



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA FORESTAL

MONITOREO FENOLÓGICO DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE DIEZ
ESPECIES FORESTALES NATIVAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL,
ESTACIÓN EXPERIMENTAL FORESTAL HORIZONTES, ÁREA DE
CONSERVACIÓN GUANACASTE, COSTA RICA.

ANA SOFÍA MEZA LEANDRO

CARTAGO, COSTA RICA

2013



MONITOREO FENOLÓGICO DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE DIEZ ESPECIES FORESTALES NATIVAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL, ESTACIÓN EXPERIMENTAL FORESTAL HORIZONTES, ACG, COSTA RICA.

Ana Sofía Meza-Leandro¹

Resumen

Se estudió la fenología vegetativa y reproductiva de 239 árboles semilleros de diez especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical, dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica. Los objetivos de este trabajo fueron elaborar y establecer un protocolo para el monitoreo fenológico de árboles semilleros; cuantificar la fenología vegetativa y reproductiva de las especies; elaborar un mapa de ubicación de los individuos estudiados; brindar información para una mejor comprensión de la fenología; aportar recomendaciones para la conservación de fuentes semilleras y la toma de decisiones en actividades de recolecta. La selección de las especies se realizó de acuerdo al periodo de recolección de semillas y al valor comercial de las especies. Los individuos se identificaron, seleccionaron y ubicaron cerca de los caminos. A cada individuo se midió el diámetro a 1.3 m del suelo, se tomaron sus coordenadas con GPS, se determinó la forma y posición de copa, estado fitosanitario y grado de infestación por lianas. Se evaluaron los patrones fenológicos mensualmente de enero a marzo del 2013 según la metodología de Fournier (1974). Se realizó un análisis para datos categóricos utilizando tablas de contingencia. El follaje y la fructificación mostraron una tendencia decreciente conforme aumentó la época seca; se presentó un pico de floración en el mes de febrero. Los porcentajes de foliación, floración y fructificación fueron 87.2%, 19.9% y 35.4%, respectivamente. Durante el periodo de observación, los valores de máxima foliación se registraron en todas las especies, mientras que la floración y fructificación mostraron variabilidad en la cantidad de especies que manifestaron estas fenofases. La infestación de lianas no mostró una aparente afectación en la productividad de las especies arbóreas. La presencia de hojas, flores y frutos fue mayor en los árboles emergentes. Se presentó variación fenológica entre individuos, sitios y especies.

Palabras claves: Bosque Seco Tropical, fenología, follaje, floración, fructificación, Costa Rica.

¹ Estudiante de la Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. e-mail: sofy.m29@gmail.com

**PHENOLOGICAL MONITORING OF SEED TREES OF TEN FOREST NATIVE SPECIES
OF THE TROPICAL DRY FOREST, HORIZONTES FORESTRY EXPERIMENTAL
STATION, GUANACASTE CONSERVATION AREA, COSTA RICA.**

Abstract

The vegetative and reproductive phenology of 239 seed trees of ten native Tropical Dry Forest species was examined. This research was conducted in the Horizontes Forest Experimental Station, Guanacaste, Costa Rica. The goals of this study were to develop and establish a protocol for phenological monitoring of seed trees; to quantify the vegetative and reproductive phenology of the species; to create a map locating the studied individuals; to present information for a better understanding of the phenology; and to provide recommendations for the conservation of seed sources and decision making in seed collection activities. The species selection was performed according with the seed collection period and the commercial value of the species. Studied individuals were identified, selected and located near of roads. For each individual was measured its diameter at 1.3 m above the ground, was taken its coordinates with GPS, was determined the shape and position of its crown, the healthy and the degree of vine infestation. Phenology was evaluated monthly, from January to March 2013 according to Fournier's methodology (1974). Gathered data was analyzed through the analysis of contingency tables. A decreasing trend in foliage and fructification was observed as the dry season increased; also, flowering had its peak in February. The percentages of foliage, flowering and fructification were 87.2%, 19.9% and 35.4%, respectively. During the whole observation period, maximum values of foliage were recorded in all the species, while flowering and fructification showed variability in the amount of species which demonstrated those phenophases. Vine's infestation did not show an apparent effect in the tree productivity. Most trees with leaves, flowers and fruits were emergent ones. Phenological patterns varied among individuals, sites and species.

Key words: Tropical dry forest, phenology, foliage, flowering, fructification, Costa Rica.

Acreditación

Esta tesis fue aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura

MONITOREO FENOLÓGICO DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE DIEZ ESPECIES FORESTALES NATIVAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL, ESTACIÓN EXPERIMENTAL FORESTAL HORIZONTES, ÁREA DE CONSERVACIÓN GUANACASTE, COSTA RICA.

Miembros del Tribunal Evaluador

Braulio Vílchez Alvarado. M.Sc.

Director de Tesis

Milena Gutiérrez Leitón. Lic.

Estación Experimental Forestal Horizontes
Área de Conservación Guanacaste

Luis Guillermo Acosta Vargas. MAP

Escuela de Ingeniería Forestal

Ana Sofía Meza Leandro

Estudiante

Dedicatoria

A mis padres, Ana María y Rafael, por su apoyo incondicional y motivación durante los años de estudio, sin ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta.

A Meni, por heredarme la pasión y el amor hacia la naturaleza.

A mis hermanos, Adri y Nacho, por estar siempre conmigo y darme fuerzas para seguir adelante.

A mi tía Carmen, por su cariño y apoyo durante todos estos años.

*"El futuro pertenece a quienes
creen en la belleza de sus sueños."
Eleanor Roosevelt*

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y todas las oportunidades que me permitieron concluir esta etapa.

A mi familia, por su amor, comprensión, paciencia y ser mi sostén siempre.

A mami, por su ayuda, dedicación, ser mi guía en todo momento y enseñarme que puedo lograr todo lo que me proponga, que eso sólo depende de mí.

A Milena Gutiérrez, coordinadora de la Estación Experimental Forestal Horizontes, por darme la oportunidad de llevar a cabo mi trabajo en la Estación, por su carisma y ayuda para mejorar la redacción de este documento.

A todo el personal de la Estación, en especial a Ronald, Pedro y Vane, por su compañía y su ayuda, sin ellos no hubiese logrado llevar a cabo el trabajo de campo; a doña María y al Chombito. A todos gracias por su amistad y hacer de mi estadía en la Estación, una de las mejores experiencias de mi vida y hacerme sentir en familia.

A Braulio Vílchez, mi profesor guía, por compartir su conocimiento, sus valiosos consejos, su ayuda y su tiempo, los cuales fueron fundamentales en el transcurso de este proyecto.

A Cata, más que una amiga y compañera, por su cariño, compartir conmigo lágrimas y risas, por su apoyo en los momentos más difíciles, y por los miles de inolvidables momentos que vivimos juntas desde el principio hasta el final.

A Jussy, Rocío y Kari, por estar siempre conmigo a pesar de la distancia, por escucharme, sus risas, sus tonteras, sus consejos y su apoyo principalmente durante la ejecución de este trabajo.

A Luis Acosta, por su carisma, consejos y ayuda en la redacción de este documento.

A todos los profes, personal administrativo de la Escuela de Ing. Forestal y chóferes quienes contribuyeron con mi formación profesional.

A Jossie, por su ayuda, los momentos compartidos y su amistad. A Lau, Pauli, Inma, Andre, Maikol, Nelson, Kikut y todas las personas que estuvieron presentes.

Índice general

Resumen.....	ii
Abstract.....	iii
Acreditación.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Índice general.....	vii
Introducción.....	1
Materiales y métodos.....	3
Ubicación y descripción del área de estudio.....	3
Selección de las especies.....	4
Ubicación y selección de los individuos.....	4
Mediciones de los individuos.....	4
Medición de las características fenológicas.....	5
Análisis estadístico.....	6
Resultados.....	7
Discusión.....	17
Conclusiones.....	24
Referencias.....	25
Anexo.....	33

Introducción

Las actividades humanas afectan las condiciones ambientales en todo el mundo. Producen cambios en las poblaciones, rangos de distribución, composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas debidos a las variaciones en el clima (World Meteorological Organization (WMO) and United Nations Environment Programme (UNEP) 1995; McCarty 2001). Feeley *et al.* (2007) afirmaron que debido a la alta diversidad, la importancia ecológica y económica de los bosques tropicales es fundamental entender las respuestas de estos ante los cambios que ocurran.

El cambio climático se define como una alteración del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que modifica la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Organización de las Naciones Unidas (ONU) 1992). Estas variaciones han alterado el calendario de las principales transiciones del ciclo vital, como el inicio de la reproducción; tanto así que, la plasticidad fenotípica y evolución adaptativa puede subyacer rápidos cambios fenológicos en respuesta a las modificaciones del ambiente (Anderson *et al.* 2012).

Larcher (1983) mencionó que la fenología es el estudio de fases del ciclo de vida de las plantas, brotación de hojas, floración, fructificación y la senescencia, con respecto a la duración de estos eventos a lo largo del año. Birchler *et al.* (1998) se refieren a este concepto, como una adaptación que hace posible la supervivencia y crecimiento de las plantas bajo las condiciones ambientales y ecológicas existentes.

El conocimiento y la comprensión de los patrones fenológicos de especies arbóreas en ecosistemas naturales son de interés básico en estudios ecológicos sobre biodiversidad, productividad y organización de las comunidades y de las interacciones de las plantas con la fauna; además, reviste gran importancia en programas de conservación de recursos genéticos, manejo forestal y planificación de áreas silvestres (Mooney *et al.* (1980), Huxley 1983; citado por Camacho y Orozco 1998).

El presente estudio permitirá mejorar la toma de decisiones en cuanto a actividades de manejo de las especies mediante la aplicación de prácticas silviculturales. La aplicación de la fenología es de gran importancia en la conservación de recursos genéticos, el mejoramiento y manejo de las especies, esto con el propósito de optimizar el rendimiento de las mismas (Heuveldop *et al.* 1986). El Área de Conservación Guanacaste (ACG) ejecuta el Programa de Restauración y Silvicultura en donde se promueve el uso de especies nativas en sus diferentes proyectos, siendo la Estación Experimental Forestal Horizontes una de las principales fuentes de extracción de semillas de especies nativas (Gutiérrez 2013). Molina *et al.* (1996), mencionaron que conocer los elementos fundamentales como ubicación y conservación de fuentes semilleras aceptables, el comportamiento fenológico de las especies, establecer técnicas adecuadas de colecta para cada una de ellas e iniciar procesos de viverización, es de vital importancia para contar en forma segura con la suficiente cantidad y calidad de semilla que asegure la producción a gran escala de especies nativas para este tipo de programa.

Este estudio tiene como objetivo general, elaborar y establecer un protocolo para el monitoreo fenológico de árboles semilleros de diez especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes Guanacaste, Costa Rica. Los objetivos específicos planteados son los siguientes:

- (1) Cuantificar y analizar la fenología vegetativa y reproductiva de las especies seleccionadas.
- (2) Elaborar un mapa de sitios, especies y árboles seleccionados para el monitoreo fenológico.
- (3) Proporcionar información que ayude en el entendimiento de la fenología de las especies estudiadas.
- (4) Elaborar recomendaciones para la conservación de fuentes semilleras y para la toma de decisiones en planes de colecta.

Materiales y métodos

Ubicación y descripción del área de estudio

El estudio se desarrolló durante los meses de enero a marzo del 2013, dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), distrito de Nacascolo, cantón de Liberia, provincia Guanacaste, Costa Rica, con coordenadas 10°44'30.92" Latitud Norte y 85°34'18.31" Longitud Oeste (Figura 1). Corresponde a la zona de vida denominada Bosque Seco Tropical, con una precipitación que varía entre 1500 y 2000 mm anuales. Su altitud varía entre los 60 y 184 metros, y presenta actualmente más de un 70% de cobertura con algún grado de regeneración (Gutiérrez 2013).

