

Crecimiento en diámetro y fenología de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. en Costa Grande, Guerrero, México

Diameter stem growth and phenology of *Tabebuia Rosea* (Bertol.) DC. in Costa Grande, Guerrero, Mexico

Elizandro Pineda-Herrera*, Juan Ignacio Valdez-Hernández**, Carmen De la Paz Pérez-Olvera***

RESUMEN

Tabebuia rosea es una especie arbórea multipropósito, cuya tasa de crecimiento y fenología se han estudiado en pocas selvas de México, siendo útil esta información para su conocimiento, conservación y manejo. En este trabajo, llevado a cabo durante 17 meses en Zihuatanejo de Azueta, Guerrero, se midió el crecimiento bimestralmente, comparándose entre categorías diamétricas y calidades-posiciones de copa; también de forma bimestral se registraron cuatro eventos fenológicos (caída de hojas, floración, fructificación, brote de hojas) y se correlacionaron con la precipitación y la temperatura. El crecimiento promedio anual fue de 0.58 cm y su curva se ajustó al modelo logístico. El brote de hojas se correlacionó con la precipitación ($p < 0.05$). La tasa de crecimiento no se relacionó con el tamaño de los árboles ni con la posición de copa; se encontró una asociación positiva entre el patrón estacional de lluvias, los incrementos y el brote de hojas.

ABSTRACT

Tabebuia rosea is a multipurpose tree species whose rate of growth and phenology have been studied in a few tropical forest of Mexico, being this information for knowledge, conservation and management helpful. In this work, carried out for 17 months in Zihuatanejo de Azueta, Guerrero, growth was measured every two months and compared between diametric categories and qualities-positions crown. Also bimonthly four phenological events (leaf falling, flowering, fruiting, leaf flushing) were recorded and correlated with precipitation and temperature. Average annual growth was 0.58 cm and its curve fitted to logistic model. Leaf flushing was correlated to precipitation ($p < 0.05$). Growth rate was not related to trees size or crown position, a positive association was found between seasonal pattern of rainfall, annual increments and leaf flushing.

Recibido: 30 de julio de 2015
 Aceptado: 29 de julio de 2016

Palabras clave:

Bandas dendrométricas; brote de hojas; selva mediana subcaducifolia; Zihuatanejo de Azueta.

Keywords:

Dendrometer bands; leaf flushing; semideciduous tropical dry forest; Zihuatanejo de Azueta.

Cómo citar:

Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I., & Pérez-Olvera, C. De la P. (2016). Crecimiento en diámetro y fenología de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. en Costa Grande, Guerrero, México. *Acta Universitaria*, 26(4), 19-28. doi: 10.15174/au.2016.914

INTRODUCCIÓN

Costa Grande, Guerrero, es la región geopolítica más extensa a nivel estatal (14 710.70 km²) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2009). Está conformada por ocho municipios y tiene una superficie forestal de 610 000 ha, en las cuales se localizan selvas bajas caducifolias, selvas medianas subcaducifolias, encinares, pinares, bosques caducifolios y de oyamel (INEGI, 2011; Pineda-Herrera, De la Paz & Valdez-Hernández, 2012a). Las selvas bajas caducifolias y medianas subcaducifolias son importantes debido a que junto con otros tipos de selvas secas contribuyen con un 40% del total nacional de plantas vasculares endémicas (Rzedowski, 1991).

Una especie pionera de selvas bajas caducifolias, medianas subcaducifolias y zonas de transición, entre estas y los encinares en Costa Grande, es *Tabebuia rosea*, la cual se distribuye desde el nivel del mar hasta los

* Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana. San Rafael Atlixco núm.186, Col. Vicentina, Iztapalapa, México, D.F., C.P. 09340. Correo electrónico: elherrera2001@yahoo.com.mx

** Postgrado Forestal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56230.

*** Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera, Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, México, D.F., C.P. 09340.

800 m (Pineda *et al.*, 2012a). *T. rosea* es representativa de selvas altas-medianas subperennifolias, medianas subcaducifolias y bajas caducifolias, encontrándosele en el Golfo de México desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán, y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas, incluyendo la porción baja de la cuenca del Balsas (Pennington & Sarukhán, 2005).

En México se conoce comúnmente como Maculís, Palo de Rosa, Roble y Rosa Morada. Es apreciada por sus propiedades maderables, medicinales y melíferas, así como por sus cualidades ornamentales (Moreno & Paradowska, 2009; Román, Mora & Gallegos, 2011).

Tabebuia rosea se aprovecha maderablemente en selvas de Tomatlán, Jalisco, con base en cortas de selección ("entresaca") (Mora, Valdez-Hernández, Ángeles, Musálem & Vaquera, 2006). También se le maneja en plantaciones comerciales (Muñoz, Sáenz & Rueda, 2011; Rueda *et al.*, 2011), así como enriqueciendo selvas secundarias (Galán-Larrea, Valdez-Hernández, De los Santos-Posadas & López-López, 2011) y potreros degradados (Montero, Valdez-Hernández, De los Santos, Cetina & Sánchez, 2011).

Uno de los hechos científicos que distinguen a las especies arbóreas tropicales es que no presentan un patrón de crecimiento definido, como aquellas de clima templado, debido a la influencia de múltiples factores biofísicos (régimen de precipitación, huracanes, dimensiones del árbol, atributos de copa, etc.) (Ashton, 1981). La tasa a la que el árbol crece, tomada de medidas repetidas en muestras de árboles, los patrones climáticos y el registro de eventos periódicos como la fenología, son herramientas fundamentales para un conocimiento sólido de la dinámica ecológica de las selvas y un aprovechamiento forestal adecuado (Mariaux, 1981).

