



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.

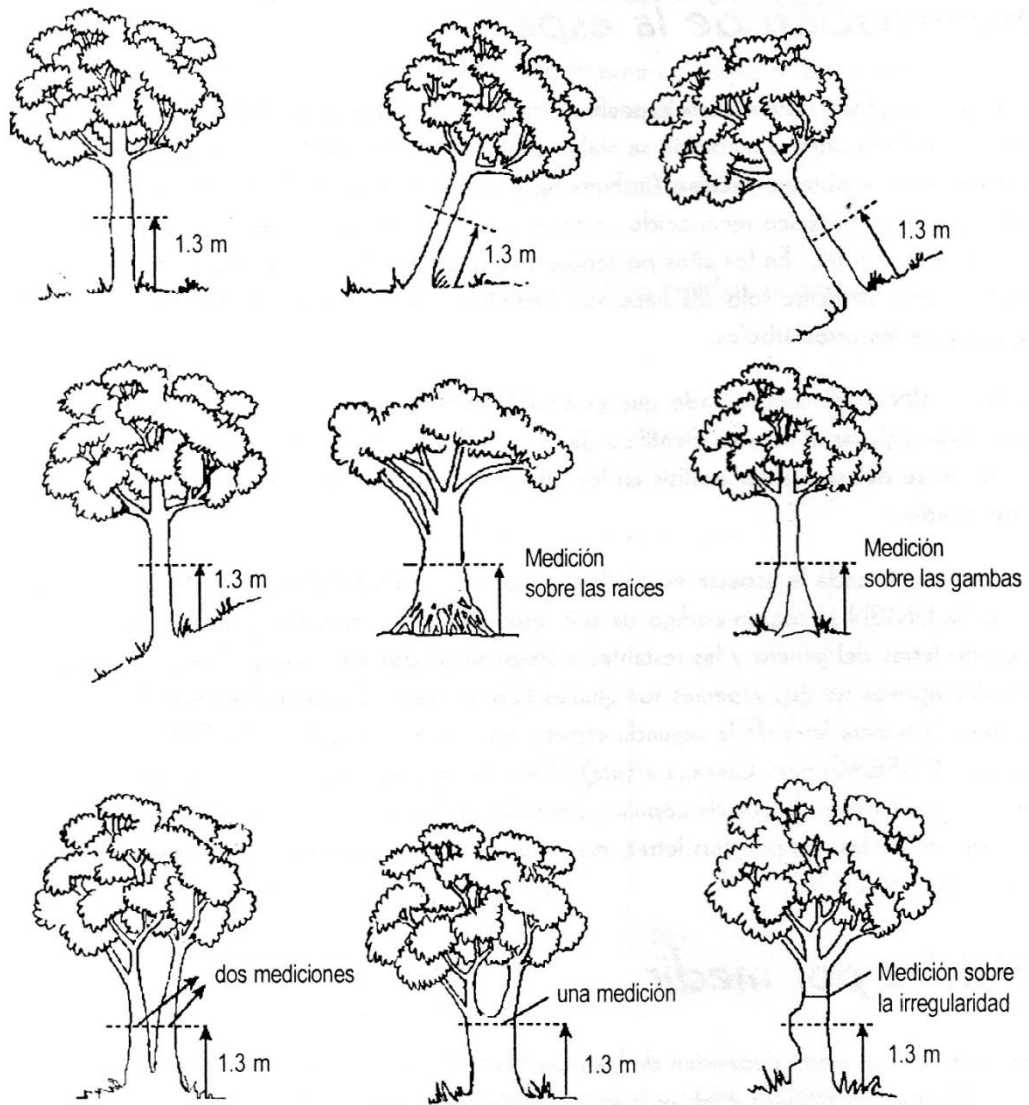


Figura 1. Reglas para guiar la medición del diámetro de referencia en árboles, tomado de Camacho (2000).

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).