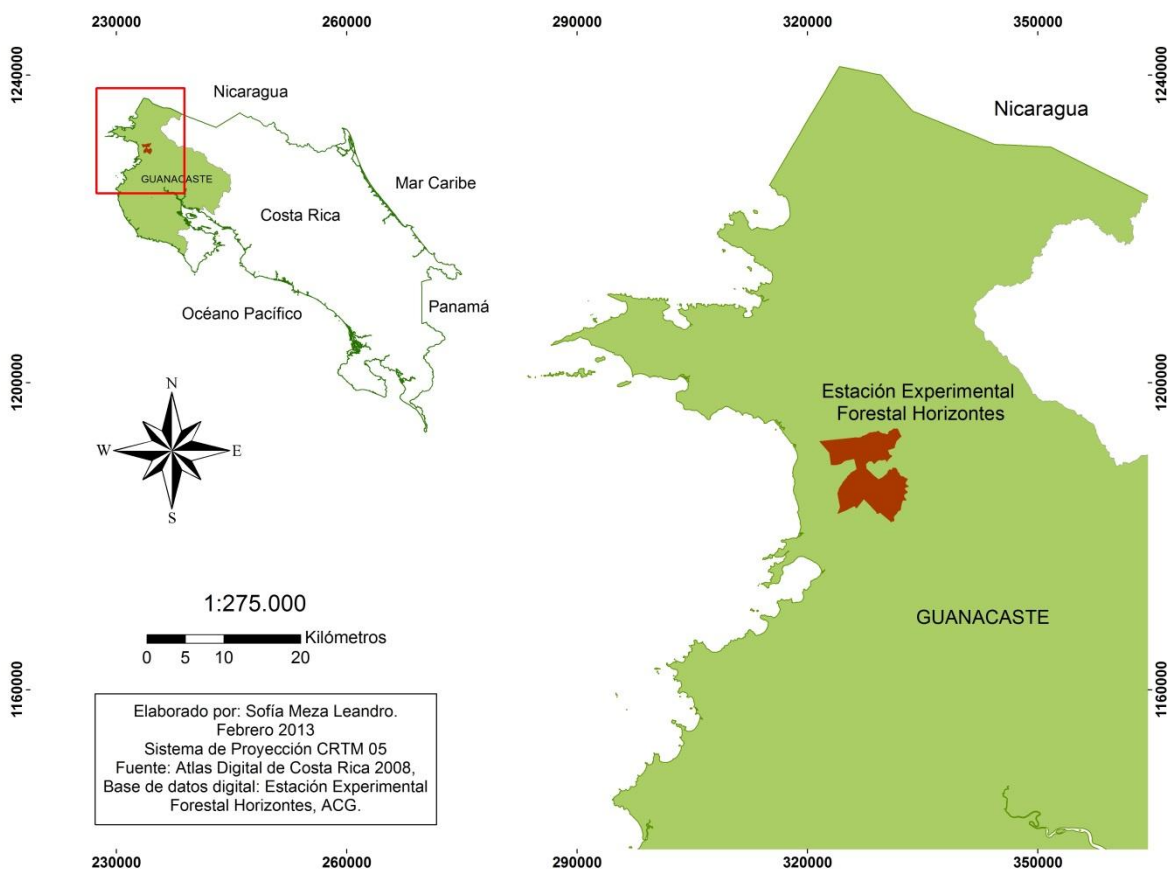


Figura 1. Ubicación geográfica de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica, 2013. Fuente: Atlas Digital de Costa Rica 2008 y Base de datos digital: Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG.

Selección de las especies

Las especies se seleccionaron tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- 🌿 Periodo de recolección de semillas entre los meses de enero y marzo, de acuerdo con el cronograma de recolección de semillas de la EEFH.
- 🌿 Valor comercial de las especies según Jiménez y Poveda (1991).

Ubicación y selección de los individuos

Se recorrió el área de estudio. Se identificaron, seleccionaron y ubicaron los individuos a monitorear tomando en cuenta el registro de árboles semilleros existentes, así como la cercanía de los mismos a los caminos de acceso. Se incorporaron los individuos de los cuales se recolecta semilla y no están dentro del registro. Además de aquellos que presentaron las características de un árbol semillero, tales como vigor, fuste recto, hojas sanas, entre otras características.

Mediciones de los individuos

Se midió el diámetro (cm) con cinta diamétrica a 1.3 metros de altura (dap) de todos los árboles seleccionados de acuerdo con la metodología expuesta por Camacho (2000).

A cada individuo se le registró su ubicación física tomando sus coordenadas con un GPS. Se identificó con un número pintado en el tronco y troquelado en una placa de aluminio.

Se determinó la posición de copa utilizando la metodología de Dawkins (1958), quien identificó cinco grados de la iluminación. La forma de copa se valoró mediante el criterio de Dawkins (1958) adaptada por Synnott (1979), basado en cinco formas de copa (Camacho 2000).

El estado fitosanitario se evaluó de acuerdo a la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2010), la cual registra en forma conjunta la incidencia y la severidad del problema sanitario bajo las siguientes categorías:

- 1: Totalmente sano: sin evidencia de problemas fitosanitarios y con buena nutrición aparente.
- 2: Aceptablemente sano: con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de un 50%.
- 3: Árbol enfermo: con problemas fitosanitarios, si más del 50% del fuste presenta el problema.

La presencia de lianas se evaluó de acuerdo con Lowe & Walter (1977), citado por BOLFOS y PROMABOSQUE (1999), quienes consignaron cuatro niveles de infestación:

- 1: Libre de bejucos: Árbol libre de trepadoras.
- 2: Presencia en el fuste: Trepadoras presentes solamente en el fuste, la copa está exenta.
- 3: Presencia (leve) en el fuste y copa: Presencia de trepadoras en el fuste y la copa, pero no afectan el crecimiento terminal.
- 4: Presencia en fuste y copa (afecta el crecimiento): La totalidad de copa cubierta por las trepadoras y el crecimiento terminal está seriamente afectada.

Medición de las características fenológicas

Se observó mensualmente desde el piso del bosque utilizando binoculares, la cantidad de follaje, floración y fructificación que presentó cada individuo mediante la aplicación de la metodología de Fournier (1974):

- 0: ausencia de la característica
- 1: presencia de la característica, con una magnitud entre 1-25%
- 2: presencia de la característica, con una magnitud entre 26-50%
- 3: presencia de la característica, con una magnitud entre 51-75%
- 4: presencia de la característica, con una magnitud entre 76-100%

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico Infostat 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012). Se realizó un análisis para datos categóricos utilizando tablas de contingencia. Se evaluó la relación entre cada una de las variables follaje, floración y fructificación contra la presencia de lianas.

Resultados

El protocolo para el establecimiento de un monitoreo fenológico para especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical, en el Área de Conservación Guanacaste, se presenta en el Anexo 1.

En el Cuadro 1 se observa la lista de las diez especies seleccionadas y la cantidad total de árboles semilleros monitoreados para cada especie en la EEFH.

Cuadro 1. Lista de especies y número de individuos por especie evaluadas en el monitoreo fenológico de árboles semilleros de especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical, Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Especie	Nombre común	Árboles (n)
<i>Acosmium panamense</i>	Carboncillo	33
<i>Albizia guachapele</i>	Guayaquil	3
<i>Andira inermis</i> *	Almendo de río	5
<i>Astronium graveolens</i>	Ron-ron	26
<i>Manilkara chicle</i>	Níspero	16
<i>Samanea saman</i>	Cenízaro	55
<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque	19
<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno	4
<i>Sterculia apetala</i>	Panamá	54
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Cortez negro	24
Total	-	239

*Esta especie no cumple con el periodo de recolección de semilla entre enero y marzo, sin embargo se evaluó debido al interés de la Estación.

El número total de árboles monitoreados fue de 239. La especie que presentó mayor número de individuos fue *Samanea saman* (55), seguido de *Sterculia apetala* (54). Las especies con menor cantidad de árboles fueron *Albizia guachapele* (3), *Simarouba glauca* (4) y *Andira inermis* (5) árboles.

Se encontró que los porcentajes de foliación, floración y fructificación, para los individuos de todas las especies, fueron 87.2%, 19.9% y 35.4%, respectivamente. Se presentó una tendencia decreciente en la cantidad de individuos que alcanzaron valores máximos de

foliaje y fructificación (Figura 2). De los 239 individuos evaluados, 65.7% (157) presentaron hojas en enero, 45.6% (109) en febrero y 38.9% (93) en marzo. Se observa un pico de máxima floración en el mes de febrero con 10.9% (26) de los individuos, contra 6.7% (16) en enero y solamente un 1.3% (3) en marzo. Los valores máximos de fructificación obtenidos para los tres meses fueron 6.7% (16) en enero, 1.3% (3) en febrero y 0.8% (2) para marzo.

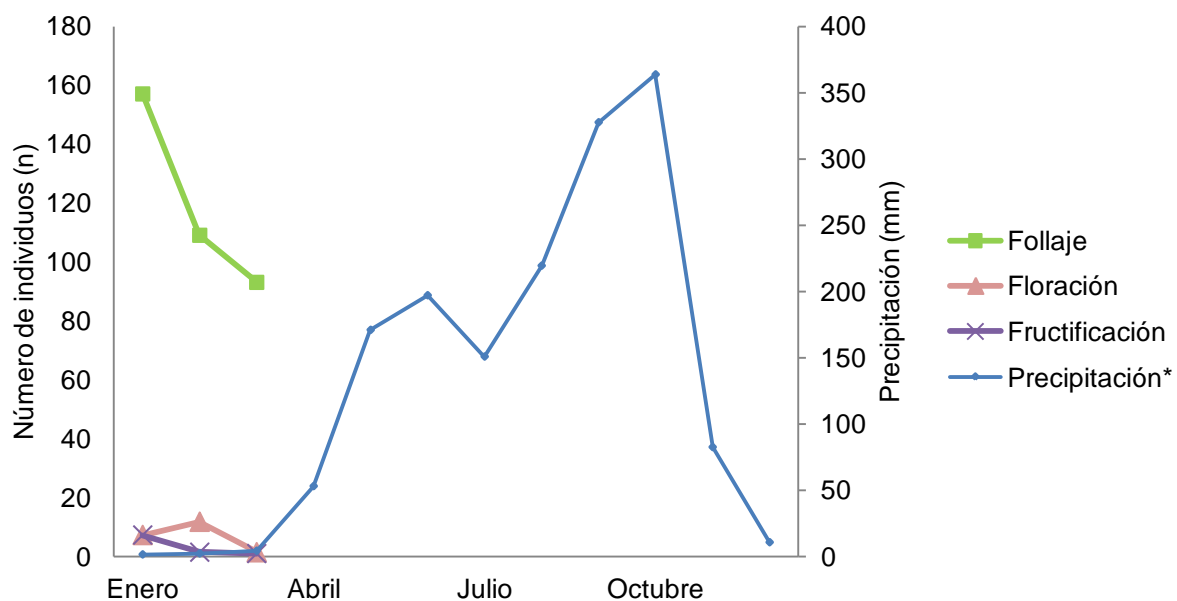


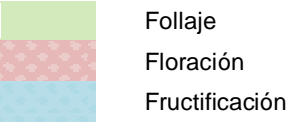
Figura 2. Promedio de la precipitación (mm) de los últimos 10 años y número de individuos observados con máxima foliación, floración y fructificación durante el monitoreo fenológico, Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

*Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (2013).

En el cuadro 2, se demuestran los porcentajes de máxima foliación, floración y fructificación por mes para cada una de las especies monitoreadas.

Cuadro 2. Porcentajes de máxima foliación, floración y fructificación por mes para cada una de las especies del monitoreo fenológico de árboles semilleros de especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical, Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Especie	Enero	Febrero	Marzo
<i>Acosmium panamense</i>	63,6	12,1	
	3		
	30,3	6,1	
<i>Albizia guachapele</i>	66,7	66,7	33,3
<i>Andira inermis</i>	100	100	100
<i>Astronium graveolens</i>	61,5	50	15,4
	7,7	7,7	
			3,8
<i>Manilkara chicle</i>	100	100	93,8
<i>Samanea saman</i>	83,6	36,4	21,8
			1,8
<i>Sideroxylon capiri</i>	84,2	100	100
	57,9	52,6	5,3
	21,1		
<i>Simarouba glauca</i>	75	100	75
			25
		25	
<i>Sterculia apetala</i>	50	48,1	63
	3,7	24,1	
	3,7		1,9
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	20,8		
		4,2	



Follaje
Floración
Fructificación

Se observó que todas las especies presentaron follaje. Ocho de las cuales lo mostraron en forma continua pues, el evento se manifestó durante los tres meses de observación.

