

Relación entre fenología vegetativa del comino crespo *Aniba perutilis* Hemsl. con algunas variables climáticas en un bosque andino colombiano

Relationship between vegetative phenology curly cumin *Aniba perutilis* Hemsl. with some climatic variables in a colombian andean forest

Doris Huertas Burgos^{1-2*}, Ángela Parrado-Rosselli²

Resumen

Objetivo: Estudiar la caída de hojas de la especie *Aniba perutilis* durante un período de seis años en el Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya y sus posibles relaciones con el clima. **Metodología:** Se utilizó la información de fenología vegetativa de 10 individuos obtenida para los años 2007-2012 y se relacionó con variables climáticas para ese mismo período. La información fenológica se evaluó a través de la presencia/ausencia del fenómeno y el índice de Intensidad de Fournier. Se realizaron correlaciones de Spearman para establecer la asociación entre la caída de hojas y las variables climáticas. **Resultados:** Los datos obtenidos muestran muy baja caída de hojas durante todo el período de estudio. Los picos de caída de hojas se correlacionaron de manera positiva significativa con la temperatura máxima de dos meses atrás y con la radiación solar del mes anterior. **Conclusión:** Los resultados confirman que *Aniba perutilis* es perennifolia con algunos cambios interanuales.

Palabras clave: Clima, Comino crespo, Foliación, Radiación solar, Santuario Flora y Fauna Otún Quimbaya, Temperatura.

Abstract

Objective: Leaf fall of *Aniba perutilis* and its relationship with weather were studied during six years at the Otún Quimbaya Fauna and Flora Sanctuary. **Methodology:** We used data on vegetative phenology of 10 individuals obtained between 2007-2012 and correlations with minimum temperature, maximum temperature, average temperature, solar radiation, precipitation and relative humidity obtained for the same time. Phenological information was analyzed by the presence /absence of the phenomena and the *Fournier's index of intensity*. Spearman Rank correlations were performed to establish the association between leaf fall and climatic variables. **Results:** These data obtained showed a low leaf fall activity during the entire period. However, peaks were positively correlated with maximum temperature two months prior and solar radiation one month prior. Conclusion: Results confirm that *Aniba perutilis* is an evergreen species with slight inter annual changes.

Keywords: Climate, Comino crespo, Foliation, Solar radiation, Otún Quimbaya Fauna and Flora Sanctuary, Temperature.

Introducción

El crecimiento y la reproducción de las especies de plantas están altamente influida por el clima (Vílchez-Alvarado y Rocha 2004, Duval *et al.* 2015). A nivel tropical, son abundantes las investigaciones

que han contribuido a demostrar la influencia de los factores climáticos sobre la fenología reproductiva de las especies vegetales (Stevenson 2004, Fournier y Di Stéfano 2004). Sin embargo, respecto a fenómenos vegetativos como la caída de hojas, tal parece que no

¹ Herbario Forestal UDBC, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

² Grupo Uso y Conservación de la Diversidad Forestal, Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

* Autor para correspondencia. e-mail: dhuerasb@udistrital.edu.co

Fecha recepción: Mayo 6, 2018 Fecha aprobación: Febrero 7, 2019 Editor Asociado: Quinto-Mosquera H.

es tan frecuente en los bosques tropicales y tan solo algunas especies pierden sus hojas bajo unas condiciones climáticas específicas, tales como las propias de las temporadas secas (Vilchez-Alvarado y Rocha 2004, Kuaraksa *et al.* 2012, Prause y Fernández 2012, López-Hernández *et al.* 2013).

En el caso de los bosques nublados las condiciones climáticas son relativamente homogéneas (Franco *et al.* 2013, Yepes *et al.* 2015) y por ende se supondría que la caída de hojas y su estacionalidad es leve tal y como lo reporta Gómez (2011). Así las cosas, teniendo en cuenta que un gran número de investigaciones coinciden en afirmar que la caída de hojas de árboles de zonas bajas tropicales obedece a las condiciones de sequía de su entorno (Vilchez-Alvarado 2004, Kuaraksa *et al.* 2012, Prause y Fernández 2012, López-Hernández *et al.* 2013) sería de suponer que en los ecosistemas andinos nublados se presentaría esta misma relación.

Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue describir el comportamiento de la caída de hojas del comino crespo (*Aniba perutilis*) en un bosque montano del Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya, con el fin de evaluar si existe o no una baja estacionalidad de la caída de las hojas de las especies forestales perennifolias. Esto se realizó con base en los datos obtenidos a través de la estrategia de monitoreo del Santuario y a través de la correlación con las variables climáticas: temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, radiación solar, precipitación y humedad relativa registradas para la zona de estudio de manera mensual por el IDEAM, para resolver las siguientes preguntas específicas ¿Existen asociación entre la caída de hojas y la estación seca? ¿Cuáles son las variaciones intra e inter-anuales en la caída de hojas para esta especie?

Es preciso destacar que el comino crespo es una especie monoica, maderable, que se desarrolla principalmente en bosques primarios tropicales. No obstante, de acuerdo con Cárdenas y Salinas (2006) ha sido encontrada en rastrojos o potreros y colectada en Colombia desde los 0 hasta 2400 m de altitud en departamentos como Antioquia, Huila, Meta, Santander y Valle.

Metodología

Área de estudio. El Santuario de Fauna y Flora

Otún Quimbaya (SFFOQ) se encuentra localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central en el departamento de Risaralda, Colombia (4° 43' 30" N, 75° 34' 30" W). Tiene un área de 489 ha, distribuidas en un rango altitudinal entre 1.750 y 2.250 m (Guerrero *et al.* 2004). De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge el sitio corresponde a un Bosque muy húmedo montano bajo (Herrera y Sánchez 1996). Presenta una temperatura promedio de 17,7°C. La precipitación promedio es de 1.741 mm/año y está distribuida de forma bimodal, con estaciones secas (menos de 100 mm por mes) entre diciembre-enero y junio-agosto. El pico de lluvias se presenta en mayo (Ríos *et al.* 2005).

El Santuario es un mosaico con varios tipos de vegetación, siendo las más extensas los bosques secundarios y los remanentes de bosque maduro (Londoño y Muñoz 2006). Este último se caracteriza por tener árboles con altura promedio de 30 m y un diámetro a la altura del pecho (DAP) hasta 1 m. Dentro de las familias más representativas se encuentran Magnoliaceae, Myristicaceae, Podocarpaceae, Juglandaceae, Lauraceae y Arecaceae, con especies características como: *Magnolia hernandezii* (molinillo), *Otoba lehmannii* (otobo), *Prumnopitys harmsiana* (Chaquiro), *Juglans neotropica* (cedro negro), *Aniba perutilis* (comino crespo) y *Ceroxylon alpinum* (palma de cera) (Ríos *et al.* 2005).

Toma de datos

Observaciones fenológicas. Entre los años 2007 y 2012, a través de la estrategia de monitoreo del SFFOQ, se seleccionaron 10 individuos de *A. perutilis* que tuvieran un DAP por encima de 15 cm. Se escogieron a lo largo de un sendero, con una distancia mínima de 100 m entre cada individuo teniendo en cuenta que en el primer muestreo estuvieran en algún estadio reproductivo (flores o frutos). Se caracterizaron los árboles con datos de área basal, altura total, proyección de la copa sobre el suelo, altura de copa, posición de copa y las respectivas coordenadas (Tabla 1).

Para cada individuo se registró de forma mensual la actividad fenológica vegetativa con base en Fournier (1974). Los valores asignados para el registro de la actividad fenológica fueron: 0: Ausencia del fenómeno observado; 1: Presencia del fenómeno

Tabla 1. Características de individuos de *A. perutilis* monitoreados desde 2007 hasta el 2012 para el registro de fenología en el SFFOQ (n=10)

Árbol	DAP (cm)	Área basal (m ²)	Altura total (m)	Proyección de copa sobre el suelo (m ²)	Altura de copa (m)	Posición de copa	Coordenadas	
1	46,5	0,17	17,2	47,2	6,9	Emergente	N: 04°43'30.1"	W: 075°34'26.1"
2	30,5	0,07	13,2	56,7	4,0	Emergente	N: 04°43'27.3"	W: 075°34'25.8"
3	20,7	0,03	16,9	14,2	2,5	Emergente	N: 04°43'23.6"	W: 075°34'23.5"
4	26,1	0,05	12,3	9,6	1,2	Emergente	N: 04°43'17.9"	W: 075°34'21.7"
5	34,4	0,09	13,0	28,3	3,5	Dosel	N: 04°43'13.8"	W: 075°34'22.4"
6	31,8	0,08	17,0	15,9	5,1	Emergente	N: 04°43'21.0"	W: 075°34'22.8"
7	26,7	0,06	12,5	18,5	2,5	Dosel	N: 04°43'11.6"	W: 075°34'22.6"
8	21,3	0,04	12,4	14,0	3,4	Dosel	N: 04°43'11.8"	W: 075°34'20.9"
9	26,4	0,05	14,4	8,3	3,6	Dosel	N: 04°43'11.7"	W: 075°34'16.8"
10	26,1	0,05	13,2	50,3	3,3	Emergente	N: 04°43'21.9"	W: 075°34'22.6"