La fenología entendida como el estudio de los eventos estacionales que ocurren durante el ciclo de vida de las plantas (Rathcke & Lacey, 1985) es la expresión tangible de los procesos ecofisiológicos que influyen en el engrosamiento del tronco (Kozlowski, Kramer & Pallardy, 1991). Los estudios fenológicos son la base para planear una adecuada reproducción y propagación de especies en su ámbito local, contribuyendo con ello al mejoramiento y conservación de germoplasma (Cornelius & Ugarte, 2010).

Los antecedentes fenológicos de *Tabebuia rosea* más numerosos se han realizado en Costa Rica, por Fournier (1969), Frankie, Baker & Opler (1974), Reich

& Borchert (1984) y Borchert (1994), dándose mayor énfasis a la floración y al brote de hojas. La investigación de Gómez & Fournier (1996) evaluó de forma completa el ciclo fenológico y su asociación con el clima. En este sentido, destaca también el trabajo de Urrego & Del Valle (2001) en Colombia.

En México, la fenología de *Tabebuia rosea* fue estudiada en Campeche por Porter-Bolland (2003), con fines de aprovechamiento melífero. Moreno, Infante, Travieso & Madero (2010), en La Mancha, Veracruz, evalúan sus fenofases para restaurar dunas costeras. En la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco, Bullock & Solís-Magallanes (1990) analizaron la fenología de *T. rosea*, siendo esta la única investigación para el Pacífico mexicano, por lo que en otras regiones de esta vertiente, a otras altitudes y en otros tipos de selvas, este conocimiento es incipiente.

El estudio de Reich & Borchert (1984) en Costa Rica también incluyó la medición del crecimiento de *Tabebuia rosea*, empleando bandas dendrométricas. Galán-Larrea (2007) y Galán-Larrea *et al.* (2011) en la Costa de Oaxaca midieron el diámetro empleando esta misma técnica, y además demostraron que la anchura de sus anillos de crecimiento se correlacionaron con la precipitación. En otras regiones del Pacífico mexicano no existen estudios sobre este tópico.

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo en una selva mediana subcaducifolia de Costa Grande, Guerrero, fueron: 1) medir el crecimiento en diámetro entre distintas categorías diamétricas y calidades-posiciones de copa de *Tabebuia rosea* durante 17 meses y 2) evaluar cuatro eventos fenológicos (caída de hojas, floración, fructificación, brote de hojas) durante 17 meses y correlacionarlos con la precipitación y la temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la localidad Los Varillos (440 msnm) del ejido La Laja y Anexos (53° 58' N, 101° 44' O) (INEGI, 2009) (figura 1) en el municipio de Zihuatanejo de Azueta, Costa Grande, Guerrero, perteneciente a la provincia Sierra Madre del Sur y a la subprovincia Cordillera Costera del Sur. El sitio de estudio es una selva mediana subcaducifolia sin antecedentes de manejo forestal y con esporádico uso pecuario, con geoforma de cañada, rodeada por laderas y lomeríos con pendientes moderadas. Los suelos son de origen volcánico de textura migajón-arcillosa-arenosa

(Pineda-Herrera *et al.*, 2012a). El clima es cálido sub-húmedo con lluvias en verano (Aw): con una precipitación total anual que oscila entre 1100 mm a 1500 mm, temperatura media anual 16 °C a 28 °C (Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2012).

Florísticamente, el sitio de estudio se caracteriza por la presencia de especies arbóreas, tales como *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britton & Rose, *Cordia elaeagnoides* A. DC., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, *Ficus petiolaris* Kunth, *Hymenaea courbaril* L., *Licania arborea* Seem., *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth., *Swietenia humilis* Zucc. (Pineda-Herrera *et al.*, 2012a). La altura promedio es mayor a 15 m, en general de 25 m a 30 m, con algunos ejemplares emergentes que alcanzan 30 m (Pineda-Herrera *et al.*, 2012a).

Crecimiento en diámetro

Para el estudio se seleccionaron 16 árboles con fuste recto, cuyas alturas oscilaron entre 10 m y 15 m, los cuales se clasificaron en cuatro categorías diamétricas a la altura del pecho (DAP = 1.30 m del suelo): 12.5 cm – 17.49 cm (categoría 15), 17.5 cm – 22.49 cm (categoría 20), 22.5 cm – 27.49 cm (categoría 25) y 27.5 cm – 32.49 cm (categoría 30). Las categorías se asignaron por un límite inferior y uno superior de medición, determinado por la disponibilidad de individuos en la selva, con la finalidad de obtener la dinámica de crecimiento por estructura de tamaños de la población a estudiar (Melo & Vargas, 2003).

La medición del diámetro se realizó de forma bimestral desde enero de 2011 hasta julio de 2012. Para esto se emplearon bandas dendrométricas de acero inoxidable seleccionadas por su bajo costo y su precisión comprobada en diversos estudios (López-Ayala, Valdez-Hernández, Terrazas & Valdez-Lazalde, 2006).

Las copas de los árboles medidos se categorizaron adaptando el método de Dawkins (1958). Dicha adaptación consistió en reducir de cinco a tres categorías para cada atributo, con el propósito de simplificar las observaciones, dado que esta metodología fue desarrollada en selvas perennifolias cuya densidad y patrones de ramificación requieren más categorizaciones.