Las especies que registraron el mayor porcentaje de individuos con hojas fueron *Andira inermis*, *Manilkara chicle*, *Sideroxylon capiri* y *Simarouba glauca*. La especie con menor manifestación de follaje fue *Tabebuia impetiginosa*.

Se encontró que las especies que más florecieron fueron *Sterculia apetala* y *Sideroxylon capiri*. Esta última presentó floración continua, sin embargo este patrón fue decreciendo de enero a marzo en donde pasó de 57.9% a un 5.3%. De las 10 especies estudiadas, *Samanea saman*, *Acosmium panamense* y *Tabebuia impetiginosa* fueron las que mostraron menor cantidad de flores. *Albizia guachapele*, *Andira inermis* y *Manilkara chicle* no presentaron flores en ninguno de los meses de observación.

Las especies que reportaron mayores valores de fructificación fueron *Acosmium panamense*, *Simarouba glauca* y *Sideroxylon capiri*. Cinco de las especies no mostraron frutos, ellas son *Albizia guachapele*, *Andira inermis*, *Manilkara chicle*, *Samanea saman* y *Tabebuia impetiginosa*.

La cantidad de árboles con infestación por lianas de acuerdo a la posición fitosociológica en el dosel se presenta en la Figura 3.

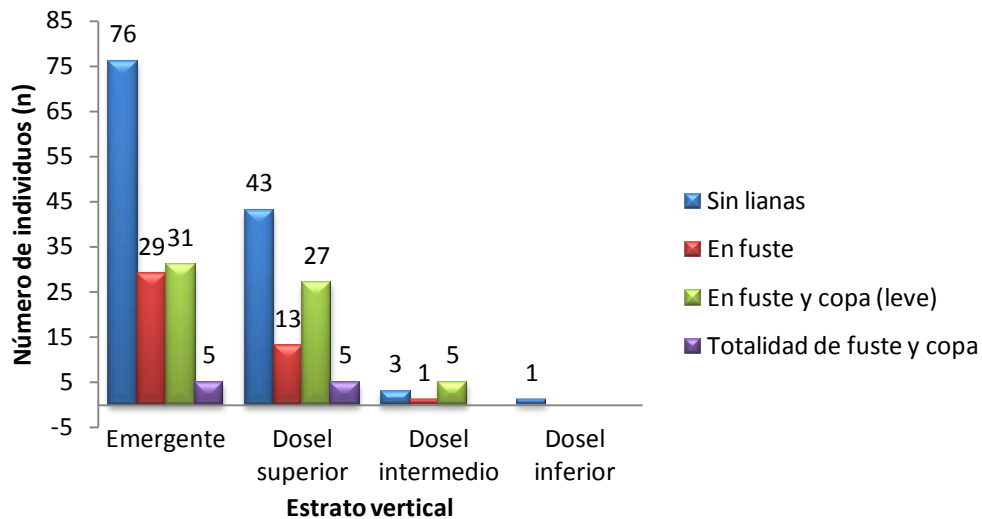


Figura 3. Número de árboles por estrato vertical para cada uno de los grados de infestación por lianas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Como se observa en la Figura 3, del total de árboles monitoreados se encontró un 48.5% (116) con algún grado de infestación por lianas, contra un 51.5% (123) que no registraron la presencia de estas. Un 26.4% de los árboles presentaron trepadoras a nivel de fuste y copa; un 18% (43) solamente en el fuste y 4.2% (10) las presentaron en la totalidad de su copa. El estrato con mayor número de árboles infestados por lianas fue el emergente para un 27.2%, el dosel superior con 18.8% y el dosel intermedio con 2.5%. Se presentó el mismo patrón de disminución en cuanto a la ausencia de trepadoras desde los emergentes con 31.8% hasta el dosel inferior solamente con 0.4%.

En el análisis de datos categóricos no se encontró relación alguna entre las variables follaje y presencia de lianas ($p=0,2436$), floración y presencia de lianas ($p=0,5237$), ni fructificación contra presencia de lianas ($p=0,0746$), lo cual indica que hay independencia entre la presencia de lianas y los patrones fenológicos de las especies arbóreas.

El Cuadro 3, muestra el número de árboles vistos con hojas en cada uno de los estratos verticales para las cuatro categorías estudiadas. La cantidad de individuos se debe a que algunos de los árboles fueron vistos en los diferentes meses de estudio con distinta magnitud en el patrón fenológico.

Cuadro 3. Número de árboles observados con follaje en cada estrato para las categorías fenológicas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Estrato vertical	Categoría de follaje				Total
	1	2	3	4	
Emergente	52	44	71	214	381
Dosel superior	35	23	33	124	215
Dosel intermedio	2	3	3	18	26
Dosel inferior	-	-	-	3	3
Total	89	70	107	359	625

El número de individuos vistos con hojas fue decreciendo, desde el nivel de los emergentes hasta el dosel inferior en las 4 categorías. Las cantidades totales por estratos son un 381 (61.0%) para los emergentes, 215 (34.4%) para el dosel superior, el dosel

intermedio con 26 (4.2%) y dosel inferior con 3 (0.5%). La mayor cantidad de árboles con follaje alcanzaron valores entre 76 y 100% de foliación (categoría 4).

La cantidad de árboles observados con flores en los diferentes estratos para cada una de las categorías de la fenofase se muestra en el Cuadro 4. Las diferencias en la cantidad de individuos se deben a que algunos de los árboles fueron vistos en los diferentes meses de estudio con distintos valores de floración.

Cuadro 4. Número de árboles observados con floración en cada estrato para las categorías fenológicas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Estrato vertical	Categoría de floración				Total
	1	2	3	4	
Emergente	25	17	24	35	101
Dosel superior	14	7	11	10	42
Dosel intermedio	-	-	-	-	-
Dosel inferior	-	-	-	-	-
Total	39	24	35	45	143

Para el dosel intermedio e inferior no se reportó ningún individuo con floración. Un 70.6% del total de los árboles vistos con flor pertenecen a los emergentes y un 29.4% al dosel superior. Se presentó variabilidad en la manifestación de flores entre las 4 categorías. La clase 4 presentó un 31.5% de floración, seguido de la clase 1 con 27.3%, un 24.5% para la clase 3 y por último un 16.8% para la categoría 2.

En el cuadro 5, se presenta la cantidad de árboles observados con frutos en cada estrato vertical de acuerdo a las categorías de la fenofase estudiada. El número de individuos se debe a que algunos de los árboles fueron vistos durante el monitoreo con distinta magnitud en el evento fenológico.

Cuadro 5. Número de árboles observados con frutos en cada estrato para las categorías fenológicas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Estrato vertical	Categoría de fructificación				Total
	1	2	3	4	
Emergente	126	14	21	18	179
Dosel superior	46	13	11	3	73
Dosel intermedio	2	-	-	-	2
Dosel inferior	-	-	-	-	-
Total	174	27	32	21	254

Del total de los individuos vistos con frutos, un 70.5% pertenece a los emergentes, un 28.7% a los del dosel superior y 0.8% del dosel intermedio. El mayor porcentaje de individuos vistos con frutos fue la categoría 1 con un 68.5%, mientras que para las categorías 2, 3 y 4 fue de 31.5%. En el dosel superior, la cantidad de frutos decrece progresivamente en todas las categorías hasta un obtener un 4.1% en los árboles que alcanzan más del 75% en fructificación.

En el Cuadro 6, se expone la cantidad de individuos y de especies en estado reproductivo en cada uno de los sitios de estudio dentro de la EEFH.

Cuadro 6. Número de individuos y de especies en estado reproductivo en cada uno de los sitios de estudio dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013.

Sitio	Flor (n)		Fruto (n)	
	Individuos	Especies	Individuos	Especies
Área administrativa	0	0	0	0
Bajo Sombra	1	1	0	0
Sendero Guaracho	2	1	2	1
Bejuco	2	2	1	1
La Guacimada	0	0	0	0
La Leona	0	0	3	1
Las Mesas	2	1	1	1
Loma Larga	6	1	0	0
Los Cedros	1	1	0	0
Potrero Los Nicas	0	0	0	0
Plantaciones	1	1	0	0
Potrero El Cortés	0	0	0	0
El Plión	0	0	1	1
La Laguna	1	1	1	1
Potrero Pedregal	1	1	0	0
Potrero Saravia	7	2	1	1
Potrero Rodrigo	0	0	1	1
Potrero Vaca Negra	7	4	4	1
Punta Plancha	3	2	0	0
San Pancho	3	1	0	0
Sendero Arboretum	0	0	0	0
Sendero El Saltillo	7	2	3	2
Sonsocuite	1	1	0	0
Potrero Tortuguilla	0	0	0	0
Potrero La Chancha	0	0	1	1
Potrero El Guácimo	0	0	2	1
Total	45	22	21	13

De los 239 individuos monitoreados, 45 especímenes (18.8%) fueron observados con flores y 21 (8.8%) con frutos. Al analizar floración y fructificación en conjunto, los sitios con mayor cantidad de individuos con flor y fruto fueron Potrero Vaca Negra y el Sendero El Saltillo.

Los sitios con más individuos floreados fueron Potrero Saravia, Potrero Vaca Negra y Sendero el Saltillo con 7 árboles cada uno, seguido de Loma Larga con 6 individuos. El Potrero Saravia y el Sendero El Saltillo presentaron las mismas especies con flores, estas fueron *Sideroxylon capiri* y *Sterculia apetala*, mientras que el Potrero Vaca Negra obtuvo la mayor cantidad de especies observadas con flores, ellas son *Acosmium panamense*, *Astronium graveolens*, *Sideroxylon capiri* y *Tabebuia impetiginosa*.

El sitio con mayor fructificación fue el Potrero Vaca Negra con 4 individuos, seguido de La Leona y Sendero el Saltillo con 3 árboles registrados en cada sitio. El Sendero el Saltillo fue el sitio que mostró la mayor cantidad de especies con fruto.

En la Figura 4, se observa la ubicación de los individuos seleccionados para el monitoreo fenológico en cada uno de los sitios dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes.

