

**IMPACTO DE VARIABLES
AMBIENTALES EN LA FENOLOGÍA
DE *Caesalpinia gaumeri* Greenm. Y
Gymnopodium floribundum Rolfe DEL
SUR DE YUCATÁN, MÉXICO**

**IMPACT OF ENVIRONMENTAL
VARIABLES ON FENOLOGY OF
Caesalpinia gaumeri Greenm AND
Gymnopodium floribundum Rolfe IN THE
SOUTH OF YUCATAN, MEXICO**

Interián-Ku, V.M.; J.I. Valdez-Hernández, E. Cázares-Sánchez, y F. de J. González-Rodríguez

IMPACTO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA FENOLOGÍA DE *Caesalpinia gaumeri* Greenm. Y *Gymnopodium floribundum* Rolfe DEL SUR DE YUCATÁN, MÉXICO

IMPACT OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON FENOLOGY OF *Caesalpinia gaumeri* Greenm AND *Gymnopodium floribundum* Rolfe IN THE SOUTH OF YUCATAN, MEXICO

**IMPACTO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA FENOLOGÍA DE
Caesalpinia gaumeri Greenm. Y *Gymnopodium floribundum* Rolfe
DEL SUR DE YUCATÁN, MÉXICO**

**IMPACT OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON FENOLOGY
OF *Caesalpinia gaumeri* Greenm AND *Gymnopodium floribundum* Rolfe
IN THE SOUTH OF YUCATAN, MEXICO**

Interián-Ku, V.M.; J.I. Valdéz-
Hernández, E. Cázares-
Sánchez, y F. de J. González-
Rodríguez

IMPACTO DE VARIABLES
AMBIENTALES EN LA
FENOLOGÍA DE *Caesalpinia*
gaumeri Greenm. Y
Gymnopodium floribundum
Rolfe DEL SUR DE
YUCATÁN, MÉXICO

IMPACT OF
ENVIRONMENTAL
VARIABLES ON
FENOLOGY OF *Caesalpinia*
gaumeri Greenm AND
Gymnopodium floribundum
Rolfe IN THE SOUTH OF
YUCATÁN, MÉXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 45: 115-129. Enero 2018

DOI:
10.18387/polibotanica.45.9

V.M. Interián-Ku/interian@colpos.mx

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo

Carretera Chetumal-Escárcega, Km 21.5 s/n

Ejido Juan Sarabia, Othón P. Blanco, Quintana Roo, CP 77965

J.I. Valdéz-Hernández

Profesor Investigador. Colegio de Postgraduados, Programa Forestal. Km 36.5

carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. CP 56230

E. Cázares-Sánchez

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo

Carretera Chetumal-Escárcega, Km 21.5 s/n

Ejido Juan Sarabia, Othón P. Blanco, Quintana Roo, CP 77965

F. de J. González-Rodríguez

Profesor del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario núm. 186.

Carretera Ideal-Chiquilá, Km. 33 CP 77300, Kantunilkín, Quintana Roo.

RESUMEN: Con el propósito de contribuir al conocimiento fenológico de la flora arbórea con importancia para la apicultura y construcciones rurales en Yucatán, México, se seleccionaron 24 individuos de la especie *Gymnopodium floribundum* Rolfe y 24 de *Caesalpinia gaumeri* Greenm., en la selva baja caducifolia de la comunidad de Dzan. Por un período de dos años, cada bimestre se registraron los eventos fenológicos: porcentaje de cobertura foliar, floral y de fructificación (0 = nula, 1 = 1-33%, 2 = 34-66% y 3 = mayor de 66%). También se registraron la temperatura máxima y mínima del ambiente, humedad relativa y precipitación para correlacionarlos con los eventos fenológicos. Los resultados demuestran que hay una correlación positiva y altamente significativa entre la humedad relativa y la cobertura foliar en *G. floribundum*, y una correlación negativa entre la cobertura floral con la precipitación parcial y la temperatura media mensual en *C. gaumeri*. Durante los meses secos o de menor precipitación, ambas especies reducen su cobertura foliar y a la vez se presenta la floración y sólo en el caso de *C. gaumeri*, se observó fructificación. No se encontraron diferencias significativas para la cobertura foliar en árboles de *G. floribundum* agrupados por clases de tamaño, pero si en *C. gaumeri*, donde los latizales presentaron mayor cobertura foliar durante el periodo de estudio. Se puede concluir que los elementos climáticos estudiados inciden en el comportamiento fenológico de ambas especies, así como la posición de los individuos de *C. gaumeri* dentro de la estructura vertical del dosel.

Palabras clave: *Caesalpinia gaumeri*, *Gymnopodium floribundum*, floración, defoliación, precipitación, temperatura, humedad relativa.

ABSTRACT: In order to contribute to the phenological knowledge of the arboreal flora with importance for beekeeping and rural constructions in Yucatan, Mexico, 24 individuals of *Gymnopodium floribundum* Rolfe and 24 of *Caesalpinia gaumeri* Greenm were selected in the low deciduous forest of the Community of Dzan Phenological events were recorded for each period of two years: foliar, floral and fructification coverage (0 = null, 1 = 1-33%, 2 = 34-66% and 3 = greater than 66%). The maximum and minimum temperature of the environment, relative humidity and precipitation were also recorded to correlate them with the phenological events. The results show a positive and highly significant correlation between relative humidity and leaf cover in *G. floribundum*, and a negative correlation between floral cover and partial precipitation and mean monthly temperature in *C. gaumeri*. During dry or less rainy months, both species reduce leaf cover and at the same time flowering occurs and only in the case of *C. gaumeri*, fruiting was observed. No significant differences were found for leaf cover in *G. floribundum* trees grouped by size classes, but in *C. gaumeri*, where the laticians presented greater leaf cover during the study period. It can be concluded that the climatic elements studied affect the phenological behavior of both species, as well as the position of *C. gaumeri* individuals within the vertical structure of the canopy.

Key words: *Caesalpinia gaumeri*, *Gymnopodium floribundum*, flowering, defoliation, precipitation, temperature, relative humidity.

INTRODUCCIÓN

La superficie territorial de Yucatán es de 4 337 900 ha (Sánchez y Rebollar, 1999), de las cuales: 8.58% tienen selva mediana subcaducifolia, 4.6% selva baja caducifolia, 2.95% manglar, 1.7% selva mediana subperennifolia y 0.17% duna costera; en general, más del 80% del territorio original se considera como perturbado. Las principales especies arbóreas presentes en estas áreas son: *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Caesalpinia gaumeri* Greenm., *Gymnopodium floribundum* Rolfe, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (Flores & Espejel, 1994; Rzedowski, 2006; Durán & García, 2010), de las cuales no se les ha estudiado su fenología.