con una intensidad entre 1% y 25% de la copa; 2: Presencia del fenómeno con una intensidad entre 26% y 50% de la copa; 3: Presencia del fenómeno con una intensidad entre 51% y 75% de la copa; 4: Presencia del fenómeno con una intensidad entre 76% y 100% de copa. Las observaciones se realizaron por dos funcionarios del SFFOQ durante los seis años de datos con binóculos Marca TASCO 7 x 35 mm.

Datos climáticos. Los datos de temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media, radiación solar, precipitación y humedad relativa para el período de muestreo (Tabla 2), se obtuvieron de la Estación Automática IDEAM-PNN Quimbaya, ubicada a 1881 m de altitud, coordenadas 4° 43'30" N, 75° 34' 30" W.

Análisis de los datos. Con base en Bencke y Morellato (2002), se utilizaron dos variables para describir la intensidad de los eventos fenológicos. Por un lado, se utilizó el índice de intensidad de Fournier (IF) en donde los valores atribuidos a cada árbol, de acuerdo con la escala semicuantitativa de Fournier para cada fecha de observación, se transformaron de acuerdo con la siguiente fórmula (Fournier 1974):

$$\%FI = \left[\sum_{i=1}^n xi / (n * 4) \right] * 100$$

donde:

n es el número de individuos muestreados en una población

xi es el valor de la escala semi-cuantitativa que se asigna al individuo i (Morellato *et al.* 2009)

También se calculó la proporción de árboles por especie que manifiesta determinado evento fenológico en cada período de observación (Bencke y Morellato 2002). Además, con base en Newstrom *et al.* (1994) se caracterizó el evento fenológico en términos de frecuencia (*i.e.* continua, sub-anual, anual y supra-anual), y duración (*i.e.* corta: menos de un mes; intermedia: entre 1 y 5 meses; y extendida: más de 5 meses). Estos datos se procesaron en función del porcentaje de individuos en determinado estadio y la intensidad del evento.

La caída de hojas se correlacionó con cada una de las variables climáticas a través del coeficiente de correlación por rangos de Spearman (rs). Este análisis se realizó tanto para el evento y el clima del mismo mes, como para uno y dos meses anteriores (Iglesias *et al.* 2010, Vásquez y Esteban 2011, Cifuentes *et al.* 2013). Lo anterior, con el fin de conocer el grado de dependencia entre variables y no para establecer causalidad.

Resultados

Las observaciones sugieren que para un período de seis años la caída de hojas de la especie *A. perutilis* en el SFFOQ es muy baja con un patrón continuo durante todo el año (Figura 1). Sin embargo, en términos de la intensidad es evidente que se presentaron

Tabla 2. Matriz de correlación por rangos de Spearman entre la caída de hojas *A. perutilis* y las variables climáticas

		0 meses antes	1 mes antes	2 meses antes
Índice de intensidad de Fournier (%)				
vs. Temperatura mínima	rs	-0,124	0,034	0,105
	p	0,148	0,390	0,192
vs. Temperatura máxima	rs	-0,082	0,098	0,198*
	p	0,246	0,207	0,049*
vs. Temperatura media	rs	0,008	0,000	0,064
	p	0,472	0,499	0,299
vs. Radiación solar	rs	0,069	0,081	0,001
	p	0,282	0,250	0,497
vs. Precipitación	rs	0,118	0,038	0,041
	p	0,160	0,375	0,366
vs. Humedad relativa	rs	0,064	-0,054	-0,149
	p	0,295	0,327	0,107
Porcentaje individuos con caída de hojas				
vs. Temperatura mínima	rs	-0,119	-0,072	0,007
	p	0,158	0,273	0,478
vs. Temperatura máxima	rs	-0,077	-0,019	0,010
	p	0,258	0,438	0,467
vs. Temperatura media	rs	-0,009	-0,029	0,120
	p	0,471	0,404	0,160
vs. Radiación solar	rs	0,051	0,218*	0,182
	p	0,336	0,033*	0,064
vs. Precipitación	rs	0,114	0,033	0,074
	p	0,169	0,390	0,271
vs. Humedad relativa	rs	0,086	0,028	-0,007
	p	0,236	0,409	0,476

N=73. Para correlación de un mes atrás N=72 y dos meses atrás N=71 * p<0.05

unos picos durante el 2007 y en septiembre-octubre de 2011.