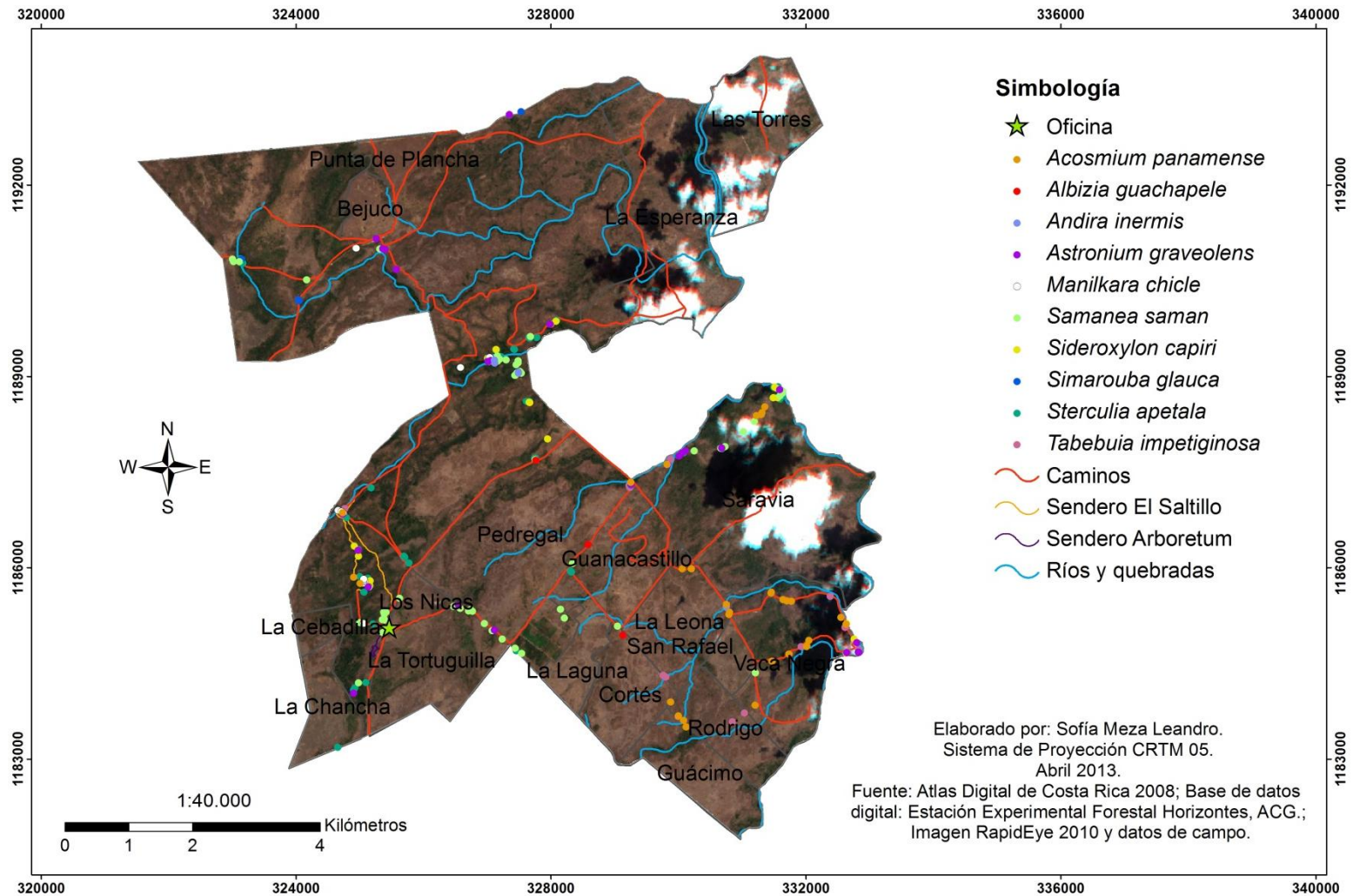


Figura 4. Ubicación de los árboles semilleros para el monitoreo fenológico. Fuente: Atlas Digital de Costa Rica 2008, Base de datos digital: Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG., Imagen RapidEye 2010 y datos de campo.

Discusión

El estudio de la fenología es trascendental para el entendimiento de la dinámica, coexistencia y conservación de las numerosas especies de los bosques tropicales (Vílchez *et al.* 2007). Los monitoreos fenológicos tienen como principal propósito, estudiar la frecuencia de los eventos biológicos periódicos en relación con otros factores bióticos y abióticos/ambientales que los condicionan; además, permiten desarrollar bancos de datos que sirven para futuras comparaciones y estudios; reunir información sobre el inicio, la culminación, la conclusión y la duración de cada etapa y correlacionarla con factores y elementos ambientales (Heuveldop *et al.* 1986). Debido a la importancia de la aplicación de la fenología, el presente monitoreo se concentró en follaje, la floración y fructificación, pues son las variables que comprenden el ciclo de vida de las plantas y determinan mucho de la dinámica, composición y patrones de colonización de las especies vegetales (Vílchez *et al.* 2007). Este trabajo permite evaluar la ocurrencia de los procesos fenológicos y evaluar las repuestas de las especies vegetales ante las variaciones climáticas que suceden.

De acuerdo con Borchert *et al.* (2004), las precipitaciones estacionales son el factor principal que rige las diferencias en los patrones de foliación, floración y fructificación en diferentes ecosistemas. En este estudio, la cantidad de individuos y especies con manifestación en alguna de las fenofases estudiadas varió durante el monitoreo de un mes a otro. Se evidenció la caída del follaje durante la época seca en muchos de los individuos. Kushwaha *et al.* (2011b) concluyeron que, en zonas tropicales las especies de árboles que presentan pérdida de hojas así como el inicio de la floración, en su mayoría son provocados por la variación de la temperatura durante la época seca, y/o lluvias durante la primera temporada de lluvias. Frankie *et al.* (1974) en bosques húmedos tropicales de Costa Rica, y Justiniano & Fredericksen (2000) en bosques secos de Bolivia, observaron una tendencia de caída de las hojas durante la estación seca. Estos dos últimos autores encontraron además, un pico de floración al final de esta época y que los picos de fructificación precedieron a los de floración con un intervalo de un mes. Por su parte, Frankie *et al.* (1974); Augspurger (1990); Bullock y Solís-Magallanes (1990); Borchert *et al.* (2004), encontraron que muchas especies utilizan el comienzo de la

estación lluviosa como señal para florecer, y que la producción de frutos se presenta de manera más continua durante el año con un aumento durante las lluvias. La abundancia de insectos polinizadores y de recursos que apoyan la floración, hacen que el comienzo de la estación lluviosa sea una época favorable para producir flores, mientras que la abundancia de nutrientes y el tiempo que transcurre hasta la sequía siguiente, hacen que esta época sea favorable para la germinación de semillas (Leigh Jr 1990).

Los patrones fenológicos de las especies estudiadas variaron en la magnitud de la manifestación de estos eventos. Singh y Kushwaha (2005) señalaron que los bosques secos tropicales presentan una gran diversidad de patrones fenológicos y gran variación interanual. Van Schaik *et al.* (1993) afirmaron que las fenofases presentan etapas de desarrollo que pueden estar interrelacionadas, por lo tanto la foliación, la floración y la fructificación pueden ocurrir con cierto grado de sincronía en especies o individuos. Vílchez *et al.* (2007), encontraron simultaneidad de floración y fructificación en varios individuos de especies como *Goethalsia meiantha*, *Pentaclethra maculosa*, *Iriartea deltoidea* y *Socratea exorrhiza*; mencionaron que esto puede deberse a que algunos individuos de estas especies florecieron parcialmente en algunas de sus ramas de la copa del árbol; posteriormente, otras ramas florecen mientras que algunas de las primeras flores ya se habían convertido en frutos, mostrando la simultaneidad de las flores y frutos en un tiempo determinado. Vílchez y Murillo (1995), en un análisis fenológico de jaúl (*Alnus acuminata*) en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica, encontraron que la dispersión de semillas se da al inicio de la época seca, producto de las floraciones del año anterior. Frankie *et al.* (1974) concluyeron que la duración de los eventos reproductivos es altamente variable entre especies. Cabe destacar que, en los árboles evaluados en este estudio fue mayor la cantidad de individuos vistos en fructificación que los observados en floración. Vílchez *et al.* (2004), afirmaron que esta razón se debe a la metodología empleada, en donde no todos los árboles fueron vistos con flores porque las evaluaciones se realizaron mensualmente. Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por estos autores, puesto que algunos de los individuos presentaron simultáneamente follaje, floración y fructificación, mientras que otros no.

La cantidad de individuos en reproducción varió entre las especies estudiadas. Rathcke & Lacey (1985); Primack (1985); Newstrom *et al* (1994); citado por Vílchez *et al* (2007), encontraron que esta variación, puede deberse a respuestas particulares de las especies

o gremios que conforman la comunidad, formas de vida, posición fitosociológica de los individuos en el dosel, la biología reproductiva de las especies o estrategias reproductivas uniendo o separando sexos en un individuo, en dioicos, monoicos o hermafroditas. Vílchez *et al.* (2004) mencionaron que la separación de los sexos en dos individuos diferentes no es lo más común en las especies vegetales. Para *Astronium graveolens* y *Simarouba glauca*, ambas especies dioicas, se encontró que no todos sus individuos presentaron flores o frutos durante los meses de observación. Wheelwright y Logan (2004) afirmaron que en los árboles hembra en plantas dioicas, el gasto energético es mucho mayor en la reproducción que en los masculinos ya que los árboles femeninos son los que producirán frutos y semillas. Bullock *et al.* (1983) estudiaron la especie dioica *Guarea rhopalocarpa* y encontraron que los patrones para los episodios de floración y fructificación fueron diferentes entre individuos masculinos y femeninos. Es probable que los árboles femeninos prioricen la formación de frutos, por eso, en el periodo donde se presentan frutos, los árboles abortan las flores en formación, ocasionando que al año siguiente la fructificación no esté presente (Artega 2007). En este estudio, los valores de la fenología reproductiva de ambas especies pueden estar relacionados con la sexualidad de los individuos como lo afirmó el autor anteriormente mencionado. Sin embargo, debido a que se desconoce el sexo de los árboles monitoreados no se confirma lo manifestado.

La reproducción de las especies pareció no ser afectada por la presencia de lianas. Se registraron árboles con distintos grados de infestación en casi la mitad de los individuos en estudio. Wright *et al.* (2005) encontraron que el efecto de las lianas sobre la reproducción de árboles coexistentes varía entre especies arbóreas. Garrido-Pérez *et al.* (2012), luego de una revisión bibliográfica concluyeron que, los efectos de las lianas sobre los árboles no sólo son dañinos, sino que pueden ser neutros e incluso positivos. Esos efectos dependen de la especie de liana, cambian temporal y espacialmente y pueden ser difusos en vez de enfocarse sobre especies arbóreas particulares. De acuerdo con los resultados obtenidos no se encontró relación entre las fenofases evaluadas y la presencia de trepadoras.

La variabilidad en reproducción de las especies según la posición fitosociológica en el dosel registró que la mayor cantidad de individuos con hojas, flores y frutos fueron los emergentes. *Sideroxylon capiri*, *Sterculia apetala*, *Simarouba glauca* y *Acosmium panamense* fueron las especies de mayor floración y/o fructificación en el estrato vertical,

estas pertenecen al gremio ecológico de las heliófitas, es decir, son intolerantes a la sombra. Vílchez *et al.* (2008) en su estudio sobre fenología reproductiva de especies del dosel en bosques de la Región Huetar Norte, Estación Biológica la Selva, Costa Rica, encontraron que en bosques viejos o primarios, secundarios intermedios y secundarios jóvenes, las cantidades de producción de flores y frutos fueron menores al 25%, el dosel que más produjo flores-frutos fue el inferior, en donde muchas de las especies que conforman este estrato cumplen todo su ciclo reproductivo en condiciones de tolerancia a la sombra. La diferencia en productividad por estratos en ambos estudios podría atribuirse a la ubicación y distribución de los individuos en el sitio, puesto que en el presente trabajo muchos de los árboles evaluados se encuentran en forma aislada, mientras que en la Estación Biológica La Selva no.

Herrerías-Diego *et al.* (2006), afirmaron que los árboles tropicales responden de manera diferente a la fragmentación de los bosques. Se observó una fuerte variación de los eventos reproductivos entre los sitios de la EEFH, que comprenden distintas formas de cobertura boscosa y pastizales. Quesada *et al.* (2003), afirmaron que el menor éxito reproductivo de plantas tropicales puede estar relacionado con la actividad de los polinizadores en hábitats perturbados y no perturbados. Estos autores, encontraron que hábitats perturbados o el aislamiento espacial afecta negativamente el éxito reproductivo de muchas plantas tropicales. Sin embargo, Stephenson (1992); citado por Quesada (2003), afirmó que los árboles en áreas perturbadas tienen recursos más limitados, por ejemplo, áreas con erosión del suelo y menos disponibilidad de agua, que los árboles en el bosque, de manera que, el éxito reproductivo podría estar influenciado por factores ambientales y no por la actividad de los polinizadores. Herrerías-Diego *et al.* (2006), afirmaron que la fragmentación afecta la reproducción de plantas pero no para todas las especies. Además, concluyeron que los árboles individuales en paisajes fragmentados pueden tener una especial importancia en los valores de conservación para algunas especies que no son afectadas negativamente por la fragmentación. Los resultados de este monitoreo coinciden con los autores citados, pues muestran que los individuos con los valores de máxima productividad en flor y fruto fueron los presentes en bosque y no los que se encontraron en forma aislada. No obstante, no hay que dejar de lado la posibilidad de que durante otro periodo de tiempo, sean otros sitios los de mayor productividad, ya que como mencionan estos autores, el éxito reproductivo puede depender de factores ambientales, de los polinizadores, y de factores endógenos de los

árboles. Rathcke & Lacey (1985), afirmaron que los patrones fenológicos pueden estar limitados por la morfología y la fisiología de la planta.