Las categorías de calidad fueron las siguientes: calidad 1: copa asimétrica, degradada, dañada, con una o pocas ramas; calidad 2: copa parcialmente simétrica o rala, con medio círculo o medio óvalo; calidad 3: copa simétrica, formando un círculo completo, perfecto.

El segundo atributo fue la posición de copa. Al respecto, Dawkins (1958) menciona que su evaluación es imprescindible para modelos de crecimiento, debido a la sensibilidad en la incidencia de luz de muchas especies. Las categorías de posición fueron: posición 1. escasa recepción de luz vertical o lateral, enteramente sombreada; posición 2: recepción vertical o lateral parcial, sombreada parcialmente por otras copas; posición 3: recepción vertical o lateral total, la parte superior de la copa totalmente expuesta a la luz y libre de competencia lateral.

Los incrementos por categoría diamétrica, simetría e iluminación de copa se ajustaron al modelo logístico (Cailliez, Cailliez & Alder, 1980) (ecuación 1):

$$y = a * \exp(-\exp(-b * (t - c))) \quad (1)$$

donde:

y = Variable de estudio (diámetro).

a = Parámetro de valor asintótico.

b = Parámetro de significado biológico limitado.

c = Parámetro que determina la tendencia de la curva en el tiempo.

t = Tiempo (días).

La modelación de los incrementos se realizó con el módulo de análisis de regresión no lineal del paquete STATA 2001, y para la comparación estadística entre las categorías diamétricas y los atributos

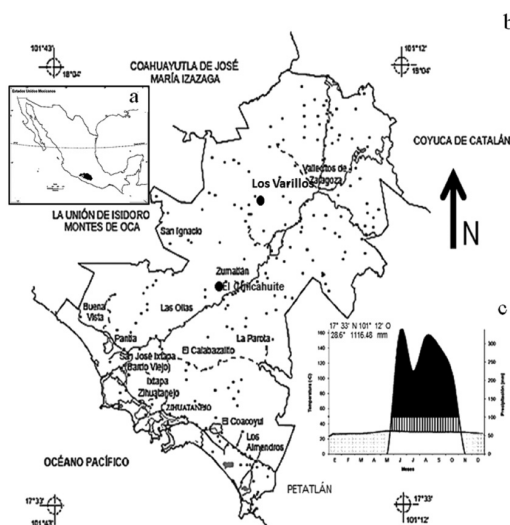


Figura 1. Zona de estudio. a). Estados Unidos Mexicanos, estado de Guerrero. b). Zihuatanejo de Azueta. c). Diagrama climático.

Fuente: INEGI (2009; 2011).

de copa se utilizó PAC (programas para el análisis de crecimiento) (Salgado, Gómez & Peña, 2005), mediante la prueba de razón de verosimilitud que calcula un estadístico que es comparado con la distribución χ^2 con grados de libertad iguales al número de restricciones (Kimura, 1980) (ecuación 2).

$$\chi^2_k = -N \times \ln \left[\frac{SCR_{\Omega}}{SCR_{\omega}} \right], \quad (2)$$

donde:

k = grados de libertad.

N = número total de observaciones combinado de las dos curvas que se están comparando.

$\ln$ = logaritmo natural.

SCR_{Ω} = suma total de cuadrados de los residuos obtenida de ajustar ambas curvas por separado.

SCR_{ω} = suma total de residuos cuadrados derivados de ajustar las curvas con algunas de las restricciones supuestas (a 's iguales, b 's iguales, c 's iguales).

La prueba de razón de verosimilitud (RV) define las diferencias significativas entre las curvas de dos grupos a comparar. Los valores de P de alta significancia se asocian a valores de RV mayores a dos (Salgado *et al.*, 2005).

Se obtuvieron los registros de precipitación promedio mensuales de la estación meteorológica del SMN más cercana al sitio (Vallecitos de Zaragoza) del periodo estudiado para graficar el comportamiento de las lluvias junto al patrón de crecimiento en el programa Excel *Microsoft*, 2003.

Fenología

Se identificaron 16 individuos en edad reproductiva. Algunos de ellos incluidos en el estudio de crecimiento, de acuerdo con su disponibilidad en campo y atributos dasonómicos y biológicos para ambas metodologías. Bimestralmente, desde enero de 2011 a julio de 2012, se registró mediante binoculares en cada individuo: *a*) caída de hojas, *b*) floración, *c*) fructificación y *d*) brote de hojas.

La metodología de observación consiste en dividir la copa en cuatro áreas proporcionales, de acuerdo con su patrón de ramificación; en cada área se asigna un 25% de presencia-ausencia del evento a evaluar, sumando progresivamente los porcentajes hasta asignar algunos de los valores en la escala: ausencia total

del evento (0), 1%–25% (1), 26%–50% (2), 51%–75% (3) y 76%–100% (4) (Fournier, 1974; Pineda-Herrera, Valdez-Hernández & López-López, 2012b).

Se promediaron los valores obtenidos para cada evento por bimestre y se correlacionaron (Pearson) (Gotelli & Ellison, 2004) con la temperatura y la precipitación registrados en la estación meteorológica del SMN más cercana al sitio (Vallecitos de Zaragoza/17° 55' 20" N, 101° 19' 02" O). El programa estadístico utilizado fue STATA, 2001.

RESULTADOS

Crecimiento en diámetro

El ajuste de todos los árboles al modelo de crecimiento mostró alta significancia estadística ($p < 0.01$). El incremento fue de una magnitud aproximada a 1 cm en la época de lluvias y un nulo incremento intra-anual en época seca (figura 2).

