y orientación en la zona de estudio y a Walter Guzmán por la ilustración de estructuras vegetativas y reproductivas de la especie. Agradecemos finalmente a los evaluadores anónimos por sus valiosos comentarios y aportes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, N., Armenteras, D.C., Gottsmann, T., Hernández, O.L., Matallana, C.L., Morales, M., Naranjo, L.G., Rengifo, L.M., Trujillo, A.F., & Villarreal, H.** (2003). Vacíos de conservación del sistema de parques nacionales naturales de Colombia desde una perspectiva ecoregional. Bogotá: WWF-IAvH. 64 p.
- Bello, M.** (1988). Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en árboles templados de coníferas. *Ciencia Forestal*, 13, 89-109.
- Brown, S., & Lugo, A.E.** (1990). Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6, 1-32.
- Bullock, S., & Magallanes, S.** (1990). Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. *Biotrópica*, 22, 22-35.
- Clark, D.A., & Clark, D.B.** (1994). Climate-induced variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 82, 865-872.
- Condit, S.P., & Foster, R.B.** (1996). Changes in tree species abundance in a Neotropical forest over eight years: impact of climate change. *Journal of Tropical Ecology*, 12, 231-256.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE].** (2005). Metodología y Resultados del Censo 2005. Recuperado el 10 de diciembre de 2010 de <http://www.dane.gov.co/censo/>.
- Duarte, M., Albert, D., & Hernández, J.** (1993). Análisis fenológico de *Hibiscus elatus* Sw. en el Parque Metropolitano de la Habana. *Fontqueria*, 36, 391-398.
- Etter, A.** (1993). Diversidad ecosistémica en Colombia hoy. En CEREC-Fundación Alejandro Ángel (eds.), *Nuestra diversidad biológica, cifras revisadas en 1997*, (pp. 43-61). Bogotá: CEREC-Fundación Alejandro Ángel Escobar.
- Finegan, B.** (1996). Pattern and process in Neotropical secondary forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution*, 11, 119-124.
- Fournier, L.** (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24, 422-423.
- Fournier, L., & Charpantier, C.** (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.
- Gentry, A.** (1974). Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotrópica*, 6, 64-68.
- Güarigüata, M.R., & Kattan, G.H. (eds.)**. (2002). *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*. San José: Libro Universitario Regional. 697 p.
- Holdridge, L.R.** (1978). *Ecología basada en zona de vida*. San José de Costa Rica: Interamericano de Ciencias Agrícolas. 378 p.
- Hudson, P.J., & Sugden, A.M.** (1984). Inflorescence production by *Brownea rosa-de-monte* (Leguminosae) and feeding behavior of the Long-tailed Hermit *Phaethornis superciliosus*. *IBIS*, 126, 416-420.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].** (2010). *Sistemas de información Ambiental*. Recuperado el 31 de noviembre de 2010 de <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Usuarios&lTipo=registro&lFuncion=mensajeConfirmar>.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., & Gordon, J.E.** (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33, 491-505.
- Newstrom, L.E., & Frankie, G.W.** (1994). A new classification for plant phenology based on

- flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 26(2), 141-159.
- Ospina, A.F.** (2009). Fenología del encenillo (*Weinmannia mariquitae*), en un bosque altoandino, vereda el Cofre, municipio de Totoró, departamento del Cauca. (Trabajo inédito de pregrado). Popayán: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 123 p.
- Orozco, A.F., & Gómez, G.D.** (2006). Fenología de especies forestales. En C.A. Agudelo (ed.), *Riqueza Biótica Quindiana* (pp. 251-307). Armenia: Universidad del Quindío.
- Palaeontological Statistics [PAST].** (2006). Palaeontological Statistics para Windows. Recuperado el 15 de octubre de 2010 de <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- Pennington, R.T., Richardson, J.E., & Lavin, M.** (2006). Insights into the historical construction of species-rich biomes from dated plant phylogenies, neutral ecological theory and phylogenetic community structure. *New Phytologist*, 172(4), 605-616.
- Pérez, C.** (2011). Observaciones fenológicas de la especie *Quercus humboldtii* Bonpland, durante un año de registro, en la vereda clarete alto, municipio de Popayán. Análisis bromatológico de los frutos maduros de roble (*Quercus humboldtii* Bonpland) (Trabajo inédito de pregrado). Popayán: Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias. Agronómicas, Ingeniería Forestal.
- Prance, W.** (2006). Tropical savannas and seasonally dry forests: an introduction. *Journal of Biogeography*, 33, 385-386.
- Puentes, A.D., López, A., & Roudná, M.** (1993). Observaciones fenológicas en árboles tropicales: Consideraciones metodológicas. *Fuentequeria*, 36, 257-263.
- Quiñones, L.M.** (1986). Revisión de las especies Colombianas del genero *Brownea* (Leguminosae-Caesalpinioideae). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 146 p.
- Rathcke, B., & Lacey, E.P.** (1985). Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16, 179-214.
- Rowe, J.S.** (1964). Environmental preconditioning with special reference to forestry. *Ecology*, 45(2), 399-463.
- Rodríguez, C., & Muñoz, B.** (2009). Fenología de *Quercus ilex* L. y *Quercus suber* L. en una dehesa del centro peninsular. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid-Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. 100 p.
- Ruiz, J., & Fandiño, M.C.** (2007). Plantas leñosas del bosque seco tropical de la Isla de Providencia, Colombia, Caribe occidental. *Biota Colombiana*, 8, 87-98.
- Sarmiento, G., & Monasterio, M.** (1983). Life form and phenology. En F. Bourliere (ed.), *The Tropical Savannas* (pp. 79-108). Amsterdam: Elsevier.
- Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC].** (2002). Primera generación de indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia (Tomo 2). Bogotá: IDEAM-SINCHI-IAvH-IIAP-INVEMAR. 940 p.
- Statistical Package for the Social Sciences [SPSS].** (2002). Versión 11 para Windows. Recuperado el 7 de octubre de 2010 de <http://www.spss.com>.
- Van Schaik, C.P., Terborgh, J.W., & Wright, S.J.** (1993). The phenology of tropical forest: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, 353-377.
- World Wildlife Fund [WWF].** (2001). Visión de la biodiversidad de los Andes del norte (WWF). Recuperado el 15 de octubre de 2010 de http://assets.panda.org/downloads/vision_cean.pdf.