El conocimiento de información básica respecto al ciclo reproductivo de las especies, va a permitir entender su fenología durante la sucesión de las fenofases. Mantovani *et al.* (2003), afirmaron que el período reproductivo es un momento de gran importancia para la dinámica de las poblaciones y la supervivencia misma de la especie. Flores-Vindas (1999), se refiere a la antesis como la apertura de la flor con el estigma maduro y receptivo para la polinización. Es a partir de ese momento en donde los granos de polen provenientes de las anteras llegan al estigma de las flores y entran en contacto; luego de ocurrir varios procesos se da la germinación del grano de polen para dar paso a la fecundación del óvulo y dar lugar al embrión (Murcia 2002). Desde el momento en que ocurre la antesis hasta la maduración del fruto transcurren periodos de tiempo distintos para cada una de las especies. Dayanandan *et al.* (1990), en un estudio realizado en Sri Lanka para varias especies de *Shorea*, reportaron variaciones en el tiempo que pasa desde la antesis hasta el desarrollo de fruto. Por ejemplo, registraron que *Shorea megistophylla* tarda 95 días para madurar el fruto, en *S. affinis* es de 160-180 días y de 112-140 días para *Shorea spp.* El éxito reproductivo de las plantas depende de la cantidad de semilla que se produce, del éxito de la dispersión y de la germinación (Adler y Kielpinski 2000), así como de la capacidad de crecer, puesto que se desarrollan células, tejidos y órganos reproductivos (Raven *et al.* 1992).

Los registros de variabilidad en las características fenológicas son de ayuda para el desarrollo de planes de manejo de las especies. Considerando que, los estudios fenológicos permiten comprender mejor las respuestas de las comunidades forestales a su ambiente físico y biótico así como a su misma dinámica (Ortiz y Fournier 1983), se recomienda ampliar el periodo de recolección de datos fenológicos, además de complementar este estudio con información a nivel de usos y capacidad del suelo para comprender mejor el comportamiento de las especies en cuanto a floración, fructificación, biología reproductiva de las especies y producción de semilla. Jara (1997), afirmó que para lograr la conservación de las fuentes semilleras y el buen suministro de semilla, los planes de recolecta deben estar basados en el buen conocimiento de las fuentes disponibles. También, mencionó que debido a que las semillas no maduran todos los años al mismo tiempo, ni en la misma proporción, es necesario revisar los planes de recolecta

frecuentemente y dar un seguimiento al desarrollo de las flores y frutos. Es necesario identificar la procedencia de cada especie arbórea y no mezclar las semillas recolectadas de los distintos árboles, pues esto afecta en la evaluación de calidad y cantidad de semilla producida por individuo. Se sugiere aumentar el número de individuos a monitorear de las especies dioicas. Mantener registros de productividad para cada sitio, árbol y especie, proporciona información que permite evaluar la disponibilidad de recursos a lo largo del año, así como determinar las épocas oportunas para la recolección de frutos o semillas, lo cual aporta mayores beneficios en cuanto a reducción de costos, tiempos y movimientos en la recolecta pues se conoce la ubicación exacta del individuo.

El grado de infestación de lianas no presentó una aparente afectación sobre la fenología de las especies; sin embargo, antes de sugerir prácticas silviculturales como la liberación para favorecer la productividad en árboles semilleros, se debe cuantificar y determinar si el efecto de estas es positivo, negativo o neutro sobre los árboles que las portan, y si este depende del grado de infestación.

Se dice que el cambio climático es uno de los factores que podría alterar el ciclo reproductivo de la vegetación. Kushwaha *et al.* (2011a), afirmaron que las características ambientales afectan la floración y la fructificación directa o indirectamente, por lo que el impacto del cambio climático tendrá implicaciones en la reproducción de los árboles del trópico seco. Cualquier desviación en el inicio, el grado y la duración de los períodos húmedos y secos, pueden producir un cambio significativo de los eventos fenológicos (Kushwaha *et al.* 2011b), los cuales, suponen una de las primeras respuestas a un rápido cambio climático, que potencialmente podría tener graves consecuencias para las plantas y animales que dependen de los recursos vegetales disponibles periódicamente (Corlett & Lafrankie 1998). Singh y Kushwaha (2005), manifestaron que el conocimiento cuantitativo de los eventos fenológicos y niveles de asincronía entre individuos de la misma especie y entre especies diferentes, puede ser útil para evaluar el impacto de las perturbaciones ambientales en árboles tropicales de diferentes regiones geográficas. Este estudio fenológico, mostró que los individuos exhiben diversas respuestas de comportamiento a las condiciones climáticas. Kushwaha *et al.* (2011b), señalaron que los patrones fenológicos de plantas responden a las condiciones ambientales, y existe una diversidad fenológica en diferentes escalas de espacio y tiempo alrededor del mundo. La fenología de las plantas en bosque seco tropical ha sido ampliamente asociada con factores

exógenos, entre ellos, los más importantes son las horas de brillo solar, intensidad y la duración de la estación seca, la precipitación y temperatura (Augspurger 1990; Bullock y Solís-Magallanes 1990; Foster 1990; Mejía 1990), siendo la precipitación de obligada utilización, pues aparece evidente la relación entre las variaciones en el suministro de agua y variaciones en los procesos biológicos (Mejía 1990).

Conclusiones

El periodo de observación de las fenofases, no fue suficiente para lograr describir a totalidad el comportamiento fenológico de las especies.

Los eventos fenológicos de las especies arbóreas, responden de forma diferente a las condiciones climáticas conforme aumenta la época seca.

El follaje, floración y fructificación variaron entre especies.

La cuantificación de la fenología, permite conocer la productividad, disponibilidad de frutos y semillas de cada sitio, árbol y especie.

Referencias

- Adler, GH; Kielipinski, KA. 2000. Reproductive Phenology of a Tropical Canopy Tree, *Spondias mombin*. (en línea). *Biotropica*. 32 (4): 686-692. Consultado 05 abr 2013. Disponible en http://si-pddr.si.edu/jspui/bitstream/10088/1252/1/Adler_and_Kielipinski_2000.pdf
- Anderson, J.T.; Inouye, D.W.; McKinney, A.M.; Colautti, R.I.; Mitchell-Olds, T. 2012. Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 279: 3843–3852.
- Artega, L. 2007. Fenología y reproducción de semillas de especies arbóreas maderables en un bosque húmedo montano de Bolivia (PN ANMI Cotapata). (en línea). *Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb.* 21: 57-68. Consultado 09 abr 2013. Disponible en <http://www.cedsip.org/PDFs/ARTEAGA.pdf>
- Augspuer, CK. 1990. Una señal para la floración sincrónica. In: *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Eds. EG, Leigh Jr.; AS, Rand y DM, Windsor. Balboa, PA, Smithsonian Tropical Research Institute. p: 201-218.
- Birchler, T.; Rose, R.W.; Royo, A.; Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. (en línea). *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7: (1 y 2): 109-121. Consultado 09 set 2012. Disponible en http://www.inia.es/gcontrec/pub/11.T.BIRCHLER_1047630290178.pdf
- BOLFOS; PROMABOSQUE. 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). (en línea). Santa Cruz, BO. 52 p. Consultado 07 nov 2012. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacg821.pdf
- Borchert, R.; Meyer, SA.; Felger, RS.; Porter-Bolland, L. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecol Biogeogr* 13:409–425.

- Bullock, S.H. & Solís-Magallanes, J.A. 1990. Phenology of canopy trees in a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*. 22(1): 22-35.
- Bullock, S.H.; Beach, J.H.; Bawa, K. 1983. Episodic flowering and sexual dimorphism in *Guarea rhopalocarpa* in a Costa Rican rain forest. *Ecology*. 64: 851-861.
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR. CATIE. 53p.
- Camacho, M. y Orozco, L. 1998. Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca. (en línea). *Rev. Biología Tropical*. 46(3):533-542. Consultado 27 feb 2013. Disponible en http://www.biologiatropical.ucr.ac.cr/attachments/volumes/vol46-3/06_Camacho_Especies_arboreas.pdf
- Corlett RT. & Lafrankie, JV. 1998. Potential impacts of climate change on tropical asian forests through an influence on phenology. *Climatic Change*, 39:439–453.
- Dayanandan, S.; Attygalla, DNC.; Abeygunasekera, AWWL.; Gunatilleke, IAUN.; Gunatilleke, CVS. 1990. Phenology and floral morphology in relation to pollination of some Sri Lankan dipterocarps. Bawa, K. and Halley, M. Eds. *Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants*. Paris, FR. UNESCO. Vol 7. p 103-134.
- Di Rienzo, J.A; Casanoves, F; Balzarini, B.G; Gonzales, L; Tablada, M; Robledo, C.W. 2012. Infostat versión 2012e. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, AR.
- Feeley, KJ.; Wright, SJ; Supardi Md.Nor, N; Kassim, AR; Davies, SJ. 2007. Decelerating growth in tropical forest trees. (en línea). *Ecology Letters*.10 (1): 1-9. Consultado 09 set 2012. Disponible en http://si-pddr.si.edu/dspace/bitstream/10088/11888/1/stri_Feeley_et_al_2007.pdf
- Flores-Vindas, E. 1999. La Planta: estructura y función. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Vol 2. 883 p.

- Foster, RB. 1990. Ciclo estacional de caída de frutos en la isla de Barro Colorado. In Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Eds. EG, Leigh Jr.; AS, Rand y DM, Windsor. Balboa, PA. Smithsonian Tropical Research Institute. p: 219-242.
- Fournier, LA. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas de árboles. Turrialba. 24:422-423 (en línea). Consultado 18 set 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/52137347/Intensidade-de-Fournier-1974>
- Frankie, GW.; Baker, HG.; Opler, PA. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. The Journal of Ecology. 62(3): 881-919.
- Garrido Pérez, E.I.; Durán, R.; Gerold, G. 2012. Las relaciones liana-árbol: repercusiones sobre las comunidades arbóreas y sobre la evolución de los árboles. (en línea). Interciencia. 37(3): 183-189. Consultado 26 abr 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/339/33922725004.pdf>
- Gutiérrez, M. 2013. La Estación Experimental Forestal Horizontes y el Corredor Biológico Rincón Cacao: La investigación forestal en cifras. Liberia, CR. MINAE-SINAC.18p.
- Herrerías-Diego, Y.; Quesada, M.; Stoner, K.; Lobo, JA. 2006. Effects of Forest Fragmentation on Phenological Patterns and Reproductive Success of the Tropical Dry Forest Tree *Ceiba aesculifolia*. (en línea). Conservation Biology. 20(4):1111-1120. Consultado 20 abr 2013. Disponible en http://ww2.oikos.unam.mx/CIEco/polinizacion/files/Herrerias,%20Quesada,%20Stoner,%20Lobo_%202006%20_%20FragmentationCeiba_ConBio.pdf
- Heuveldop, J.; Pardo, J.; Quirós, S.; Espinoza, L. 1986. Agroclimatología Tropical. San José, CR. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 378 p.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2013. Datos meteorológicos. Estación meteorológica Aeropuerto Daniel Oduber. San José, CR.