La figura 3 muestra que el menor valor significativo de r^2 correspondió a la categoría 15 y el mayor para la 30. En la categoría 25, la curva asciende prematuramente respecto al resto de las categorías, alrededor de los cien días de medición; en contraste, en la categoría 15 la curva asciende tardíamente, posterior a los doscientos días de medición.

En la tabla 1 se muestra un incremento promedio anual de 0.58 cm. Los incrementos por categoría diamétrica fueron mayores para la de 30 cm, seguida por 25 cm, 15 cm y 20 cm. El incremento máximo lo tuvo la categoría 30 y el mínimo de toda la muestra correspondió a la categoría 20 cm.

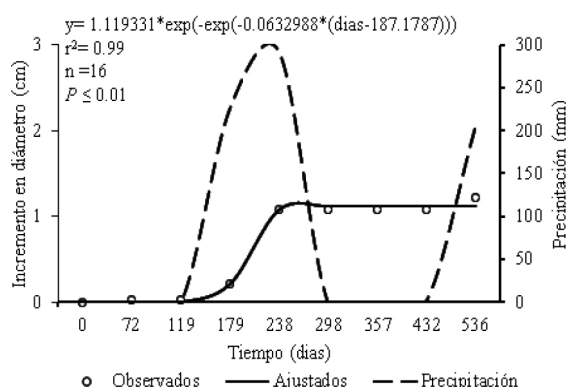


Figura 2. Crecimiento en diámetro para *Tabebuia rosea* y dinámica de la precipitación para el periodo enero de 2011-julio de 2012.

Fuente: Elaboración propia.

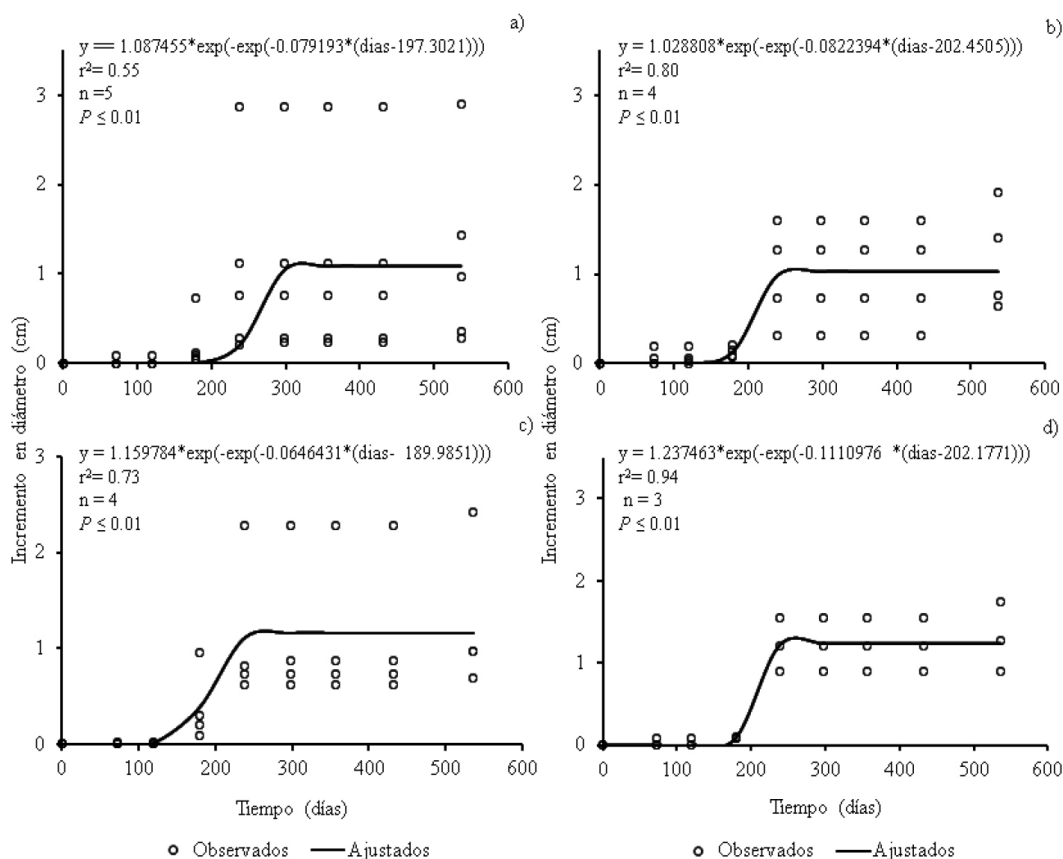


Figura 3. Crecimiento en diámetro para las categorías diamétricas de *Tabebuia rosea*. a) 15; b) 20; c) 25; d) 30.
 Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.
 Crecimiento en diámetro anual de *Tabebuia rosea*.

Categoría diamétrica (cm)	Número de árboles	Crecimiento en diámetro (cm/año)			Desviación estándar
		Mínimo	Medio	Máximo	
15	5	0.015	0.484	1.053	0.534
20	4	0.055	0.454	0.978	0.491
25	4	0.003	0.535	1.125	0.562
30	3	0.010	0.538	1.214	0.633
Todas	16	0.021	0.583	1.083	0.549

Fuente: Elaboración propia.

La prueba estadística no encontró diferencias significativas entre categorías. Los valores de razón de verosimilitud fueron mínimos en todas las categorías (tabla 2).

Todos los árboles tuvieron una sola calidad de copa (3), por lo que no se hicieron comparaciones estadísticas

de este atributo. Solo se encontraron posiciones de copa 2 y 3. Las curvas presentaron un patrón similar en el incremento durante la época de lluvias (alrededor de los 150 días). En ambas condiciones se encontraron árboles con crecimientos notables, alejados de la curva de ajuste general (figura 4).