La distribución temporal de los eventos del ciclo de vida de las especies vegetales, es denominada como fenología. Este tipo de estudios en las especies forestales, permiten entender las relaciones entre el ambiente físico y las comunidades animales; también ayudan a planear la recolección de semillas y la reforestación con especies nativas (Newstrom *et al.*, 1994; Brenes y D'Stefano, 2001), además de la implementación de actividades silvícolas (Vílchez *et al.*, 2004).

Algunos autores coinciden en que los patrones temporales, vegetativos y reproductivos de las plantas, son influidos por factores bióticos, abióticos o geográficos (Rathcke y Lacey, 1985; Newstrom *et al.*, 1994). Por ejemplo, la defoliación en *Eleaegia uxpanapensis* Lorence tiene lugar cuando la temperatura incrementa (Brenes y D'Stefano, 2001), mientras que la fructificación y el renuevo de hojas en *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake aumenta durante el periodo de precipitación pluvial (Pineda-Herrera *et al.*, 2012). Recientemente, los cambios en la fenología (por ejemplo: floración) han sido utilizados para predecir el efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies vegetales, principalmente en las regiones templadas del planeta (Price y Waser, 1998; Gordo y Sanz, 2005). Particularmente, en la península de Yucatán, las tendencias actuales en la disminución de la precipitación (menor a 12 mm por año) y la presencia de sequías catalogadas de moderadas a severas, hacen necesario este tipo de estudios, para generar la información que sustente las estrategias de mitigación del cambio climático, en especies sustanciales para la apicultura como *Gymnopodium floribundum* Rolfe, actividad económica de gran importancia en esta parte del país (Márdero *et al.*, 2012).

En las zonas templadas y en el trópico seco, la floración y la producción de frutos de numerosas especies arbóreas, se desarrolla en torno a la estación seca (Borchert *et al.*, 2004; Mantovani *et al.*, 2004; Ayma-Romay y Sanzetenea, 2008). Algunos autores, sugieren que la escasez de

precipitación estimula la formación de estructuras florales, la defoliación y el rebrote de hojas (Aguilar, 2004; Pino y Mosquera, 2004). En contraste otros estudios revelan que, en los bosques húmedos tropicales con más de 3 000 mm de precipitación anual, los factores abióticos no son determinantes para el comportamiento fenológico (Boyle y Bronstein, 2012). Haugaasen y Peres (2005) registraron la relación negativa de temperaturas mínimas con la producción, tamaño y maduración de frutos. De igual modo, en Norte, Centro y Sudamérica, se reportan correlaciones significativas y negativas entre la precipitación con la floración, así como positivas con la fructificación (Ibarra *et al.*, 1991; Bendix *et al.*, 2006; Zárate *et al.*, 2006; O'Brien *et al.*, 2008; Solis *et al.*, 2009), África y Asia (Van Shaick, 1986; Bollen y Donati, 2005).

G. floribundum (tzitzilché en lengua maya), con un periodo de floración de octubre a junio (Alfaro, Ortiz & González, 2010; CICY, 2017), aporta el 48% de néctar a la actividad apícola del estado de Yucatán y en conjunto con *Viguiera dentata* (Cav. Spreng.) suministran el 90% (Echazarreta *et al.*, 1997). Con base en el contenido de humedad, azúcares reductores totales, sacarosa, acidez libre, hidroximetilfurfural, actividad de la diastasa, actividad de la invertasa y sólidos insolubles en agua, la miel de tzitzilché es de mejor calidad en comparación con la obtenida de otras especies vegetales (Ramírez-Cervantes *et al.*, 2000; Moguel-Ordóñez *et al.*, 2005). *G. floribundum* es un árbol que crece hasta 12 m de altura, su arquitectura se ajusta al modelo Champagnat debido a la superposición de los ejes mixtos ortótropos y a que las ramas cuelgan en forma de péndulo; presenta inflorescencias de tipo panículas racemosas, que se desarrollan en forma acrópeta y se estructuran en filotaxia helicoidal; las flores son trímeras y hermafroditas; las hojas son alternas, con forma obovada a oval-elíptica (Interián-Ku *et al.*, 2009).

Caesalpinia gaumeri Greenm (kitimché en maya), por sus características mecánicas y de resistencia a la pudrición natural de su madera (Interián-Ku *et al.*, 2011), se utiliza para la construcción rústica de casas estilo maya (en especial como horcones y cargueros), así como para leña y carbón (Levy-Tacher y Hernández-Xolocotzi, 1994). Presenta inflorescencias en racimos con posición axilar, de desarrollo acrópeta y filotaxia helicoidal; las flores son amarillas zigomorfas con manchas color naranja en el pétalo central y son hermafroditas; las primeras defloran y caen y sólo las apicales se transforman en fruto. El modelo arquitectónico de esta especie es el Troll, debido a que su eje principal es de crecimiento simpódico e indeterminado con ejes plagiotrópicos que se superponen de manera continua (Interián-Ku *et al.*, 2009). Las hojas son compuestas bipinnadas y dispuestas en espiral, los folíolos son sésiles, alternos u opuestos, el periodo de floración es de marzo a mayo. Los frutos son vainas de 6 a 7 cm de largo, aplanadas de color pardo amarillento y brillante, mismos que maduran de abril a junio (Pennington y Sarukhán, 2012).

Dada la importancia para la región de estas dos especies arbóreas, el presente estudio consistió en registrar los diferentes eventos fenológicos: foliación, floración y fructificación para identificar su asociación con variables climáticas como temperatura, humedad relativa y precipitación, en una comunidad del sur del estado de Yucatán.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una selva baja caducifolia, con aproximadamente 60 años de edad serial sucesional, denominada en maya *nukuch k'aax*, con escasa perturbación humana (árboles con más de 11 m de altura), ubicada en el predio particular "San Manuel" (20° 23' 46" de latitud Norte, 89° 26' 19" longitud Oeste y una altitud de 24 m s.n.m.) en el municipio de Dzan, Yucatán, a 90 km al sur de Mérida. De acuerdo con el sistema climático de Köppen modificado por García (1988; 2004), el clima en la zona es AW₁(w): cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación invernal menor al 5% del total anual. La precipitación

media mensual es menor de 70 mm en la estación seca (noviembre-abril) y superior a 100 mm en la lluviosa (agosto-octubre), con un valor acumulado de 1 200 mm por año. La temperatura promedio anual es de 26°C y la del mes más frío es mayor a 18°C. La humedad relativa promedio del año es de 64%. Los suelos de acuerdo a May-Acosta y Bautista (2005) y Bautista *et al.* (2015), en su mayoría son cambisol y leptosol, los cuales presentan de 1 a 30% de su superficie con exposición rocosa y de 0 a 23 cm de profundidad.