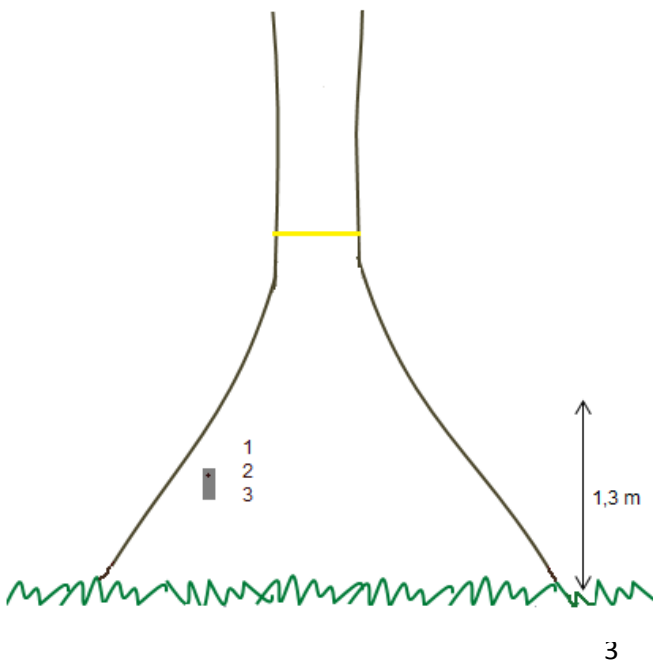


Figura 3. Forma de colocar el número y la placa para árboles con gambas que obligan a mover el punto de medición del diámetro.

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).