El crecimiento promedio anual fue mayor en las copas totalmente iluminadas que en aquellas parcialmente iluminadas, al igual que en el crecimiento máximo, no así en lo que corresponde al mínimo (tabla 3).

En la tabla 4 se mostró un bajo valor de razón de verosimilitud, por lo que no hubo diferencias significativas entre las dos posiciones de copa.

Fenología

La caída de hojas de *Tabebuia rosea* fue un evento conspicuo, ya que el total de la copa de los individuos observados presentó caída de su follaje. La floración se caracterizó por la presencia de las distintivas panículas terminales de color rosa. Los frutos son cápsulas cilíndricas y las hojas palmatifoliadas cubren un gran porcentaje de la copa desde el inicio de la fenofase (figura 5).

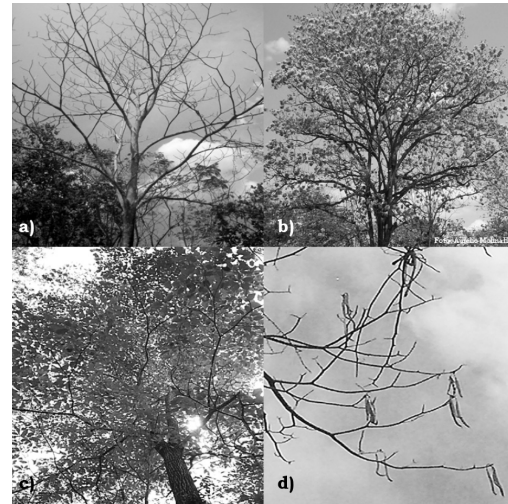


Figura 5. Ciclo fenológico de *Tabebuia rosea* en la zona de estudio. a) árbol defoliado; b) árbol en floración; c) árbol con hojas; d) frutos.
Fuente: Elaboración propia.

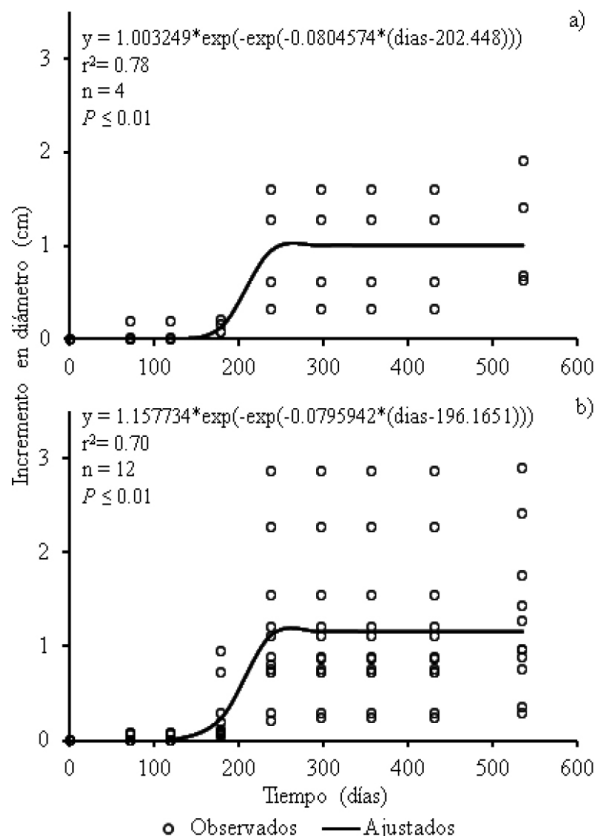


Figura 4. Crecimiento de árboles de *Tabebuia rosea* por posición de copa. a) parcialmente iluminada; b) totalmente iluminada.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.
Prueba de razón de verosimilitud para categorías diamétricas de *Tabebuia rosea*.

Comparaciones entre categorías	RV	gl	P
15 y 20	0.0433	3	0.998
15 y 25	0.1131	3	0.990
15 y 30	0.1716	3	0.982
20 y 25	0.3893	3	0.942
20 y 30	0.5791	3	0.901
25 y 30	0.0113	3	1.000

RV: razón de verosimilitud; gl: grados de libertad; P: probabilidad ($p < 0.001$).
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.
Crecimiento promedio anual mínimo, medio y máximo para posiciones de copa de *Tabebuia rosea*.

Iluminación	Número de árboles	Crecimiento promedio anual (cm/año)			Desviación estándar
		Mínimo	Medio	Máximo	
2	4	0.043	0.576	1.157	0.498
3	12	0.014	0.668	1.248	0.576

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.
Prueba de razón de verosimilitud para posiciones de copa de *Tabebuia rosea*.

Comparaciones entre iluminaciones de copa	RV	gl	P
2 y 3	0.5162	3	0.915

RV: razón de verosimilitud; gl: grados de libertad; P: probabilidad ($p < 0.001$).
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se aprecia que la caída de hojas se presentó de enero a principios de mayo de 2011 y de enero a abril de 2012. La floración se registró en las visitas de marzo de 2011 y en abril de 2012. Los frutos se presentaron en abril y mayo de 2011, así como en abril de 2012. La presencia de hojas se apreció de junio a noviembre de 2011, al igual que en junio de 2012 (figura 6).

La caída de hojas, la floración y la fructificación se apreciaron en meses sin precipitación (enero a mediados o finales de mayo) durante las dos estaciones secas que incluyó el estudio. Tanto las flores como los frutos se presentaron cuando la temperatura promedio mensual alcanza sus valores máximos. El brote de hojas solo inicia y permanece durante la temporada de lluvias y con aumento de la temperatura (julio a octubre) (figura 6).