Al correlacionar el IF con las variables climáticas se encontró una correlación significativa positiva entre los picos de defoliación con la temperatura máxima de dos meses atrás (Figura 2; rs 0,198 p=0,049). Al evaluar la relación entre el porcentaje de individuos en defoliación con las variables climáticas, también se obtuvo una correlación positiva significativa con la radiación solar del mes inmediatamente anterior (Tabla 2; rs 0,218 p=0,033).

Discusión

Los registros fenológicos vegetativos realizados durante 6 años de manera constante en el SFFOQ sugieren una baja estacionalidad en la caída de hojas de *A. perutilis*. Se detecta que todos o la mayoría de los individuos presentan un porcentaje leve de caída de hojas durante todo el año, pero que en términos generales no hay cambios significativos. Esto coincide con el estudio de Gómez (2011) quien reporta que esta especie permanece todo el tiempo con hojas, sin



Figura 1. Defoliación de *A. perutilis* entre 2007 y 2012 en términos de individuos con caída de hojas (n=10).

A. Índice de intensidad de Fournier (0: Ausencia del fenómeno, presencia del fenómeno con la siguiente intensidad: 1 entre 1 y 25% de la copa; 2: entre 26% y 50% de la copa; 3: entre 51% y 75% de la copa; 4: entre 76% y 100% de la copa. B. Porcentaje de individuos.