Unidades de muestro y selección de individuos

En el área de estudio, se establecieron de forma aleatoria seis unidades de muestreo (UM) de 10 x 20 m, de acuerdo con la metodología propuesta por White y Hood (2004), donde se identificaron y marcaron todos los individuos sanos de *C. gaumeri* y *G. floribundum*, posteriormente, se seleccionaron ocho por clase de tamaño por especie con base en la clasificación propuesta por Interián-Ku *et al.* (2009): brinzales (<1.5 m de altura), latizales (≥ 1.5 m de altura y hasta 2.5 cm de diámetro medido a 1.3 m sobre el suelo) y fustales (>2.5 cm). En total se eligieron 24 árboles por cada especie estudiada en las seis unidades de muestreo. Las dos primeras clases, se tomaron en cuenta para registrar sobre todo el porcentaje de cobertura de hojas y, con ello, determinar si son caducifolias desde estas etapas.

Registro de datos

Durante dos años (octubre 2006-septiembre 2008), se registraron bimestralmente, en porcentaje la presencia de hojas (rebrotos y maduras), floración (brotes y antesis) y fructificación (frutos maduros e inmaduros). El registro fenológico se hizo de acuerdo con la escalada sugerida por Camacho y Orozco (1998): 0 = cobertura nula, 1 = cobertura de hasta 3%, 2 = cobertura de 34 a 66%, y 3 = cobertura mayor al 66%. El porcentaje de la cobertura en la copa fue determinado con ayuda de binoculares para facilitar su observación. Posteriormente, la frecuencia de la floración se clasificó de acuerdo con la propuesta de Newstrom *et al.* (1994) en continua, que ocurre todo el año y sólo cesa esporádicamente; subanual, se presenta más de un ciclo por año; anual, un ciclo por año y supra anual, un ciclo en más de un año.

En el sitio de observación se colocó un termómetro de temperaturas máxima y mínima, un higrómetro de reloj para cuantificar humedad relativa y un recipiente con perimetro y profundidad conocidos para recolectar la precipitación pluvial por cada evento. Los datos de temperatura (°C) máxima y mínima del aire se registraron por las mañanas todos los días y fueron utilizados para calcular el promedio mensual. La humedad relativa (%) se registró por las mañanas (antes de las 8:00 h), tardes (13:00-14:00 h) y noches (antes de las 20:00 h) para obtener los promedios diarios y promedios mensuales. La precipitación se midió en cada evento con una probeta de plástico de dos litros y se obtuvo el volumen total mensual y anual.

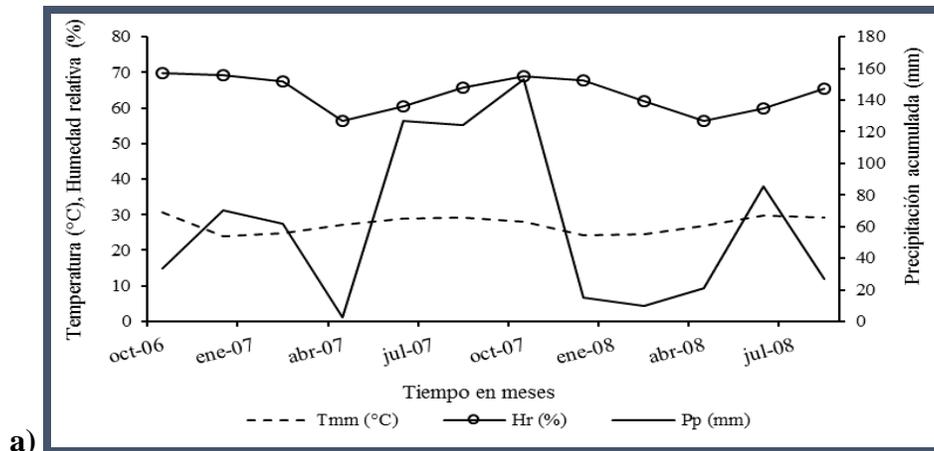
Análisis de datos

Con la información registrada sobre: porcentajes de cobertura foliar, floral y de fructificación; temperatura y humedad relativa promedio mensual, así como precipitación acumulada mensual, se construyeron gráficas en la hoja de cálculo Excel, con el fin de observar las tendencias de estas variables en el tiempo. También, se realizó un análisis de varianza de dos vías y comparación de medias (Tukey $\alpha \leq 0.05$) para la variable porcentaje de cobertura foliar (con registros bimestrales por un periodo de dos años), con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre clases de tamaño (primer factor), individuos (repeticiones) y mediciones en el tiempo del porcentaje de cobertura de hojas (segundo factor); previa transformación de los datos porcentuales con la fórmula arco seno $\sqrt{x/100}$ (Steel y Torrie, 1980). Además, se realizó un análisis de correlación simple entre los porcentajes, de cobertura foliar, floral y de fructificación con los datos climáticos (temperatura promedio mensual, humedad relativa promedio mensual y precipitación acumulada mensual), para identificar la asociación existente

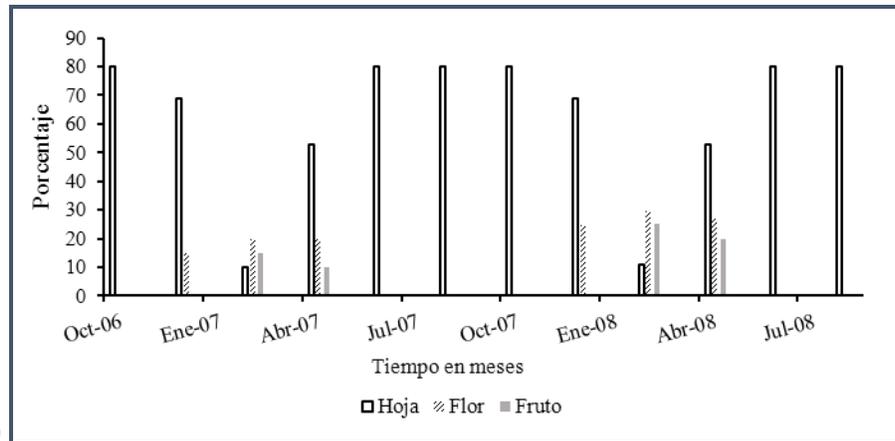
entre estas variables. Para todos los análisis estadísticos, se utilizó el paquete estadístico SAS versión 8.0 (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS

La precipitación en la zona de estudio disminuyó en los meses de diciembre a mayo (91 mm) e incrementó de junio a noviembre (809 mm), con un periodo crítico de enero a mayo (62 mm), durante el cual, también se registró una disminución de la humedad relativa del aire (61%) y de la temperatura media mensual (25°C). Con respecto al comportamiento fenológico de las dos especies en estudio, se puede mencionar que, durante los periodos más húmedos, la cobertura foliar aumentó (80%) y en la época seca disminuyó (55%). La floración alcanzó valores de cobertura de 55% para *G. floribundum* y 30% para *C. gaumeri*. En cuanto a la fructificación, solo se observó en *C. gaumeri* con una cobertura de 10 a 25%, en los meses de enero a abril (fig. 1).



a)



b)

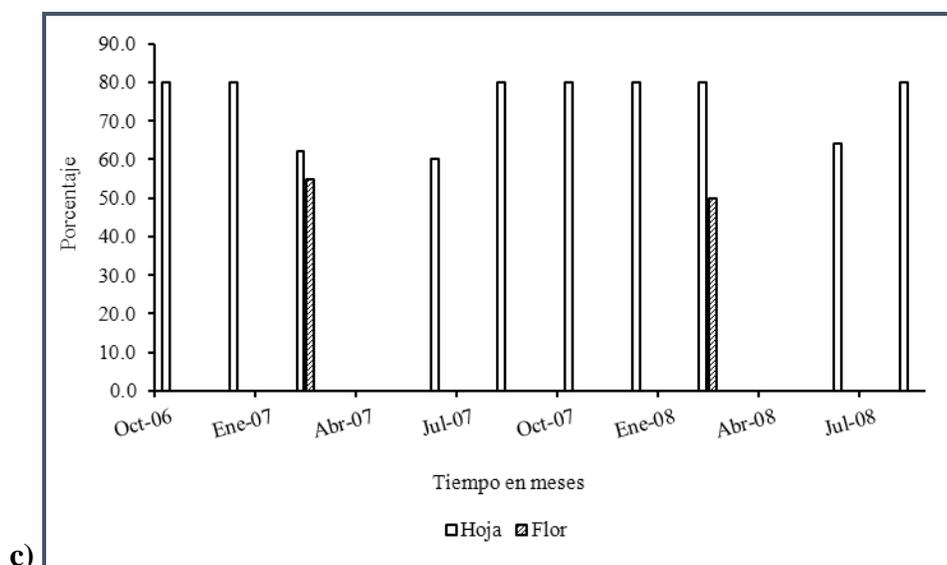


Fig. 1. a) Comportamiento de elementos climáticos y fenológicos de b) *G. floribundum* y c) *C. gaumeri* en Dzan, Yucatán. Tmm = temperatura media mensual, Hr = humedad relativa, Pp = precipitación acumulada.

De acuerdo con el análisis de varianza, existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) para el porcentaje de cobertura foliar para las mediciones en el tiempo en ambas especies, y entre las clases de tamaño en *C. gaumeri* (cuadro 1).

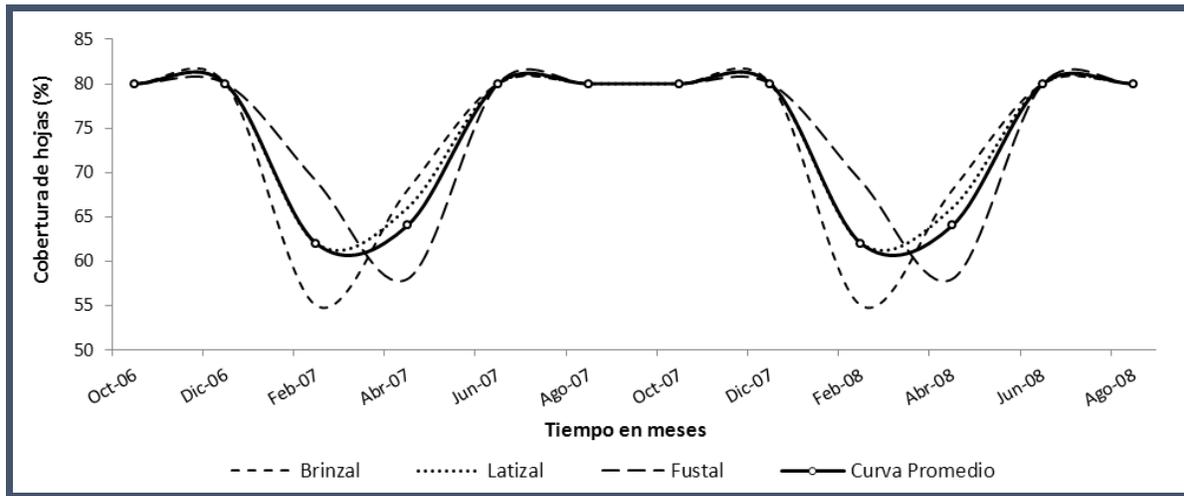
Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para el porcentaje de cobertura de hojas en *G. floribundum* y *C. gaumeri* en Dzan, Yucatán.

Fuente de variación	gl	% Hojas <i>Gymnopodium floribundum</i>	% Hojas <i>Caesalpinia gaumeri</i>
Clases de tamaño	2	14.93 ns	704.5**
Individuos	7	190.03ns	196.8ns
Medición en el tiempo	11	1652.43**	871.1**
Error	267	146.11	144.17

gl = grados de libertad; ** = $P \leq 0.01$; ns = no significativo.