El análisis de correlación de Pearson muestra que el brote de hojas estuvo asociado a la precipitación ($P < 0.05$) (tabla 5).

DISCUSIÓN

La curva de crecimiento de *Tabebuia rosea* en este trabajo ascendió conforme la lluvia presentó sus máximos valores, y se convirtió en asíntota cuando la lluvia decrece y se inicia la época seca. Galán (2007) y Galán *et al.* (2011) encontraron en esta misma especie una correlación significativa entre la formación de anillos de crecimiento y la dinámica de la lluvia en una selva seca de la Costa de Oaxaca, México. Se confirma que la reducción-aumento de las tasas de crecimiento durante las épocas seca-lluviosa se debe a la estimulación de la actividad del cambium vascular como respuesta al estrés causado por el déficit hídrico (Kozlowski *et al.*, 1991).

En este trabajo se obtuvo un crecimiento promedio anual de 0.58 cm, menor a lo estudiado por López-Ayala *et al.* (2006) (0.72 cm) (1052 mm) en Colima, México, para *Tabebuia donnell-smithii* Rose, y superior a lo investigado en selvas estacionales de Brasil para *Tabebuia. ochracea* (Cham.) Standl. por Rossatto (2009) (0.21 cm) (1462 mm). Las diferencias entre tasas de crecimiento se adjudican a la disponibilidad hídrica, por lo que dependen de los patrones de precipitación de cada sitio, los intervalos secos entre periodos de lluvias y la influencia que ejercen mayores valores de temperaturas en el aumento de biomasa (carbono) (Toledo *et al.*, 2011).

Al igual que en el estudio de López *et al.* (2006) para *Tabebuia donnell-smithii*, no hay diferencias significativas entre categorías diamétricas para *T. rosea* en este trabajo. Al respecto, Nath, Dattaraja, Suresh, Joshi & Sukumar (2006) sugieren que factores como el área foliar o la biomasa pueden tener influencia equivalente o mayor en la relación tamaño-tasa de crecimiento.

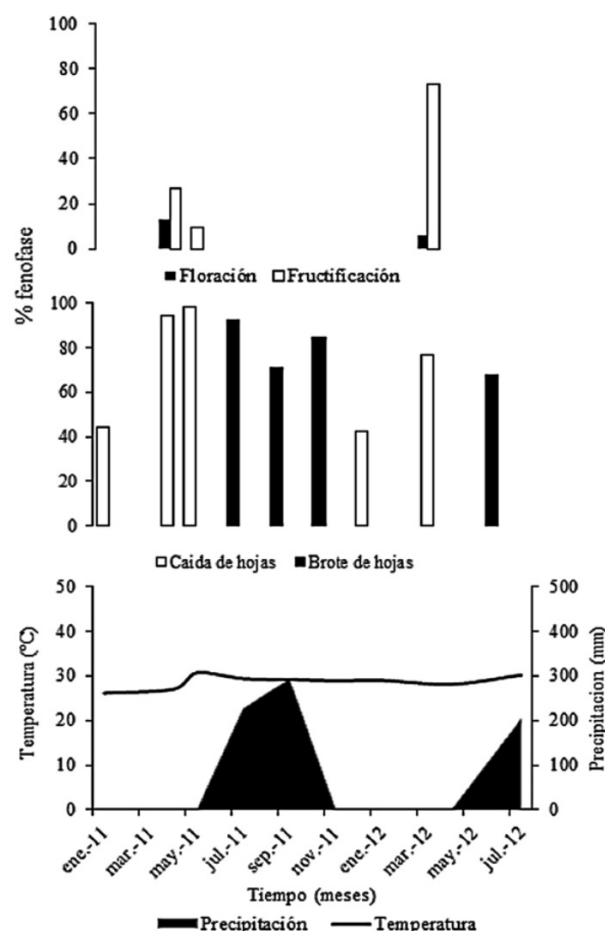


Figura 6. Dendrofenograma de *Tabebuia rosea* para la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Correlaciones paramétricas de factores del clima y eventos fenológicos.

Variable	Caída de hojas	Floración	Fructificación	Brote de hojas
Precipitación	-0.5149	-0.244	-0.4765	0.6722*
Temperatura	-0.1667	-0.2739	-0.2079	0.3917
* $P < 0.05$				

Fuente: Elaboración propia.

La posición de la copa no influyó en el aumento del diámetro observado en *Tabebuia rosea*, lo cual puede atribuirse variables ecofisiológicas como el área foliar específica, el contenido de nitrógeno y de clorofila en las hojas (Chaturvedi, Raghubanshi & Singh, 2011), dejando en un segundo plano la incidencia de luz, que es un factor más citado en los estudios de crecimiento arbóreo de selvas húmedas (Nath *et al.*, 2006).

La floración (1 – 1.5 meses) y la fructificación (2 meses) tuvieron una menor duración que lo encontrado en Santa Ana, Costa Rica (floración: cuatro meses; fructificación: seis meses) (Gómez & Fournier, 1996). Tampoco hay coincidencia entre los meses de mayor floración (mayo: Santa Ana y Chamela [Bullock & Solís-Magallanes, 1990; marzo: Los Varillos] y de fructificación (junio: Santa Ana y Chamela; abril: Los Varillos).