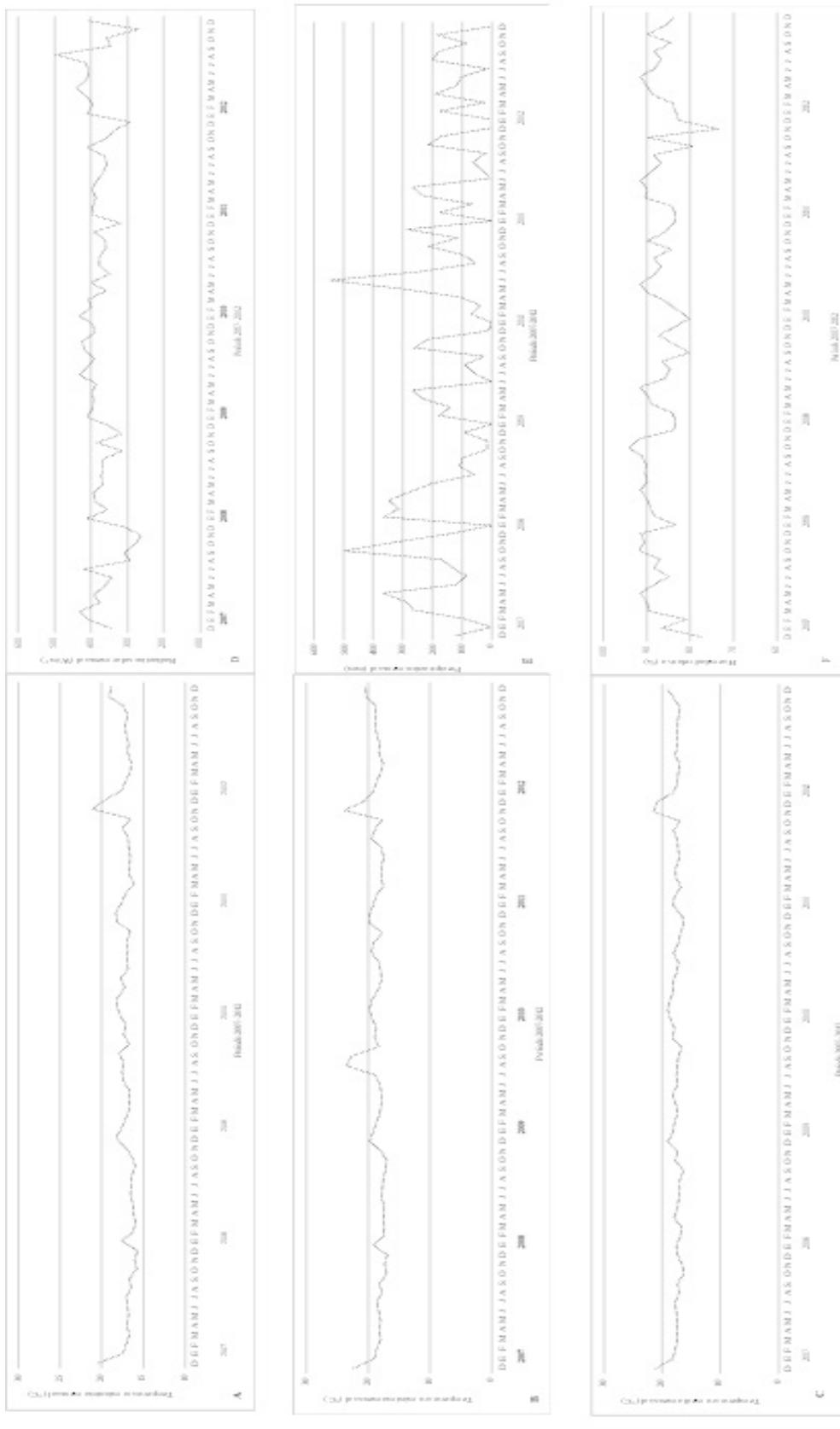


Figura 2. Variables climáticas obtenidas en la Estación Automática del IDEAM PNN Quimbaya durante el período 2007-2012.

A. Temperatura mínima. B. Temperatura máxima. C. Temperatura media. D. Radiación solar. E. Precipitación. F. Humedad relativa.

Tabla 2. Matriz de correlación por rangos de Spearman entre la caída de hojas *A. perutilis* y las variables climáticas

		0 meses antes	1 mes antes	2 meses antes
Índice de intensidad de Fournier (%)				
vs. Temperatura mínima	rs	-0,124	0,034	0,105
	p	0,148	0,390	0,192
vs. Temperatura máxima	rs	-0,082	0,098	0,198*
	p	0,246	0,207	0,049*
vs. Temperatura media	rs	0,008	0,000	0,064
	p	0,472	0,499	0,299
vs. Radiación solar	rs	0,069	0,081	0,001
	p	0,282	0,250	0,497
vs. Precipitación	rs	0,118	0,038	0,041
	p	0,160	0,375	0,366
vs. Humedad relativa	rs	0,064	-0,054	-0,149
	p	0,295	0,327	0,107
Porcentaje individuos con caída de hojas				
vs. Temperatura mínima	rs	-0,119	-0,072	0,007
	p	0,158	0,273	0,478
vs. Temperatura máxima	rs	-0,077	-0,019	0,010
	p	0,258	0,438	0,467
vs. Temperatura media	rs	-0,009	-0,029	0,120
	p	0,471	0,404	0,160
vs. Radiación solar	rs	0,051	0,218*	0,182
	p	0,336	0,033*	0,064
vs. Precipitación	rs	0,114	0,033	0,074
	p	0,169	0,390	0,271
vs. Humedad relativa	rs	0,086	0,028	-0,007
	p	0,236	0,409	0,476

N=73 Para correlación de un mes atrás N=72 y dos meses atrás N=71 * p<0.05

llegar a presentar cambios importantes en su copa.

A pesar de lo anterior, si se presentaron momentos de mayor caída que, aunque no fueron frecuentes, estuvieron relacionados con condiciones más secas de los meses inmediatamente anteriores como lo es el caso de una mayor radiación solar y mayor temperatura. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Drinnan *et al.* (1995) quien señala que la temperatura máxima y la radiación aceleran la caída de hojas en especies forestales. De igual forma una gran cantidad de estudios realizados en bosques tropicales,

destacan que la caída de las hojas es sobre todo un fenómeno de estación seca (Rave-Oviedo *et al.* 2013, Pineda-Herrera *et al.* 2017, Melo 2018, Castillo MS y Quijia 2019, García-Domínguez *et al.* 2020).