C. gaumeri se defolia desde el mes de octubre y hasta el mes de febrero, justo cuando *G. floribundum* inicia esta fenofase. También es importante resaltar que entre clases de tamaño en *C. gaumeri*, los fustales son los primeros en defoliar seguidos por los brinzales y latizales, caso contrario con lo observado en *G. floribundum*. Los meses con mayor cobertura foliar (80%) fueron de mayo a noviembre (época lluviosa, 809 mm), tanto para *G. floribundum* como para *C. gaumeri*, mientras que para los meses de diciembre-abril (época seca 91 mm) disminuyó a 55%, llegando hasta 0% en el mes de enero en *C. gaumeri*, diferencia que se confirma con la comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$; fig. 2).

a) *Gymnopodium floribundum*



b) *Caesalpinia gaumeri*

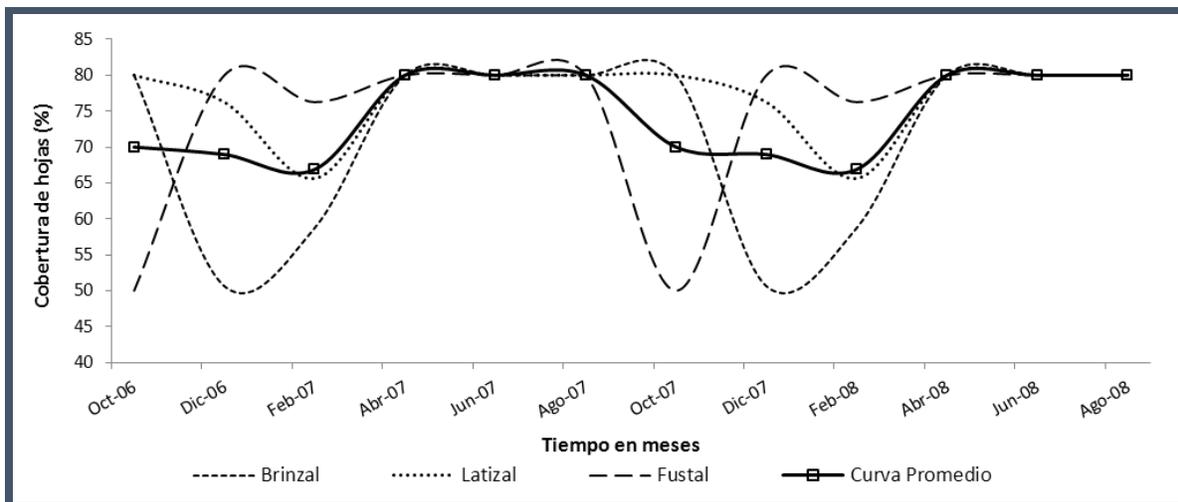


Fig. 2. Cobertura foliar por clases de tamaño en el tiempo. Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH para *G. floribundum* = 11.51 y para *C. gaumeri* = 11.43.

Entre clases de tamaño sólo se encontraron diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) en *C. gaumeri*, especie en la que los latizales tuvieron el mayor porcentaje de cobertura foliar y los brinzales el menor (cuadro 2).

La floración en ambas especies fue anual (un evento por año) y alcanzó la cobertura máxima en los meses de febrero y marzo, lo que coincidió con la disminución tanto de la cobertura foliar como de la humedad relativa del ambiente y de la temperatura media mensual, tal y como se observa en la figura 1.

Cuadro 2. Valores promedio del porcentaje de cobertura foliar entre clases de tamaño en *G. floribundum* y *C. gaumeri* en Dzan, Yucatán.

Clases de tamaño	Número de individuos	Número de mediciones bimestrales	% de hojas	
			<i>G. floribundum</i>	<i>C. gaumeri</i>
Brinzal	8	12	74.69 a	71.56 b
Latizal	8	12	74.58 a	76.98 a
Fustal	8	12	73.93 a	74.37 ab
DMSH			4.11	4.08

DMSH = diferencia mínima significativa honesta. Valores seguidos por letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P > 0.05$).

Se encontró que la cobertura foliar se correlaciona de manera positiva y altamente significativa ($P \leq 0.01$) con la humedad relativa en el caso de *G. floribundum*, y con la temperatura media mensual para el caso de *C. gaumeri*. En cuanto a la cobertura floral, se encontró una correlación negativa y altamente significativa ($P \leq 0.01$) con la temperatura media mensual y negativa significativa ($P \leq 0.05$) con la precipitación parcial solamente en *C. gaumeri* (cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson entre datos climáticos y fenofases de *G. floribundum* y *C. gaumeri* en Dzan, Yucatán.

Elementos climáticos	<i>Gymnopodium floribundum</i>		<i>Caesalpinia gaumeri</i>		
	Hoja	Flor	Hoja	Flor	Fruto
Precipitación parcial	-0.2059 ns	-0.2196 ns	0.3083 ns	-0.6762 *	-0.5064 ns
Temperatura media mensual	-0.4153 ns	-0.5105 ns	0.8754**	-0.8309 **	-0.4832 ns
Humedad relativa	0.7320**	0.0572 ns	-0.3342 ns	-0.2901 ns	-0.4771 ns

** = $P \leq 0.01$; * = $P \leq 0.05$; ns = no significativo.

DISCUSIÓN

La estacionalidad de la precipitación en la zona de estudio, se puede clasificar como modal, de acuerdo a lo sugerido por Ortiz (1987), lo cual implica una disminución en los meses de diciembre a mayo y un incremento de junio a noviembre. También se registró un periodo crítico en los meses de enero a mayo con poca precipitación (0 a 6 mm de marzo a abril) en los dos años que duró el trabajo, a la par de una disminución en la temperatura media mensual, reflejados en un decremento de la humedad relativa del aire; se observa sincronía entre la defoliación y la floración de *G. floribundum* y *C. gaumeri* con el comportamiento de los elementos climáticos del lugar, fenómeno similar a lo reportado para *G. floribundum* por Valdez-Hernández *et al.* (2010) en el norte del estado de Yucatán y para *Bursera simaruba* (L.) Sarg, *Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Speng. y *Spondias purpurea* L. por Reich y Borchert (1984), en una selva tropical seca en Costa Rica.

Pennington y Sarukhán (2005) indican que la mayoría de las especies arbóreas de las selvas bajas caducifolias, pierden sus hojas totalmente por periodos de cinco a siete meses; caso contrario con lo registrado para *G. floribundum* y *C. gaumeri* para la zona de estudio, puesto que la mayor parte del tiempo (10 meses, de mayo a febrero) la cobertura foliar fue de 55% a 80%, y sólo para el caso de *C. gaumeri* alcanzó valores de 0% en el mes de enero. Estas diferencias se deben, principalmente, a las condiciones edáficas y climáticas tal y como fue

demostrado por Simei *et al.* (2016) en plantaciones de *Cordia dodecandra* en el estado de Yucatán, puesto que, siendo una especie netamente caducifolia, los individuos que recibieron riego durante todo el año no defoliaron completamente, atribuyéndolo a las condiciones de humedad presentes en el suelo y el ambiente debido al riego.