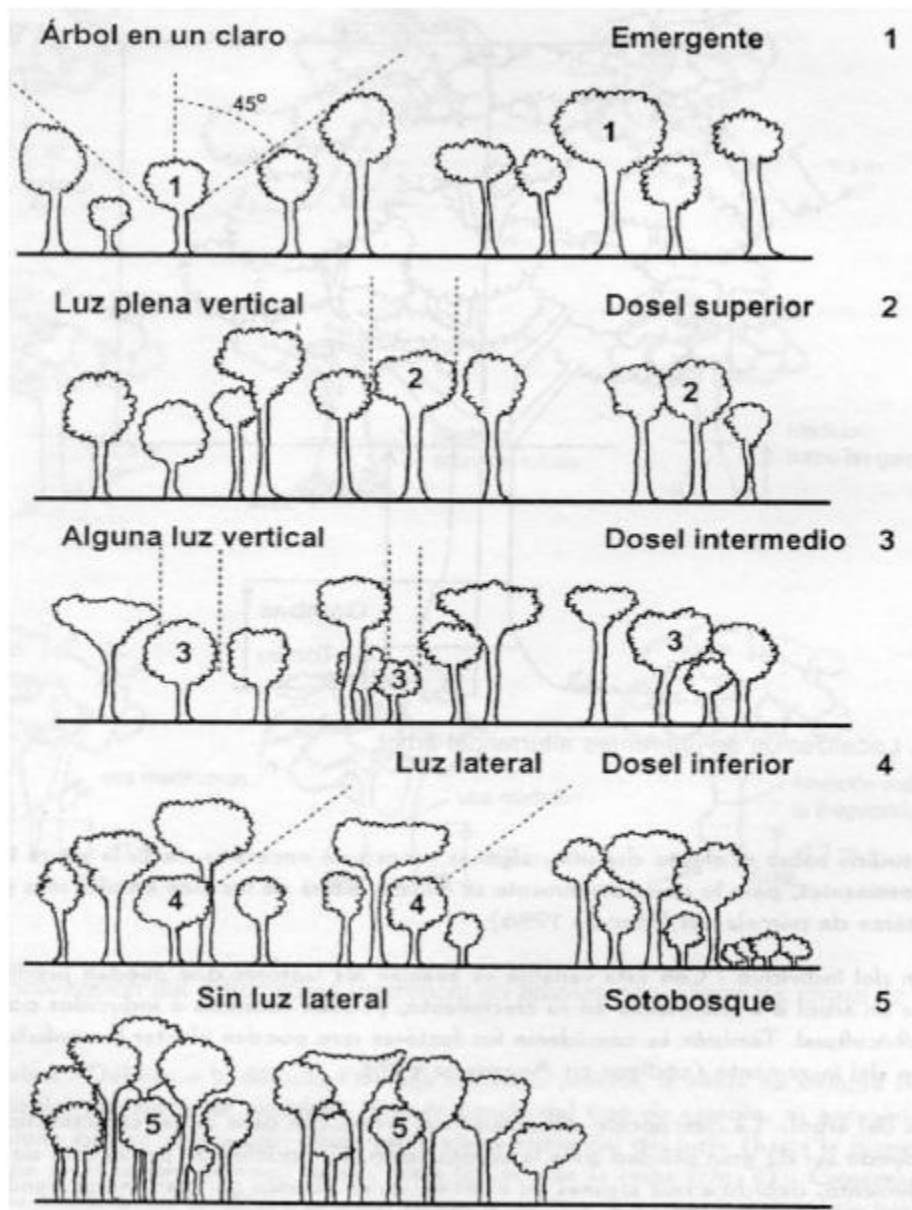


Figura 4. Esquematación de los grados de iluminación de la copa según Dawkins (1958), tomado de Camacho (2000).

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).

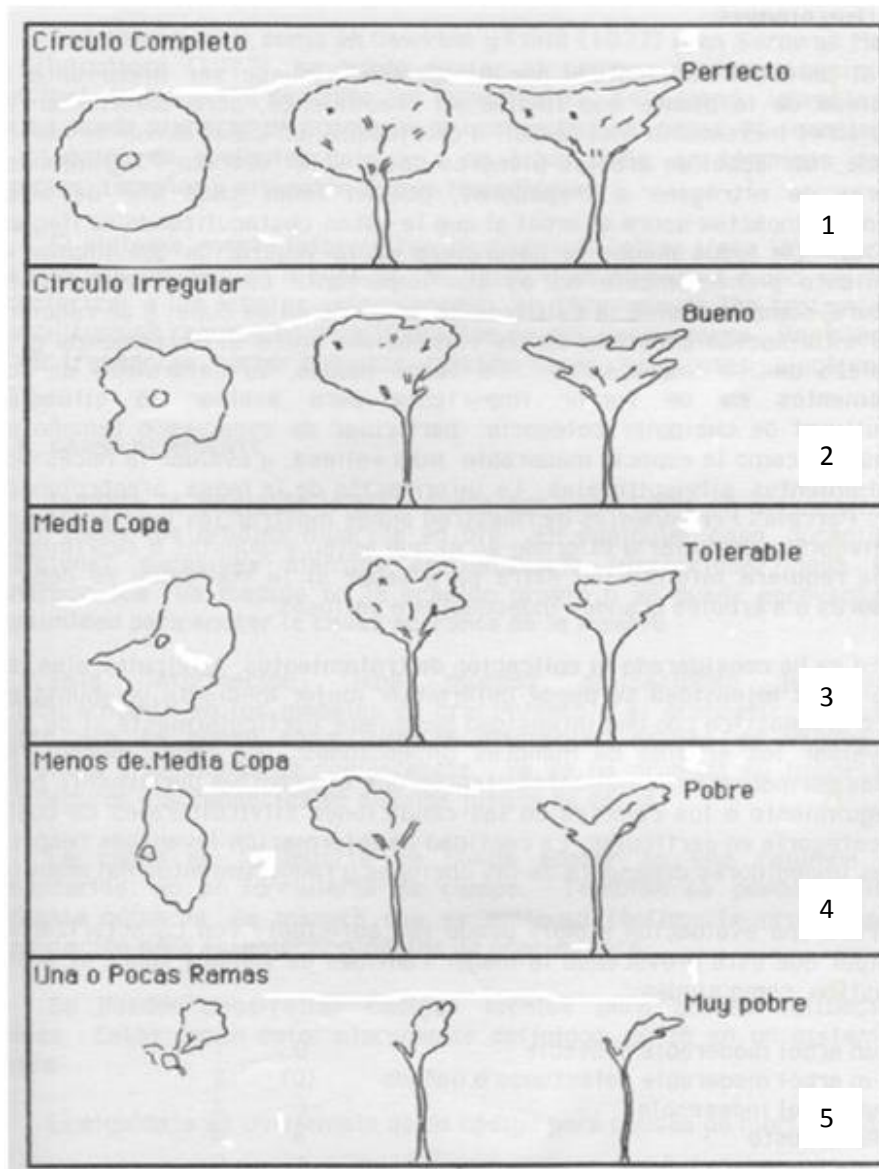


Figura 5. Esquematación de los valores de forma de copa de Dawkins (1958) adaptado por Synnott (1979), tomado de Camacho (2000).