- Jara, LF. 1997. Recolección y manejo de semillas forestales antes del procesamiento. Planeación de recolección de semillas. CATIE. Proyecto de semillas forestales. Danida Forest Seed Centre. Turrialba, CR. 65 p.
- Jiménez, Q. y Poveda, L.J. 1991. Árboles maderables nativos de Costa Rica. Ed. P. Sánchez-Vindas. Museo Nacional de Costa Rica. Herbario Nacional de Costa Rica. San José, CR. 32p.
- Justiniano, MJ. & Fredericksen, TS. 2000. Phenology of Tree Species in Bolivian Dry Forests. *Biotropica* 32 (2): 276-281.
- Kushwaha, CP.; Tripathi, SK.; Singh, KP. 2011a. Tree specific traits affect flowering time in Indian dry tropical forest. *Plant Ecology* 212:985–998
- Kushwaha, CP; Tripathi, SK; Tripathi, BD; Singh, KP. 2011b. Patterns of tree phenological diversity in dry tropics. *Acta Ecologica Sinica*. 31 (4): 179-185
- Larcher, W. 1983. *Physiological Plant Ecology*. Trad. Der Pflanzen, Ö. 2 ed. Berlin, DE. Springer-Verlag. 303 p.
- Leigh Jr., EG. 1990. Introducción: La selección natural y los ciclos del bosque. In *Ecología de un bosque tropical, ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Eds. EG, Leigh Jr.; AS, Rand y DM, Windsor. Balboa, PA. Smithsonian Tropical Research Institute. p: 175-178.
- Mantovani, M.; Ruschel, AR.; Sedrez dos Reis, M.; Puchalski, A.; Nodari, RO. 2003. Fenologia reproductiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. (en línea). *Revista Árvore*. 27: 451-458. Consultado 26 abr 2013. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000400005

- McCarty, J.P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. (en línea). *Conservation Biology* 15(2):320-331. Consultado 02 oct 2012. Disponible en <http://crs.itb.ac.id/media/jurnal/Refs/Landscape/Climate%20change%20n%20ecology.pdf>
- Medina, W. 2008. Base de datos digital: Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG. (shp file .shx file .dbf file). Guanacaste, CR. MINAE-SINAC.
- Mejía, MG. 1990. Fenología: Fundamentos y métodos. (en línea). In. Seminario Taller en Semillas Forestales Tropicales (2º Bogotá, Colombia). Memoria. Ed. T. Triviño. Bogotá, CO. p. 65-79. Consultado 05 abr 2013. Disponible en <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/18362/18362.pdf>
- Molina, MA.; Brenes, G.; Morales, D. 1996. Descripción y viverización de 14 especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical. (en línea). Grecia, CR. Editorial ESFERA. Consultado 09 abr 2013. Disponible en http://www.academia.edu/404438/Descripcion_y_Viverizacion_de_14_especies_forestales_nativas_del_Bosque_Seco_Tropical_Vol_1
- Murcia, C. 2002. Ecología de la polinización. In: Ecología de la conservación de los Bosques Neotropicales. Eds. Guariguata, MR. y Kattan, GH. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. p 493-530.
- Murillo, O. y Badilla, Y. 2010. Calidad de la plantación forestal. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 67 p.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). (en línea). UNFCCC. 26p. Consultado 09 set 2012. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Ortiz, E. 2008. Atlas digital de Costa Rica 2008. (CD-Rom). Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 1 CD-Rom.

- Ortiz, R. y Fournier, L.A. 1983. Comportamiento fenológico de un bosque pluvial de premontano en Cataratitas de San Ramón, Costa Rica. (en línea). *Revista Biología Tropical*. 31(1): 69-74. Consultado 20 mar 2013. Disponible en http://www.biologiatropical.ucr.ac.cr/attachments/volumes/vol31-1/08_Ortiz_Bosque_pluvial.pdf
- Quesada, M; Stoner, KE; Rosas Guerrero, V; Palacios-Guevara, C; Lobo, JA. 2003. Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a dry forest: implications for the reproductive success of the Neotropical tree *Ceiba grandiflora*. (en línea). *Oecologia*. 135:400-406. Consultado 20 abr 2013. Disponible en <http://ww2.oikos.unam.mx/CIEco/polinizacion/files/Quesadaetal2003Oecologia.pdf>
- Rathcke, B. & Lacey, EP. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. (en línea). *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214. Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.uncg.edu/bio/faculty/Elizabeth_Lacey/lab/RathckeLacey_AnRevEcoSyst85.pdf
- Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhom, S.E. 1992. *Biología de las plantas*. (en línea). 4ta ed. Barcelona, ES. Editorial Reverté. Vol 2. 777p. Consultado 10 may 2013. Disponible en <http://books.google.co.cr/books?id=xvNd3udrh1YC&pg=PA475&lpg=PA475&dq=factores+que+afectan+crecimiento+de+plantas&source=bl&ots=jld5QHKGYJ&sig=d6TvtayVXLgpPzX5WWqa3jznaf8&hl=es-419&sa=X&ei=XOGRUYmnLtOy0QHgmYHQDA&ved=0CGkQ6AEwBw#v=onepage&q&f=false>
- Singh, KP. y Kushwaha, CP. 2005. Emerging paradigms of tree phenology in dry Tropics. (en línea). *CURRENT SCIENCE*. 89 (6):964-975. Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.agroparistech.fr/geeft/Downloads/Training/TropEcol/Bib_exercise/2.2b.pdf

- Van Schaik, CP; Terborgh, JW; Wright, SJ. 1993. The phenology of tropical forest: adaptive significance and consequences for primary consumers. (en línea). Annual Review of Ecology and Systematics. 24: 353-377. Consultado 24 abr 2013. Disponible en http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/1993_SJW_ANNREVECOLSYST.pdf
- Vílchez, B.; Chazdon, R.; Alvarado, W. 2008. Fenología reproductiva de las especies del dosel en bosques secundarios y primarios de la región Huetar Norte de Costa Rica y su influencia en la regeneración vegetal. (en línea). Kurú: Revista Forestal. 5 (15):1-18. Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior15/pdf/articulo%202.pdf
- Vílchez, B.; Chazdon, R.; Alvarado, W. 2007. Fenología reproductiva de las especies del dosel superior en seis sitios de la Región Huetar Norte de Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal. 4 (10):1-16. Consultado 06 abr 2013. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/docencia/forestal/revista_kuru/anteriores/anterior10/pdf/articulo%202.pdf
- Vílchez, B.; Chazdon, R.; Redondo, A. 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. (en línea). Kurú: Revista Forestal. 1(2):1-10. Consultado 06 abr 2013. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior2/pdf/Articulo%201.pdf
- Vílchez, B.; Murillo, O. 1995. Análisis fenológico y de la biología reproductiva del jaúl (*Alnus acuminata*) en Costa Rica. Tecnología en Marcha. 12(3):65-73.
- Wheelwright, NT. y Logan, BA. 2004. Previous-year reproduction reduces photosynthetic capacity and slows lifetime growth in females of a neotropical tree. (en línea). Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). 101(21):8051-8055. Consultado 09 set 2012. Disponible en <http://www.pnas.org/content/101/21/8051.full.pdf>

World Meteorological Organization (WMO); United Nations Environment Programme (UNEP). 1995. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Second Assessment, Climate Change 1995. (en línea). World Meteorological Organization (WMO). Ginebra, CH. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, KE. 63p. Consultado 02 oct 2012. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>

Wright, S.J.; Jaramillo, M.A.; Pavón, J.; Condit, R.; Hubbell, S.P.; Foster, R.B. 2005. Reproductive size thresholds in tropical trees: variation among individuals, species and forests. (en línea). *Journal of Tropical Ecology*. 21: 307-315. Consultado 26 abr 2013. Disponible en <http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/WrightConditEtAl.JTE2005.pdf>

Anexo

Anexo 1. Protocolo para el establecimiento de un monitoreo fenológico para especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical.



Instituto Tecnológico de Costa Rica.

**Protocolo para el establecimiento de un
monitoreo fenológico para especies
forestales nativas del Bosque Seco
Tropical.**

**Estación Experimental Forestal Horizontes.
Área de Conservación Guanacaste,
Costa Rica.**



Cartago, Costa Rica.

2013

Ana Sofía Meza Leandro.



INTRODUCCIÓN

Existe una creciente preocupación por el impacto a escala global que está ocasionando el ser humano sobre varios procesos ecológicos (Fournier y Di Stéfano 2004). Se dice que las actividades humanas afectan las condiciones ambientales en todo el mundo. Producen cambios en las poblaciones, rangos de distribución, composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas debidos a las variaciones en el clima (World Meteorological Organization (WMO) and United Nations Environment Programme (UNEP) 1995; McCarty 2001).

El cambio climático se define como una alteración del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que modifica la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Organización de las Naciones Unidas (ONU) 1992). Anderson *et al.* (2012), mencionaron que el cambio climático antropogénico ha alterado el calendario de las principales transiciones del ciclo vital, como el inicio de la reproducción; tanto así que, la plasticidad fenotípica y evolución adaptativa puede subyacer rápidos cambios fenológicos en respuesta a las modificaciones del ambiente.

El fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS), se considera como el evento que afecta el ciclo natural de regeneración de las plantas. Borchert *et al.* (2002), compararon los patrones fenológicos durante la estación seca regular en bosques semi-caducifolios de Guanacaste, con las modificaciones fenológicas causadas por fenómeno del Niño de 1997. Estos autores encontraron que la sequía anormal entre junio y agosto de 1997, incluyendo el veranillo, modificó los patrones de la fenología vegetativa en muchas especies. Wright & Calderón (2006), en un estudio realizado en Isla Barro Colorado, afirmaron que eventos de este tipo pueden ser perjudiciales para la reproducción de las plantas, debido a que este influyó en los niveles cuantitativos de producción de flores y semillas. Además, señalaron

que durante este fenómeno, se produce una serie de anomalías climáticas que podrían contribuir a cambios de dirección en la dinámica y estructura de los bosques tropicales.

La fenología es el estudio de fases del ciclo de vida de las plantas, la brotación de hojas, floración, fructificación y la senescencia, con respecto a la duración de estos eventos a lo largo del año (Larcher 1983). Birchler *et al.* (1998), se refieren a este concepto, como una adaptación que hace posible la supervivencia y crecimiento de las plantas bajo las condiciones ambientales y ecológicas existentes. Adler & Lambert (2008), mencionaron que estudios realizados por Janzen (1967); Daubenmire (1972); Frankie *et al.* (1974), Foster (1982) y Croat (1978), encontraron que en los bosques tropicales que experimentan un clima estacional, muchas de las plantas muestran distintos patrones estacionales en sus actividades vegetativas y reproductivas.

Fournier y Salas (1966), señalaron que las variaciones climáticas pueden producir cambios en las características fenológicas de una especie, siendo estas últimas un indicador de respuesta de estos organismos a las condiciones del clima. Vilchez *et al.* (2004), manifestaron que en trabajos sobre fenología tropical, autores como Frankie *et al.* (1974); Opler *et al.* (1980) y Foster (1990), hallaron variaciones en la producción de flores y frutos en diferentes años, esta depende de la intensidad y la duración de la estación seca, de las formas de vida y de la posición fitosociológica de las especies en el dosel. Además, observaron diferencias en los picos de producción entre y dentro especies.

Los monitoreos fenológicos tienen como principal propósito, estudiar la frecuencia de los eventos biológicos periódicos en relación con otros factores bióticos y abióticos/ambientales que los condicionan; además, permiten desarrollar bancos de datos que sirven para futuras comparaciones y estudios; reunir información sobre el inicio, la culminación, la conclusión y la duración de cada etapa y correlacionarla con factores y elementos ambientales (Heuvelop *et al.* 1986). Debido a esto, se planteó el objetivo de este trabajo, el cual fue elaborar un Protocolo para el establecimiento de un monitoreo fenológico para especies forestales nativas del Bosque Seco Tropical, para evaluar el comportamiento de los patrones fenológicos, de manera que permita estudiar la interacción entre las plantas y los cambios estacionales que ocurren en su entorno.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	ii
PROTOCOLO PARA MONITOREO FENOLÓGICO.....	1
1. Información sobre la ubicación del sitio de estudio.....	1
2. Selección de los individuos.....	1
3. Ubicación de los árboles.....	1
4. Medición de los individuos.....	1
Medición del diámetro.....	1
Marcación de los árboles en el campo.....	3
Posición o iluminación de copa.....	4
Forma de copa.....	4
Presencia de lianas.....	6
Estado fitosanitario.....	7
5. Medición de los patrones fenológicos.....	7
6. Descripción de los patrones fenológicos.....	11
REFERENCIAS.....	13

PROTOCOLO PARA MONITOREO FENOLÓGICO

1. Información sobre la ubicación del sitio de estudio

Se debe registrar la siguiente información: país, provincia, cantón, distrito, sitio. Además de las coordenadas geográficas latitud y longitud, en grados decimales.

2. Selección de los individuos

Cada individuo a monitorear, se debe identificar y seleccionar tomando en cuenta diferentes variables. Por ejemplo, la cercanía a los caminos de acceso, debido a que esto facilitará su seguimiento mensual.