Varios estudios indican que en lugares con baja disponibilidad de agua en el ambiente, las especies vegetales han desarrollado estrategias para mantener este vital líquido en sus tejidos y resistir la sequía, tales como: reducción del crecimiento diamétrico (Reich y Borchert, 1984), disminución de la densidad estomática, baja transpiración cuticular, presencia de tricomas reflejantes (Buttery *et al.*, 1993; Van Rensburg *et al.*, 1994; Acosta-Díaz *et al.*, 2004), pérdida de hojas o reducción de sus dimensiones, cambios en la estructura interna del tejido fotosintético, cantidad y distribución del parénquima en empalizada y esponjoso (Niyogi, 2000; Larcher, 2003; Peñuelas y Munné-Bosch, 2005; Tanaka *et al.*, 2008); mecanismos necesarios para asegurar la supervivencia de la especie en periodos desfavorables (López *et al.*, 2005; Taiz y Zeiger, 2002). Al respecto, Interián-Ku *et al.* (2014), reporta para *C. gaumeri* en el mismo lugar de estudio, un crecimiento diamétrico hasta de 0 cm durante el periodo de sequía y un máximo de 0.7 cm en periodo lluvioso, aspectos ampliamente correlacionados. En este caso, es evidente que las dos especies en estudio, pierden parte de sus hojas, 45% para *G. floribundum* y hasta 100% para *C. gaumeri*, en la época con nula precipitación y menor humedad relativa.

Con respecto a la clasificación de la floración para ambas especies estudiadas se puede considerar como anual, puesto que el evento tiene lugar durante el periodo seco de cada año, comportamiento que coincide con lo reportado para *Acacia gaumeri*, *Bursera simaruba*, *Diospyros cuneata* y *G. floribundum*, especies que crecen en las selvas del estado de Yucatán, México (Valdez-Hernández *et al.*, 2010), así como *Ruizterania esmeraldae*, *Ruizterania retusa*, *Vochysia crassifolia*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia obscura*, *Vochysia tetraphylla* y *Vochysia venezuelana* en Venezuela (Rodríguez y Sanoja, 2008). De acuerdo con estos últimos autores, la presencia de flores en la época seca del año, favorece la maduración de los frutos al final del período, así como la dispersión de las diásporas por el viento, además de la germinación y establecimiento de las plántulas al inicio del periodo de lluvias. Otros autores, explican que la disminución en cobertura de hojas y la aparición de flores durante la época seca, es una necesidad para atraer polinizadores o para contribuir al balance fitohormonal entre el follaje y las yemas florales; dejándose la dispersión de frutos y semillas para la época húmeda (Newstrom *et al.*, 1994; Villasana y Suarez, 1997; Adler y Kielpinski, 2000; Vélchez *et al.*, 2008).

A pesar de la importancia de la floración masiva, vistosa y con gran cantidad de néctar para atraer polinizadores, que de manera natural garantizan la presencia de frutos y semillas, en *G. floribundum*, no se encontraron frutos, lo que coincide con lo reportado por Ramírez (2014). Este comportamiento de individuos con floración sin fructificación, fue reportado por García y Di Stefano (2005) en *Sideroxylon capiri* (A. DC.) Pittier (Sapotaceae) y lo atribuyen a las variaciones en el fotoperiodo relacionadas con la posición de los individuos en la estructura vertical del dosel. No obstante, se han encontrado otros mecanismos que explican mejor este fenómeno, tales como los rebrotes de las raíces o tallos cercanos al árbol de mayor edad, como una adaptación de estas especies a zonas con quemadas frecuentes (Nasi, Dennis, Meijaard, Applegate y Moore, 2002), como es el caso de *Ulex minor* (Fabaceae) reportada por Herrera (1987). Esta adaptación puede explicar el comportamiento reproductivo de *G. floribundum*, puesto que la práctica de la agricultura de roza-tumba-quema en la península de Yucatán, se ha realizado desde la época prehispánica, 2 500 a 800 a.C (González, 1986; Hammond, 1986; González, 2005).

El desfasamiento de la defoliación en el tiempo entre las especies estudiadas y dentro de las clases de tamaño en *C. gaumeri*, es explicada por la posición que ocupa cada una en el estrato vertical; *G. floribundum* es propio del estrato intermedio y *C. gaumeri* del superior. En este sentido Canham (1989) y Romo (2005) indican que los individuos propios del dosel superior crecen lentamente y cuando se encuentran en estratos inferiores, sus reacciones fenológicas

suelen ser tardías, sobre todo en las especies consideradas como “maderas duras”, característica reportada para *C. gaumeri* por Interián-Ku *et al.* (2011), siendo las condiciones microclimáticas entre el estrato vertical las que mejor explican este comportamiento. En este sentido Chen *et al.* (1993) y Davies-Colley *et al.* (2000), refieren que el interior de un bosque es más sombrío, menos ventoso, más frío y más húmedo que el exterior tanto en zonas templadas como en zonas cálidas en diferentes latitudes del planeta. Promis *et al.* (2010) reportaron el mismo fenómeno para *Nothofagus pumilio* en Chile.

La correlación positiva encontrada entre la humedad relativa con la cobertura foliar en *G. floribundum*, indica que estos dos eventos están asociados, de tal manera, que en la época de mayor humedad relativa se esperaría observar la mayor cantidad de hojas y, por el contrario, en la de menor humedad relativa disminuye la presencia de hojas. En cuanto a *C. gaumeri*, la cobertura foliar se asocia positivamente con la temperatura media mensual y la precipitación parcial, en tanto que la cobertura floral se asoció negativamente con esta última variable climática, lo que indica que en las épocas de menor precipitación se presenta la floración; estrategia seguida por las especies vegetales, sobre todo silvestres, para atraer polinizadores y asegurar el éxito de la germinación de las semillas y establecimiento posterior de las plántulas en el periodo lluvioso, como sugieren Newstrom *et al.* (1994), Villasana y Suárez (1997), Adler y Kielinski (2000) y Vélchez *et al.* (2008).

CONCLUSIONES

Gymnopodium floribundum defolia y florece de manera sincrónica en la época seca anualmente, con una cobertura floral máxima en el mes de febrero. La cobertura foliar varía significativamente en el tiempo, pero no entre clases de tamaño y está asociada positivamente con la humedad relativa: es mayor en los meses lluviosos y menor en la época seca. No se registró fructificación en esta especie, y dada su importancia para la actividad apícola de la región, es necesario continuar con el estudio de este caso en particular.