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 BOLFORD; 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:

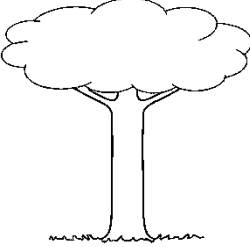
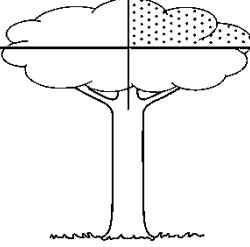
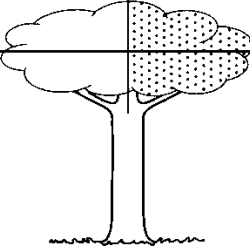
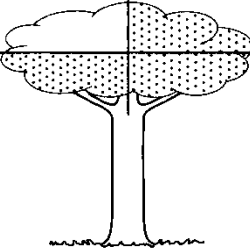
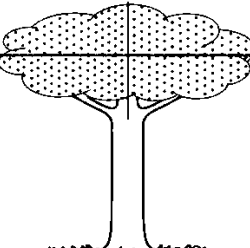
Escala	Presencia de la característica	Representación
0	Ausencia de la característica	
1	presencia de la característica, con una magnitud entre 1-25%	
2	presencia de la característica, con una magnitud entre 26-50%	
3	presencia de la característica, con una magnitud entre 51-75%	
4	presencia de la característica, 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, G.H. & Lambert, T.D. 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>

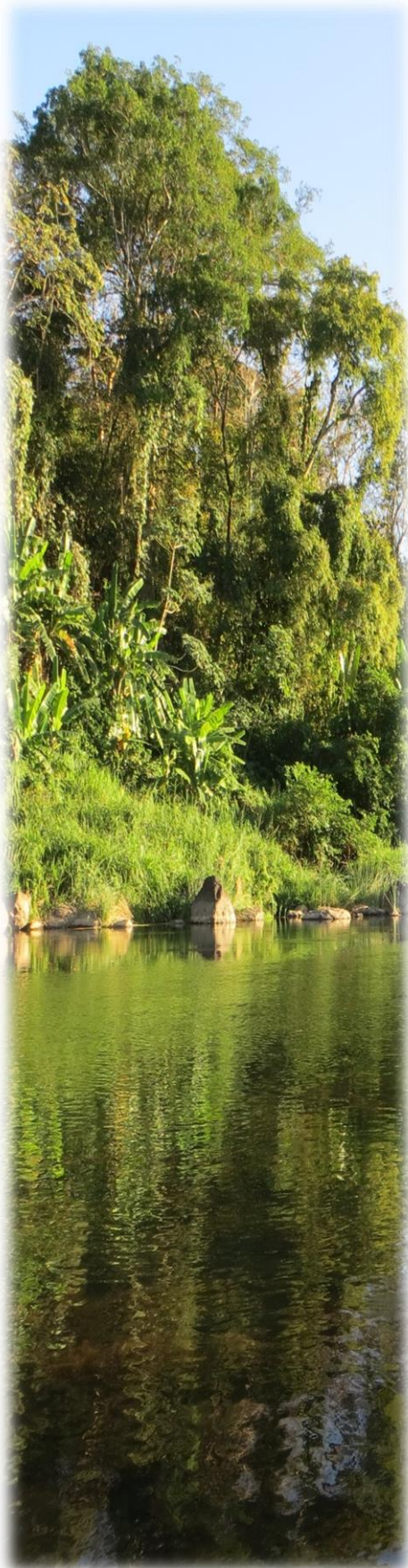
Vilchez, B.; Chazdon, R.; Alvarado, W. 2008. Fenología reproductiva de las especies del dosel en bosques secundarios y primarios de la región Huetar Norte de Costa Rica y su influencia en la regeneración vegetal. (en línea). Kurú: Revista Forestal 5 (15). Consultado 18 set 2012. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/ant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