3. Ubicación de los árboles

Se registra la ubicación física de cada uno de los árboles tomando sus coordenadas con un receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

4. Medición de los individuos

Medición del diámetro

El diámetro de referencia se mide sobre la corteza del árbol a 1.30 metros del suelo (diámetro a la altura del pecho, dap), o a una distancia específica sobre las gambas u otra irregularidad en el fuste, como se muestra en la Figura 1 (Camacho 2000). Esta variable se determina con cinta diamétrica graduada en centímetros y milímetros preferiblemente.

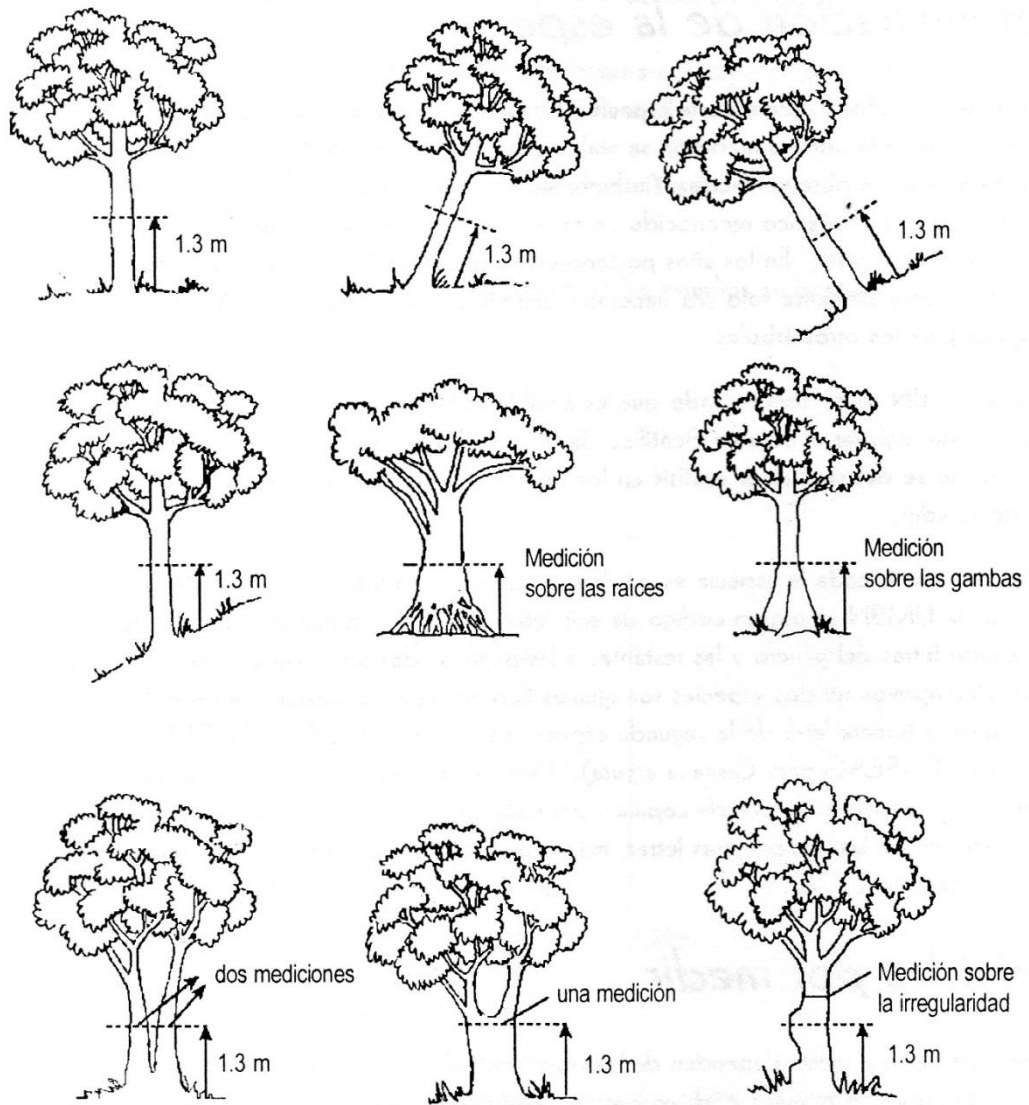


Figura 1. Reglas para guiar la medición del diámetro de referencia en árboles, tomado de Camacho (2000).

Marcación de los árboles en el campo

Cada árbol se marca con un número pintado en el tronco y troquelado en una placa de aluminio. El número del árbol en la placa de aluminio se escribe de arriba hacia abajo y debe coincidir con el número pintado en el fuste. La placa debe ser clavada en el fuste, utilizando clavos de aluminio preferiblemente, 10 centímetros por arriba de donde se midió el diámetro. El clavo no debe ser introducido en su totalidad en el fuste (Figura 2).

Figura 2. Forma de clavar la placa de aluminio en los árboles.



En los casos de árboles con gambas se coloca la placa en un lugar visible (Figura 3).

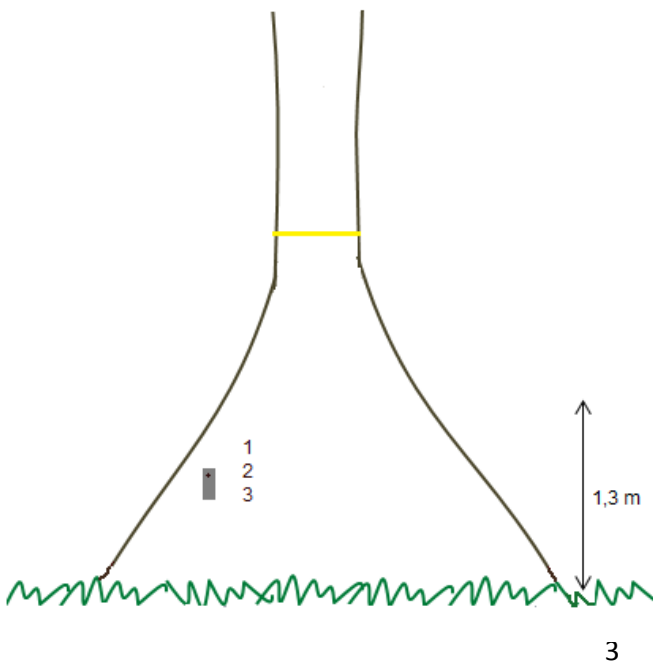


Figura 3. Forma de colocar el número y la placa para árboles con gambas que obligan a mover el punto de medición del diámetro.

Posición o iluminación de copa

De acuerdo con Camacho (2000), la iluminación de la copa se refiere a la posición relativa de la copa de cada árbol y sus vecinos de igual o mayor tamaño. Para evaluar esta variable se utiliza la clasificación desarrollada por Dawkins (1958) (Figura 4).

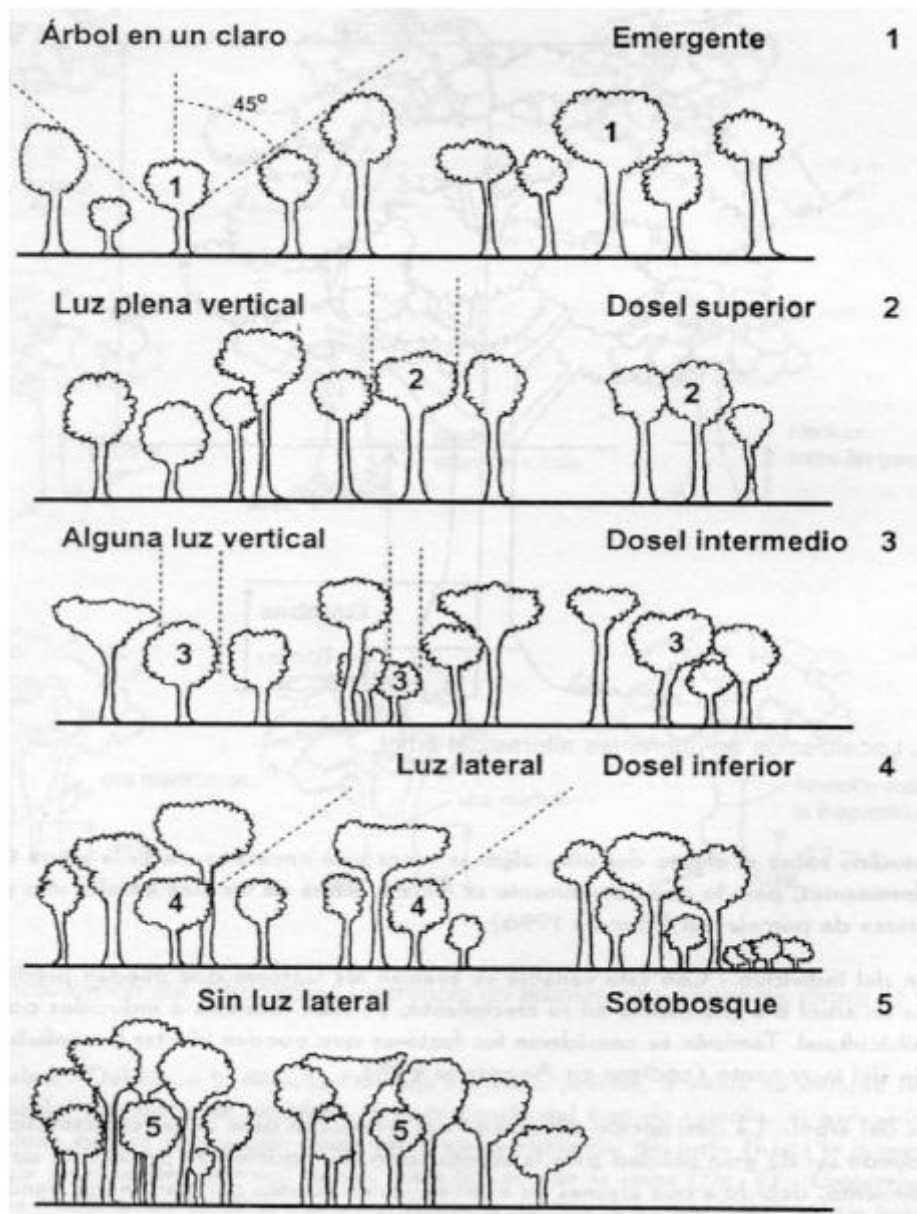


Figura 4. Esquematización de los grados de iluminación de la copa según Dawkins (1958), tomado de Camacho (2000).

Forma de copa

La forma de la copa representa un índice de vigor del individuo, y por lo general se relaciona con las probabilidades de crecer y sobrevivir del árbol (Camacho 2000). La Figura 5 muestra la clasificación utilizada para estimar los valores de esta variable, según el criterio de Dawkins (1958) adaptada por Synnott (1979).