Es inherente precisar que, la duración y la intensidad del evento fenológico, no fueron constantes durante todo el período de estudio; por ejemplo: se reportó una mayor intensidad de defoliación en el año 2007, un lapso que coincidió con el Fenómeno del Niño que habría iniciado a mediados de agosto de 2006 (Montealegre 2007). En contraste con los datos

obtenidos de manera general, se encontraron algunos períodos de 2 meses o más con ausencia total del evento tanto en IF como porcentaje de individuos en defoliación; estas épocas con las comprendidas entre enero y marzo 2008, noviembre 2008 y enero 2009, así como de noviembre a diciembre de 2011. Estos resultados difieren levemente con Gómez (2011) quien también afirma que *A. perutilis* puede llegar a tener caída leve del follaje, pero es un evento que sucede a lo largo de todo el año.

Finalmente, es conveniente considerar los fenómenos climáticos multianuales (ENSO) y otros factores como pestes, plagas o características endógenas tal y como han sugerido distintos estudios que insinúan que la tendencia de desarrollo continuo, y no de forma estacional de las hojas, está más influida por los factores endógenos que los ambientales (Dahua 2018).

Conclusiones

- Nuestras observaciones muestran que no hay estacionalidad marcada en la caída de hojas de *A. perutilis* en el SFFOQ.
- A pesar de la baja estacionalidad, sí se presentó una mayor caída asociada con una mayor temperatura máxima y radiación solar de los meses anteriores, condiciones típicas de estaciones secas.
- Se presentó una variación interanual de la defoliación, con algunas disminuciones que superaron los dos meses, de manera particular en dos de los seis años de estudio.

Agradecimientos

Agradecemos al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y a la Universidad Distrital por la financiación de este proyecto, en el marco del Convenio Interinstitucional suscrito entre las dos entidades. A Carlos Ríos y a Guido López por la toma de datos, a la funcionaria María Girleza Ramírez González y a todo el personal del Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya por el apoyo logístico, y al IDEAM por los datos de clima.

Literatura citada

- Bencke CSC, Morellato LPC. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. Rev Bras Bot. 25 (3): 269-76. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/rbb/v25n3/a03v25n3.pdf>
- Cárdenes D, Salinas N (eds.). 2006. Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies manejadas de Colombia. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI)-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá; 232 pp. Disponible en: https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf
- Castillo MS, Quijia ME. 2019. Fenología floral de la guaba (*Inga edulis*) y naranjilla (*Solanum quitoense*) de acuerdo a la escala BBCH para uso agroindustrial (Tesis de pregrado). Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos, Universidad de las Américas, Quito; 92 pp.
- Cifuentes L, Moreno F, Arango DA. 2013. Comportamiento fenológico de *Euterpe oleracea* (Arecaceae) en bosques inundables del Chocó biogeográfico. Rev Mex Biodivers. 84 (2): 591-9. Disponible en: <http://www.revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/824>
- Dahua N. 2018. Temporalidad de fenofases y micropropagación *in vitro* de tres especies relictuales de magnolia del occidente de México: implicaciones para su conservación *in situ* y *ex situ*. (Tesis de Maestría). Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos de Naturales y Agrícolas. Universidad de Guadalajara, 83 pp. Disponible en: <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6034>
- Drinnan JE, Menzel CM. 1995. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). J Horticultural Sci. 70 (1): 25-34. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515269>
- Duval VS, Benedetti GM, Campo AM. 2015. Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 88: 33-44. Disponible en: <https://doi.org/10.14350/ig.48033>
- Franco L, Delgado J, Andrade GI. 2013. Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía. 22 (2): 69-85.
- Fournier LA. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, 24 (4): 422-3.
- Fournier LA, Di Stefano JF. 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): 101-20. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n01_101.pdf