La plasticidad fenotípica de los patrones de floración y fructificación de la especie se ha documentado en varias especies del mismo género (Borchert, Meyer, Felger & Porter, 2004), ya que la capacidad de florecer y fructificar durante la época seca coincide con el nulo crecimiento vegetativo (caída de hojas), un incremento en el fotoperiodo y disminución de reservas de agua en el suelo (Porter-Bolland, 2003; Rivera *et al.*, 2002).

La duración del evento caída de hojas de *Tabebuia rosea* en Los Varillos, Guerrero, fue menor (6 meses) a lo reportado por Gómez & Fournier (1996) (7 meses), coincidiendo ambos estudios en el mes de mayo como el de mayor defoliación. Méndez, Pineda, Paz, Rosell & Olson (2013) confirman que la disminución de humedad edáfica en selvas secas induce la caída de hojas, con lo que disminuye la transpiración y, por tanto, se minimiza la pérdida de agua, lo cual asegura la integridad del sistema conductor para procesos fisiológicos posteriores como los reproductivos.

La fenofase brote de hojas en Los Varillos tuvo una menor duración (seis meses) que lo estudiado en Santa Ana, Costa Rica, por Gómez & Fournier (1996) (7 meses), y no coincidió en el mes de mayor porcentaje de hojas (julio: Santa Ana; junio: Los Varillos). La correlación positiva entre el brote de hojas y la precipitación confirma que el desarrollo de nuevos meristemos foliares estimulados también por un aumento de la temperatura (Estrada, Márquez & Higareda, 2012) requiere de un mayor aporte de agua, incrementando el área foliar y estimulando la actividad fotosintética; suministrando lo que el cambium vascular requiere para formar nueva madera (Kozlowski *et al.*, 1991).

CONCLUSIONES

El crecimiento en diámetro y el brote de hojas de *Tabebuia rosea* en Los Varillos, Guerrero, está influido por la precipitación en la zona de estudio. Los incrementos no están en función de las dimensiones de los árboles ni de la posición de la copa.

Con base en la muestra de individuos medidos, el alcance del presente estudio es regional en términos de intervalos altitudinales, suelos y tipo de vegetación similares. Dado su carácter pionero en la sucesión forestal, la buena conformación de su copa y su uniformidad en cuanto a incrementos con diferentes incidencias de luz, se plantea la posibilidad de inducir mayores densidades de árboles por superficie en bosque natural o en plantaciones.

Es factible un programa de recolecta de semillas local para la restauración de terrenos degradados, estabilización de suelos con pendientes en cañadas y barrancas, así como elemento arbóreo ecológico-ornamental en la comunidades.

AGRADECIMIENTOS

A los contribuyentes que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) proporcionaron una beca a Elizandro Pineda-Herrera para sus estudios de posgrado. A la familia Bustos Herrera por las facilidades para la realización del estudio. A los revisores asignados por *Acta Universitaria*.