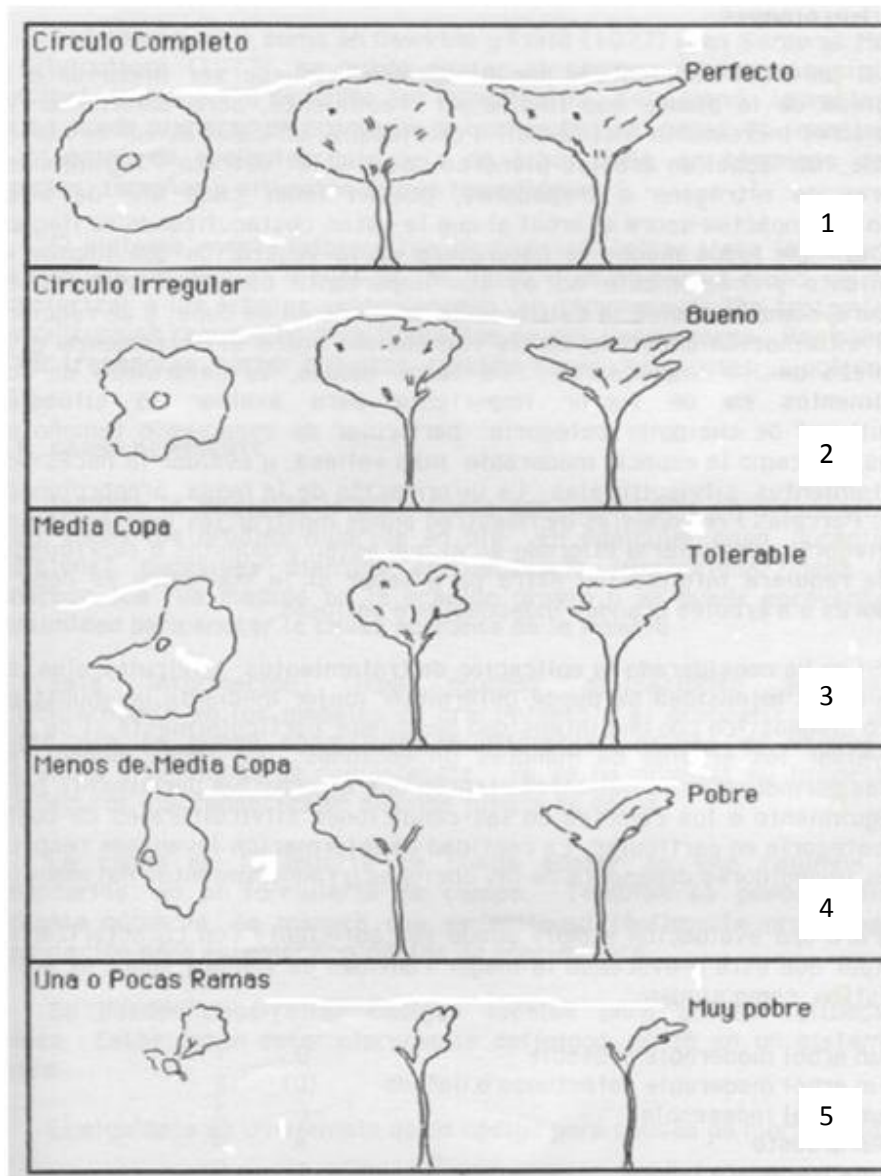


Figura 5. Esquematación de los valores de forma de copa de Dawkins (1958) adaptado por Synnott (1979), tomado de Camacho (2000).

Presencia de lianas

El efecto de las lianas sobre la reproducción de los árboles coexistentes varía entre las especies (Wright *et al.* 2005). Estos efectos no sólo son dañinos para los árboles que las portan, sino que pueden ser neutros e incluso positivos; además, dependen de la especie de liana, cambian temporal y espacialmente y pueden ser difusos en vez de enfocarse sobre especies arbóreas particulares (Garrido-Pérez *et al.* 2012).

La Figura 6, muestra la evaluación de la presencia o infestación de acuerdo con Lowe & Walter (1977), quienes consignaron cuatro categorías de infestación.

Representación	Descripción	Código
	Libre de bejucos: Arbol libre de trepadoras.	1
	Presencia en el fuste: Trepadoras presentes solamente en el fuste, la copa está exenta.	2
	Presencia (leve) en el fuste y copa: Presencia de trepadoras en el fuste y la copa, pero no afectan el crecimiento terminal.	3
	Presencia en fuste y copa (afecta el crecimiento): La totalidad de copa cubierta por las trepadoras y el crecimiento terminal está seriamente afectada.	4

Figura 6. Grado de infestación de lianas y bejucos de Lowew & Walkey (1997), tomado de BOLFOR; PROMABOSQUE (1999).

Estado fitosanitario

El estado fitosanitario registra en forma conjunta la incidencia y la severidad del problema sanitario bajo las siguientes categorías, de acuerdo con la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2010):

1. Totalmente sano: sin evidencia de problemas fitosanitarios y con buena nutrición aparente.
2. Aceptablemente sano: con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de un 50%.
3. Árbol enfermo: con problemas fitosanitarios que evidentemente afectan su normal desarrollo o el problema tiene ya un alto impacto económico, es decir, si más del 50% del fuste presenta el problema.

5. Medición de los patrones fenológicos

Las evaluaciones de los patrones fenológicos, follaje, floración y fructificación, se deben de realizar mensualmente. Las observaciones se realizan desde el piso del bosque utilizando binoculares. Cada mes se anota la cantidad de hojas, flores y frutos de acuerdo con la metodología de Fournier (1974), la cual facilita la evaluación cuantitativa de las diferentes características fenológicas de cada miembro en una muestra, y permite obtener gráficamente los períodos del comportamiento reproductivo de las especies de árboles (Vilchez *et al.* 2004).

La metodología consiste en la aplicación de la siguiente escala para cada estadio:

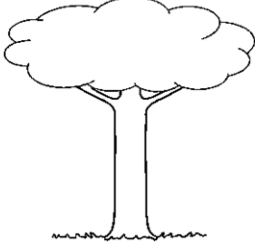
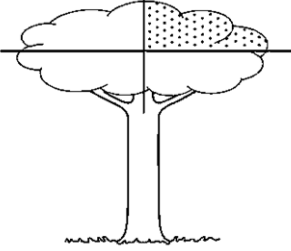
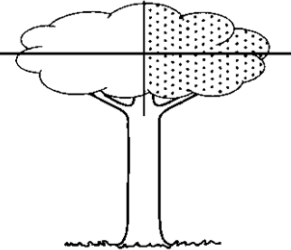
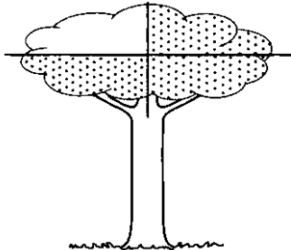
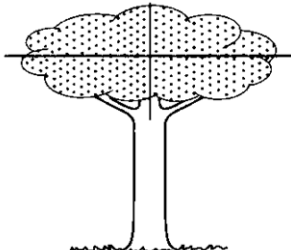
Escala	Presencia de la característica	Representación
0	Ausencia de la característica	
1	presencia de la característica, con una magnitud entre 1-25%	
2	presencia de la característica, con una magnitud entre 26-50%	
3	presencia de la característica, con una magnitud entre 51-75%	
4	presencia de la característica, con una magnitud entre 76-100%	

Figura 7. Representación de la metodología de Fournier (1974), para la evaluación cuantitativa de las diferentes características fenológicas.



De acuerdo a la metodología de Fournier (1974), en las Figuras 8, 9, 10, 11 y 12, se muestran ejemplos de la clasificación de los patrones fenológicos según la magnitud de estos eventos.

Figura 8. Ausencia de las características fenológicas (escala 0).



Figura 9. Magnitud entre 1-25% de la característica fenológica follaje (escala 1).



Figura 10. Presencia de follaje en *Samanea saman* con valor entre 26-50% (escala 2).



Figura 11. Presencia de floración en *Tabebuia impetiginosa* con magnitud entre 51-75% (escala 3).



Figura 12. Presencia de follaje en *Sideroxylon capiri* con valor mayor al 75% (escala 4).



6. Descripción de los patrones fenológicos

Para evaluar los patrones de follaje, floración y producción de frutos de las especies del dosel, se recomienda utilizar la metodología de Newstron *et al.* (1994). Esta es usada para medir y clasificar los patrones de floración de la misma zona de estudio, la cual fue modificada por Vilchez *et al.* (2008). Se contemplan cuatro principales patrones:

1. Patrón continuo: la producción flores, frutos u hojas cesa esporádicamente y por poco tiempo.
2. Patrón subanual: es más irregular y poco entendido, la floración, fructificación o follaje ocurre en cualquier época del año y a intervalos variables.
3. Patrón anual: tiene un episodio de floración, fructificación o follaje al año.
4. Patrón supranual: tiene episodios florales, de frutos o de follaje en ciclos de varios años.

Se considerarán períodos breves los menores o iguales a un mes, los intermedios entre 1 y 5 meses y extensos los mayores de 5 meses.

REFERENCIAS

- Adler, GH. & Lambert, TD. 2008. Spatial and temporal variation in the fruiting phenology of palms in isolated stands. (en línea) *Plant Species Biology*, 23 (1): 9-17. Consultado 09 set 2012. Disponible en http://si-pddr.si.edu/dspace/bitstream/10088/11735/1/stri_Adler_and_Lambert_2008.pdf
- Anderson, J.T.; Inouye, D.W.; McKinney, A.M.; Colautti, R.I.; Mitchell-Olds, T. 2012. Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 279: 3843–3852.
- Birchler, T.; Rose, R.W.; Royo, A.; Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. (en línea). *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7: (1 y 2): 109-121. Consultado 09 set 2012. Disponible en http://www.inia.es/gcontrec/pub/11.T.BIRCHLER_1047630290178.pdf
- BOLFOR; PROMABOSQUE. 1999. Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). (en línea). Santa Cruz, BO. 52 p. Consultado 07 nov 2012. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacg821.pdf
- Borchert, R.; Rivera, G.; Hagnauer, H. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and Rain. (en línea). *BIOTROPICA* 34(1): 27-39. Consultado 07 oct 2012. Disponible en <http://www.aseanbiodiversity.info/Abstract/51011617.pdf>
- Camacho, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: guía para el establecimiento y medición. Turrialba, CR. CATIE. 53p.
- Fournier, L.A.; Di Stéfano, J.F. 2004. Variaciones climáticas entre 1988 y 2001, y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 28 (1): 101-120.

- Fournier, LA. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas de árboles. Turrialba. 24:422-423 (en línea). Consultado 18 set 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/52137347/Intensidade-de-Fournier-1974>
- Fournier, LA.; Salas, S. 1966. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. (en línea). Rev. Biol. Trop. 14 (1):75-85. Consultado 09 set 2012. Disponible en <http://www.biologiatropical.ucr.ac.cr/attachments/volumes/vol14-1/07-Fournier-Floracion.pdf>
- Garrido Pérez, E.I.; Durán, R.; Gerold, G. 2012. Las relaciones liana-árbol: repercusiones sobre las comunidades arbóreas y sobre la evolución de los árboles. (en línea). Interciencia. 37(3): 183-189. Consultado 26 abr 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/339/33922725004.pdf>
- Heuveldop, J.; Pardo, J.; Quirós, S.; Espinoza, L. 1986. Agroclimatología Tropical. San José, CR. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 378 p.
- Larcher, W. 1983. Physiological Plant Ecology. Trad. Der Pflanzen, Ö. 2 ed. Berlin, DE. Springer-Verlag. 303 p.
- McCarty, J.P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. (en línea). Conservation Biology 15(2):320-331. Consultado 02 oct 2012. Disponible en <http://crs.itb.ac.id/media/jurnal/Refs/Landscape/Climate%20change%20n%20ecology.pdf>
- Murillo, O. y Badilla, Y. 2010. Calidad de la plantación forestal. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 67 p.
- Newstrom, L.E., Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. Biotropica 26: 141-159.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). (en línea). UNFCCC. 26p. Consultado 09 set 2012. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Vilchez, B.; Chazdon, R.; Alvarado, W. 2008. Fenología reproductiva de las especies del dosel en bosques secundarios y primarios de la región Huetar Norte de Costa Rica y su influencia en la regeneración vegetal. (en línea). Kurú: Revista Forestal 5 (15). Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/antiores/anterior15/pdf/articulo%202.pdf

Vilchez, B.; Chazdon, R.; Redondo, A. 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. (en línea). Kurú: Revista Forestal: 1(2). Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/antiores/anterior2/pdf/Articulo%201.pdf

World Meteorological Organization (WMO); United Nations Environment Programme (*UNEP*). 1995. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Second Assessment, Climate Change 1995. (en línea). *World Meteorological Organization (WMO)*. Ginebra, CH. United Nations Environment Programme (*UNEP*). Nairobi, KE. 63p. Consultado 02 oct 2012. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>

Wright, S. & Calderón, O. 2006 Seasonal, El Niño and longer term changes in flower and seed production in a moist tropical forest. (en línea). *Ecology Letters* 9: 35–44. Consultado 09 set 2012. Disponible en http://si-pddr.si.edu/jspui/bitstream/10088/4182/1/Wright_and_Calderon_2006.pdf

Wright, S.J.; Jaramillo, M.A.; Pavón, J.; Condit, R.; Hubbell, S.P.; Foster, R.B. 2005. Reproductive size thresholds in tropical trees: variation among individuals, species and forests. (en línea). *Journal of Tropical Ecology*. 21: 307-315. Consultado 26 abr 2013. Disponible en <http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/WrightConditEtAl.JTE2005.pdf>



Agradecimiento:

Estación Experimental Forestal Horizontes.



Área de Conservación Guanacaste.



Instituto Tecnológico de Costa Rica.