Caesalpinia gaumeri defolia, florece y fructifica de manera sincrónica en la época seca anualmente, con una cobertura floral máxima en los meses de febrero a marzo. La cobertura foliar entre clases de tamaño, varía significativamente en el tiempo y está asociada positivamente con la temperatura media mensual: es mayor en la época lluviosa y llega a defoliarse por completo en el mes de enero. La floración está asociada negativamente con la precipitación parcial y la temperatura media mensual. La fructificación alcanzó su máxima cobertura de enero a abril.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz, E., Trejo-López, C., del Mar Ruiz-Posadas, L., Padilla-Ramírez, J. S., & Acosta-Gallegos, J. A. (2004). Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*, 22(1), 49–58.
- Adler, G. H., & Kielinski, K. a. (2000). Reproductive Phenology of a Tropical Canopy Tree, *Spondias mombin*. *Biotropica*, 32, 686-692. [https://doi.org/10.1646/0006-3606\(2000\)032\[0686:RPOATC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1646/0006-3606(2000)032[0686:RPOATC]2.0.CO;2)
- Alfaro, B., & Ortiz, D. (2010). Plantas melíferas: Melisopalínología. Parte III. Usos de la Biodiversidad. Uso de la flora y fauna silvestre. *Biodiversidad Y Desarrollo Humano En Yucatán. CICY, PPD-FMAM, Conabio, SEDUMA. Mérida, Yuc., México*, 346–348.
- Ayma-Romay, A. I., & Sanzetenea, E. S. (2008). Variaciones fenológicas de especies de Podocarpaceae en estación seca de los Yungas (Cochabamba, Bolivia). *Ecología En Bolivia*, 43(1), 16–28.
- Bautista, F., Frausto, O., Ihl, T., & Aguilar, Y. (2015). Actualización del mapa de suelos del Estado de Yucatán México: Enfoque geomorfológico y WRB. *Ecosistemas Y*

- Recursos Agropecuarios*, 2(6), 303-315.
- Bendix, J., Homeier, J., Ortiz, E. C., Emck, P., Breckle, S.-W., Richter, M., & Beck, E. (2006). Seasonality of weather and tree phenology in a tropical evergreen mountain rain forest. *International Journal of Biometeorology*, 50(6), 370–384.
- Benítez, N. P., & Mosquera, H. R. M. (2004). Phenology of three timber species in risk of extinction in Colombia and high indices of exploitation in the Choco: *Huberodendron patinoi* “Carrá”, *Cariniana pyriformis* Mier “Abarco” y *Humiriastrum procerum* Little “Chanó”. *Lyonia*, 7, 107–114.
- Bollen, A., & Donati, G. (2005). Phenology of the littoral forest of Sainte Luce, Southeastern Madagascar. *Biotropica*, 37(1), 32–43.
- Borchert, R., Felger, S. A., & Porter-Bolland, R. S. (2004). Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests [recurso electrónico].
- Boyle, W. A., & Bronstein, J. L. (2012). Phenology of tropical understory trees: patterns and correlates. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1415–1430.
- Brenes Cambronero, L., Stefano, D., & Francisco, J. (2001). Comportamiento fenológico del árbol *Elaeagia uxpanapensis* (Rubiaceae), en un bosque pluvial premontano de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(3–4), 989–998.
- Buttery, B. R., Tan, C. S., Buzzell, R. I., Gaynor, J. D., & MacTavish, D. C. (1993). Stomatal numbers of soybean and response to water stress. *Plant and Soil*, 149(2), 283–288.
- Camacho, M., & Orozco, L. (1998). Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(3), 533–542.
- Canham, C. D. (1989). Different Responses to Gaps Among Shade-Tolerant Tree Species. *Ecology*, 70(3), 548–550.
- Cervantes, M. A. R., Novelo, S. A. G., & Duch, E. S. (2000). Effect of the temporary thermic treatment of honey on variation of the quality of the same during storage. *Apiacta*, 35, 4.
- Chen, J., Franklin, J. F., & Spies, T. A. (1993). Contrasting microclimates among clearcut, edge, and interior of old-growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 63(3–4), 219–237.
- Davies-Colley, R. J., Payne, G. W., & Van Elswijk, M. (2000). Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology*, 111–121.
- Durán-García, R., & García-Contreras, G. (2010). Distribución espacial de la vegetación. *Biodiversidad Y Desarrollo Humano En Yucatán*. (Eds R. Durán-García and M. Méndez-González.) Pp, 131–135.
- Echazarreta, C. M., Quezada-Euán, J. J. G., Medina, L. M., & Pasteur, K. L. (1997). Beekeeping in the Yucatan peninsula: development and current status. *Bee World*, 78(3), 115–127.
- Flores Guido, J. S., & Espejel Carvajal, I. (1994). *Tipos de vegetación de la Península de Yucatán*.
- García-Díaz, E. G., & Di Stefano-Gandolfi, J. F. (2005). Fenología de árbol *Sideroxylon capiri* (Sapotaceae) en el bosque seco tropical de Costa Rica. Phenology of the tree *Sideroxylon capiri* (Sapotaceae) at the tropical dry forest in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 53(1/2), 5–14.
- García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). CETENAL, 1970. Hoja Colima. Carta de Climas. *Esc*, 1(500,000).
- _____. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana* (Serie Libr). Ciudad de México: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf
- Gordo, O., & Sanz, J. J. (2005). Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146(3), 484–495.
- Guide, S. A. S. U. (n.d.). Statistics, Version 8.1999. SAS Inst. Inc., Cary, NC, 128.
- Hammond, N. (1986). El nacimiento de la civilización maya. *Investigación Y Ciencia* (Edición