- García-Domínguez A, Cámera Cabrales L, Van der Wal, Martínez Sánchez JL. 2020. Producción y tasa de descomposición de hojarasca en acahuales de Tabasco, México. Maderas y Bosques 26 (1): 1-13. Disponible en: doi: 10.21829/myb.2020.2611694
- Gómez ML. 2011. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. Medellín: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA); 132 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12569>
- Guerrero L, Moreno M, Gallego E, Marín G, Walker R, Orozco F, et al. 2004. Plan básico de manejo 2005-2009. Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya. Medellín: Parques Nacionales Naturales de Colombia, Dirección Territorial Noroccidente; 159 pp.
- Herrera JD, Sánchez G. 1996. Propuesta para el establecimiento y la delimitación del Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya (Risaralda, Colombia). Reporte sin publicar. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parque Nacionales Naturales. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.
- Iglesias MR, Barchuk A, Grilli MP. 2010. Dinámica estacional e interanual del NDVI en bosques nativos de zonas áridas argentinas. Revista de Teledetección. 34: 44-54. Disponible en: http://www.aet.org.es/revistas/revista34/Numero34_06.pdf
- Kuaraksa C, Elliott S, Hossaert-McKey M. 2012. The phenology of dioecious *Ficus* spp. tree species and its importance for forest restoration projects. Forest Ecol Management. 265: 82-93. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112711006360>
- Londoño G, Muñoz MC. 2006. Primera descripción del nido del Atrapamoscas Variegado (Tyrannidae: *Pogonotriccus poecilotis*). Ornitol Colomb. 4: 66-9. Disponible en: <https://asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/revista/oc4/Atrapamoscas.pdf>
- López-Hernández JM, González-Rodríguez H, Gonzalo R, Ramírez-Lozano RH, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, et al. 2013. Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del Estado de Nuevo León, México. Polibotánica. 35: 41-64. Disponible en: http://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000100003
- Melo OC. 2018. Estrategias para el conocimiento y conservación de “comino crespo” *Aniba perutilis* Hemsl en el Departamento del Meta. (Tesis de grado). Ingeniería Forestal, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá; 158 pp. Disponible en: <https://bit.ly/334dXnE>
- Montealegre JE. 2007. Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. IDEAM, Bogotá, Colombia; 81 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3xIv5x4>
- Morellato P, Gutiérrez MG, D'Eca Neves FF, Luize BG, Mantovani A, Hudson IL. 2009. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. pp. 99-121. In: Hudson IL, Keatley MR (eds.). Phenological research: methods for environmental and climate change analysis. Netherlands: Springer. Disponible en: doi:10.1007/978-90-481-3335-2_5
- Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. Biotropica. 26 (2): 141-59. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2388804?seq=1>
- Pineda-Herrera E, Valdez-Hernández JI, Pérez-Olvera Cde laPaz, Dávalos-Sotelo R. 2017. Fenología, incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb (leguminosae) en Costa Grande, Guerrero, México. Polibotánica 43: 197-217. Disponible en: <https://bit.ly/3uc9hIn>
- Prause J, Fernández C. 2012. Concentración estacional de micronutrientes en hojas de cuatro especies forestales del Parque Chaqueño, Argentina. Rev Biol Trop. 60 (3): 1019-116. Disponible en: doi:10.15517/rbt.v60i3.1761
- Rave-Oviedo SY, Montenegro-Ríos M, Molina-Rico LJ. 2013. Caída y descomposición de hojarasca de *Juglans neotropica* Diels (1906) (Juglandaceae) en un bosque montano andino, Pijao (Quindío), Colombia. Actual Biol. 35 (98): 33-43. Disponible en: <https://bit.ly/3gSD30H>
- Ríos MM, Londoño GA, Muñoz MC. 2005. Densidad poblacional e historia natural de la pava negra (*Aburria aburri*) en los Andes centrales de Colombia. Ornitol Neotrop. 16: 205-17. Disponible en: <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/on/v016n02/p0205-p0218.pdf>
- Stevenson P. 2004. Phenological patterns of woody vegetation at Tinigua park, Colombia: methodological comparisons with emphasis on fruit production. Caldasia. 26 (1): 125-50. Disponible en: <https://frutos.uniandes.edu.co/pagina/Documentos/Pdf/fenologia%20caldasia.pdf>
- Vásquez L, Esteban C. 2011. Fenología reproductiva y demografía de la palma *Wettinia kalbreyeri* Burret en un bosque altoandino de Colombia (Tesis Maestría). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín; 34 pp. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7639>
- Vilchez-Alvarado B, Rocha O. 2004. Fenología y biología reproductiva del nazareno (*Peltogyne purpurea* Pittier) en un bosque intervenido de la Península de Osa, Costa Rica, América Central. Rev Forest Mesoam Kurú. 1 (1): 47-60. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123317>
- Yepes A, Herrera J, Phillips J, Cabrera E, Galindo G, Grana-dos E, et al. 2015. Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. Rev Biol Trop. 63 (1): 69-82. Disponible en: doi:10.15517/rbt.v63i1.14679