REFERENCIAS

- Ashton, P. (1981). Necesidad de información concerniente a la edad y crecimiento en los árboles de selvas tropicales. En F. H Bormann & G. Berlyn (Eds.), *Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales* (pp. 1-5). Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos-Ediciones CECSA.
- Borchert, R. (1994). Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*, 75(5), 1437-1449.
- Borchert, R., Meyer, A., Felger, R., & Porter, L. (2004). Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology Biogeography*, 13(5), 409-425.
- Bullock, S. H., & Solís-Magallanes, J. A. (1990). Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, 22(1), 22-35.
- Cailliez, F. A., Cailliez, D. F., & Alder, D. (1980). *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Chaturvedi, R. K., Raghubanshi, A. S., & Singh, J. S. (2011). Leaf attributes and tree growth in a tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*, 22(5), 917-931.
- Cornelius, J. P., & Ugarte, G. L. J. (2010). *Introducción a la genética y domesticación forestal para la agroforestería y silvicultura*. Lima, Perú: Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF).
- Dawkins, H. (1958). *The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda*. Oxford, UK: Imperial Forestry Institute (paper no. 34).
- Estrada, C. J. A., Márquez, G., & Higareda, C. (2012). *Fenología foliar de diez especies arbóreas en el mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, Cosalá, Sinaloa*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Fournier, L. (1969). Estudio preliminar sobre la floración en el roble de la sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L.) Helmst. *Revista de Biología Tropical*, 15(2), 259-267.
- Fournier, L. A. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24(4), 422-423.
- Frankie, G. W., Baker, H. G., & Opler, P. A. (1974). Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 62(3), 881-919.
- Galán-Larrea, R. (2007). *Crecimiento y rendimiento de especies arbóreas en una plantación de enriquecimiento de Acahuales en el Sur de Oaxaca* (tesis de maestría). Colegio de Postgraduados: Montecillo, México.
- Galán-Larrea, R., Valdez-Hernández, J. I., De los Santos-Posadas, H., & López-Ayala, J. L. (2011). Periodicidad en la madera de cuatro especies arbóreas de la costa de Oaxaca. En A. R. Endara-Agramont, A. Mora-Santacruz & J. I. Valdez-Hernández (Eds.), *Bosques y árboles del trópico mexicano: estructura, crecimiento y usos* (pp. 37-56). Guadalajara, México: CUCBA-Universidad de Guadalajara / Prometeo ediciones.
- Gómez, F. P., & Fournier, O. L. A. (1996). Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de *Tabebuia rosea* ("Roble de sabana") en Costa Rica (Scrophulariales: Bignoniaceae). *Revista de Biología Tropical*, 44(1), 61-70.
- Gotelli, N. J., & Ellison, A. M. (2004). *A primer of ecological statistics*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado en enero de 2012 de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/12/12038.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2011). Biblioteca digital. Anuario estadístico del estado de Guerrero. Recuperado en mayo de 2013 de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/.../espanol/.../Default.asp?
- Kimura, D. K. (1980). Likelihood methods for the Von Bertalanffy growth curve. *Fishing Bulletin*, 77(4), 765-776.
- Kozlowski, T. T., Kramer, P. J., & Pallardy, S. G. (1991). *The Physiological Ecology of Woody Plants*. San Diego, California: Academic Press.
- López-Ayala, J. L., Valdez-Hernández, J. I., Terrazas, T., & Valdez-Lazalde, R. (2006). Crecimiento en diámetro de especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia en Colima, México. *Agrociencia*, 40(1), 139-147.
- Mariaux, A. (1981). Esfuerzos anteriores en la medida de la edad y el crecimiento anual en los árboles tropicales. En F. H. Bormann & G. Berlyn (Eds.), *Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales* (pp. 20-30). Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos / Ediciones CECSA.
- Melo, O., & Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultura de ecosistemas boscosos*. Corpocaldas, Colombia: Universidad del Tolima. Recuperado en marzo de 2012 de http://www.ut.edu.co/academico/images/archivos/Fac_Forestal/Documentos/LIBROS/evaluacion%20de%20ecosistemas%20boscosos%20%20Rafael%20vargas%20y%20Omar%20mel.pdf
- Méndez, A. R., Pineda, G. F., Paz, H., Rosell, J. A., & Olson, M. E. (2013). Leaf phenology is associated with soil water availability and xylem traits in a tropical dry forest. *Trees*, 27(3), 745-754.
- Montero, S. F. M., Valdez-Hernández, J. I., De Los Santos, P. H. M., Cetina, A. V. M., & Sánchez, V. L. R. (2011). Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(3), 53-68.
- Mora, S. A., Valdez-Hernández, J. I., Ángeles, P. G., Musálem, S. M. A., & Vaquera, H. H. (2006). Establecimiento y desarrollo de plántulas de *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en una selva subcaducifolia manejada en la costa pacífica de México. *Revista Biología Tropical*, 54(4), 1215-1225.
- Moreno, C. P., & Paradowska, K. (2009). Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques*, 15(3), 21-44.
- Moreno, C. P., Infante, M. D., Travieso, B. A. C., & Madero, C. (2010). *Manual para la reforestación de los médanos*. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología A. C. / Conafor / Conacyt.
- Muñoz, J., Sáenz, T., & Rueda A. (2011). *Especies promisorias de clima tropical para plantaciones comerciales en Michoacán*. Uruapan, Michoacán, México: SAGARPA / INIFAP / CIRPAC / Campo Experimental Uruapan.
- Nath, C. D., Dattaraja, H. S., Suresh, H. S., Joshi, N. V., & Sukumar, R. (2006). Patterns of tree growth in relation to environmental variability in the tropical dry deciduous forest at Mudumalai, southern India. *Journal of Biosciences*, 31(5), 651-669.
- Pennington, T. D., & Sarukhán, K. J. (2005). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México: Fondo de Cultura Económica / Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pineda-Herrera, E., De la Paz Pérez-Olvera, C., & Valdez-Hernández, J. I. (2012a). El aprovechamiento maderable en Costa Grande, Guerrero. *Biodiversitas*, 102, 6-12.
- Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I., & López-López, M. A. (2012b). Fenología de dos especies arbóreas en una selva alta perennifolia del norte de Oaxaca. *Botanical Sciences*, 90(2), 185-193.

- Porter-Bolland, L. (2003). La apicultura y el paisaje maya. Estudio sobre la fenología de floración de las especies melíferas y su relación con el ciclo apícola en La Montaña, Campeche, México. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, 19(2), 303-330.
- Rathcke, B., & Lacey, E. (1985). Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecological Systems*, 16, 179-214.
- Reich, P., & Borchert, R. (1984). Water Stress and Tree Phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. *The Journal of Ecology*, 72(1), 61-74.
- Rivera, G., Elliott, S., Caldas, L. S., Nicolossi, G., Coradin, V. T. R., & Borchert, R. (2002). Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, 16(7), 445-456.
- Román, M. L., Mora, S. A., & Gallegos, R. A. (2011). Árboles tropicales de uso múltiple en la Costa de Jalisco, México, En A. R. Endara-Agramont, A. Mora-Santacruz & J. I. Valdez-Hernández (Eds.). *Bosques y árboles del trópico mexicano: estructura, crecimiento y usos* (pp. 81-106). Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara / Prometeo Editores.
- Rossatto, D. R. (2009). Branch elongation and diameter growth were temporally dissociated in "cerrado" tree species. *Hoehnea*, 36(3), 437-444.
- Rueda, S. A. J., Benavides, S. J., Alonso, R. C. E., Sáenz, R. J. T., Prieto, R. J. A., & Molina, C. A. (2011). *Evaluación de plantaciones forestales comerciales de Tabebuia rosea en el estado de Jalisco*. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México: Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco / CIRPAC-INIFAP.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3-21.
- Salgado, U. I. H., Gómez, M. J. L., & Peña, M. B. (2005). *Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros*. Ciudad de México: Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (2012). Datos de precipitación y temperatura de la estación automática Vallecitos de Zaragoza (agosto de 2012).
- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Leaño, C., & Bongers, F. (2011). Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. *Journal of Ecology*, 99(1), 254-264.
- Urrego, L. E., & Del Valle, J. I. (2001). Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guandales) del pacífico sur colombiano. *Interciencia*, 26(4), 150-156.