- en Español de American Scientific*), 121, 90–116.
- Haugaasen, T., & Peres, C. A. (2005). Tree phenology in adjacent Amazonian flooded and unflooded forests. *Biotropica*, 37(4), 620–630.
- Herrera, J. (1987). Biología reproductiva de algunas especies del matorral de Doñana. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid (España)* (Vol. 44, pp. 483–497).
- Ibarra-Manriquez, G., Sanchez-Garfias, B., & Gonzalez-García, L. (1991). Fenología de lianas y árboles anemócoros en una selva cálido-húmeda de México. *Biotropica*, 242–254.
- Interián-Ku, V. M., de la Rosa, B., Amparo, M., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., & Vaquera-Huerta, H. (2011). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Madera Y Bosques*, 17(1), 23–36.
- Interián-Ku, V. M., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., Borjade-la-Rosa, M. A., & Vaquera-Huerta, H. (2009). Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, (85), 17–29.
- Interián-Ku, V. M., Vaquera-Huerta, H., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., & Romero-Manzanares, A. (2014). Influencia de factores morfológicos y ambientales sobre el crecimiento en diámetro de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en un bosque tropical caducifolio, en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 20(3), 255–270.
- Jácome, A. G. (2005). Reconsiderando a Carl O. Sauer: Los orígenes de la agricultura en México. *Perspectivas Latinoamericanas*, 2, 13–27.
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media.
- Levy-Tacher, S., & Hernández-Xolocotzi, E. (1994). Aprovechamiento forestal tradicional de los Hubches en Yucatán. *Hernández-Xolocotzi E., Bello-Baltazar E. Y Levy-Tacher SI Comp. La Milpa En Yucatán, Un Sistema de Producción Agrícola Tradicional*, 1, 247–270.
- Licón, E. G. (1986). *Los mayas de la gruta de Loltún, Yucatán: a través de sus materiales arqueológicos* (Vol. 149). Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Lopez, O. R., Kursar, T. A., Cochard, H., & Tyree, M. T. (2005). Interspecific variation in xylem vulnerability to cavitation among tropical tree and shrub species. *Tree Physiology*, 25(12), 1553–1562.
- Mantovani, A., Morellato, L. P. C., & Reis, M. S. dos. (2004). Fenologia reproductiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Brazilian Journal of Botany*, 787–796.
- Márdero, S., Nickl, E., Schmook, B., Schneider, L., Rogan, J., Christman, Z., & Lawrence, D. (2012). Sequías en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. *Investigaciones Geográficas*, (78), 19–33.
- May-Acosta, C., & Bautista-Zuñiga, F. (2005). Colección de monolitos de suelos de la Península de Yucatán. *Caracterización Y Manejo de Los Suelos de La Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales Y Ambientales. UAC-UAY-INE, Mérida*.
- Mena, Z. A. (2004). Flowering on community level in a Terra Firme Forest in Ecuadorian Amazon. *Journal of Lyonia*, 7(1), 115–123. Retrieved from http://lyonia.org/articles/rbusmann/article_348/pdf/article.pdf
- Nasi, R., Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G., & Moore, P. (2002). Los incendios forestales y la diversidad biológica. *Unasylva (FAO)*.
- 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*, 141–159.
- Niyogi, K. K. (2000). Safety valves for photosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 3(6), 455–460.
- O'Brien, J. J., Oberbauer, S. F., Clark, D. B., & Clark, D. A. (2008). Phenology and stem diameter increment seasonality in a Costa Rican wet tropical forest. *Biotropica*, 40(2),

- 151-159.
- Ordóñez, Y. B. M., González, C. E., & Escobedo, R. M. (2005). Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Técnica Pecuaria En México*, 43(3), 323–334.
- Ortiz, S. C. A. (1987). *Elementos de agroclimatología cuantitativa, con aplicaciones en la república mexicana* (3era ed.). Texcoco, Estado de México: Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo.
- Pennington, T. D. (2005). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. UNAM.
- Peñuelas, J., & Munné-Bosch, S. (2005). Isoprenoids: an evolutionary pool for photoprotection. *Trends in Plant Science*, 10(4), 166–169.
- Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I., & López-López, M. Á. (2012). “Fenología de *Schizolobium parahyba* y *Vochysia guatemalensis* en una selva alta perennifolia de Oaxaca, México.” *Botanical Sciences*, 90(2), 185–193. Retrieved from <http://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/483%5Cnhttp://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/download/483/230>
- Price, M. V., & Waser, N. M. (1998). Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow. *Ecology*, 79(4), 1261–1271.
- Promis, A., Caldentey, J., & Ibarra, M. (2010). Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque (Valdivia)*, 31(2), 129–139.
- Ramírez, M. I. M. (2014). Muchas flores, pocos frutos. ¿Mala inversión? *Desde El Herbario*, 6, 75-76.
- Rathcke, B., & Lacey, E. P. (1985). Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16(1), 179–214.
- Reich, P. B., & Borchert, R. (1984). Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *The Journal of Ecology*, 61–74.
- Rensburg, L. van, Kruger, G. H. J., & Krüger, H. (1994). Assessing the drought-resistance adaptive advantage of some anatomical and physiological features in *Nicotiana tabacum*. *Canadian Journal of Botany*, 72(10), 1445–1454.
- Rodríguez, L., & Sanoja, E. (2008). Fenología, biología floral y de polinización de especies de la familia *vochysiaceae* en la Guayana Venezolana. *Acta Botánica Venezuelica*, 31(2).
- Romo Reátegui, M. (2005). Efecto de la luz en el crecimiento de plantulas de *Dipteryx micrantha* Harms“ Shihuahuaco” transplantadas a sotobosque, claros y plantaciones. *Ecología Aplicada*, 4(1–2), 1–8.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Primera edición digital [En línea]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- Sánchez Aguilar, R. L., & Rebollos Dominguéz, S. (1999). Deforestación en la Península de Yucatán , los retos que enfrentar. *Madera Y Bosques*, 5(2), 3–17. <https://doi.org/10.21829/myb.1999.521344>
- Simeí, M., Campos, B., Jiménez-Osornio, J., & Barrientos, M. (2016). Fenología y producción de frutos de plantaciones de siricote (*Cordia dodecandra* A. DC.) bajo tres tipos de manejo en Xmatkuil, Yucatán, México. *Polibotánica*, (41), 115–131.
- Solís, S., Lobo, J., & Grimaldo, M. (2009). Phenology and recruitment of *Caryocar costaricense* (Caryocaceae), an endemic tree species of Southern Central America. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 771–780.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). Principle and procedures of statistic: A biometrical approach. New York: McGraw-Hill.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. 10). Universitat Jaume I.
- Tanaka, Y., Sasaki, N., & Ohmiya, A. (2008). Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal*, 54(4), 733–749.
- Valdez-Hernández, M., Andrade, J. L., Jackson, P. C., & Rebolledo-Vieyra, M. (2010). Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of

Recibido:
29/octubre/2016

Aceptado:
31/octubre/2017

- environmental and physiological factors. *Plant and Soil*, 329(1–2), 155–171.
- Van Schaik, C. P. (1986). Phenological changes in a Sumatran rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 2(4), 327–347.
- Vílchez-Alvarado, B., Chazdon, R. L., & 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. Reproductive phenology of canopy tree species in secondary and mature forests of Huetar. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)*, 5(15), 1–18.
- Vílchez-Alvarado, B., Chazdon, R. L., & Redondo-Brenes, Á. (2012). Fenología reproductiva de cinco especies forestales del bosque secundario tropical. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(2), 1–10.
- Villasana, A., Roberto, A., & de Giménez, A. S. (1997). Estudio fenológico de dieciseis especies forestales presentes en la Reserva Forestal IMATACA, Edo. Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 41, 13–21.
- White, D. A., & Hood, C. S. (2004). Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science*, 15(2), 151–161.
- Zárate, R., Amasifuen, C., & Flores, M. (2006). Floración y Fructificación de plantas leñosas en bosques de arena blanca y de suelo arcilloso en la Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología*, 13(1), 95–102.