

Crecimiento diamétrico de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en un sistema agroforestal de Oaxaca, México

Diametric growth of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken in an agroforestry system of Oaxaca, Mexico

Elizandro Pineda-Herrera¹ • Filemón Manzano-Méndez² • Juan Ignacio Valdez-Hernández³
• Leonardo Alejandro Beltrán-Rodríguez³

Abstract

Agroforestry systems (SAF) of the American tropics contain valuable tree components for their timber and ecological qualities. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken is a species commonly associated with crops such as cocoa, banana and coffee in Central and South America; whose contributions to the volume of regional wood represent an important percentage of extraction. In Mexico, there is a notable lack of research on the growth of tree species in SAF. In this work the growth of five diametric categories of *C. alliodora* of the state of Oaxaca during ten months was measured and compared, as well as three categories of incidence of light in its crown. temperature and average annual precipitation were also correlated with growth in diameter. An average growth of 0.17 cm was obtained and the categories that grew the most were those of 5, 15 and 20 cm ($p \leq 0.01$); Trees with sparse and partially lit canopies grew significantly more ($p \leq 0.01$) than those with fully illuminated canopies. The temperature correlated positively ($p \leq 0.01$) with the growth of categories 5, 15, 20 and 25 cm. Growth was not proportionally related to the size of the trees. The average temperature determined a seasonal pattern of growth in diameter.

Key words: Diametric categories, precipitation, temperature, dendrometrics bands, laurel.

1. División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica; San Luis Potosí, México; elherrera2001@yahoo.com.mx

2. Asesor e Investigador para el manejo de Ecosistemas Forestales Oaxaca; Oaxaca, México; filemanzano@gmail.com

3. Estudiante de Posgrado, POLCOS; Campeche, México; ignaciiov@colpos.mx; eonbeltranrodriguez@gmail.com

Recibido: 03/04/2018

Aceptado: 07/05/2018

Publicado: 28/06/2018

DOI: 10.18845/rfmk.v15i37.3600

Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF) del trópico americano contienen componentes arbóreos valiosos por sus cualidades maderables y ecológicas. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken es una de las especies comúnmente asociada a cultivos como cacao, plátano y café en centro y Sudamérica; cuyos aportes al volumen de madera regional representa un porcentaje importante de extracción. En México es notable la falta de investigación sobre el crecimiento de especies arbóreas en SAF. En este trabajo se midió y comparó el crecimiento de cinco categorías diamétricas de *C. alliodora* del estado de Oaxaca durante diez meses, así como tres categorías de incidencia de luz en su copa. También se correlacionó la temperatura y la precipitación anual promedio con el crecimiento en diámetro de las categorías diamétricas y las incidencias de luz en la copa. Se obtuvo un crecimiento promedio de 0,17 cm y las categorías que más crecieron fueron las de 5 y 15 cm ($p \leq 0,01$); los árboles con copas escasas y parcialmente iluminadas crecieron significativamente más ($p \leq 0,01$) que aquellas totalmente iluminadas. La temperatura se correlacionó positivamente ($p \leq 0,01$) con el crecimiento de las categorías 5, 15, 20 y 25 cm. El crecimiento no se relacionó proporcionalmente con el tamaño de los árboles. La temperatura promedio determinó un patrón estacional del crecimiento en diámetro.

Key words: Categorías diamétricas, precipitación, temperatura, bandas dendrométricas, laurel.

Introducción

Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken (Laurel) es valorada en el trópico americano por las características de aserrado, secado y torneado de su madera (Greaves y McCarter, 1990). Geográficamente se distribuye desde los 25° de latitud norte, a lo largo de la costa oeste de México, hasta los 25° de latitud sur en Misiones, Argentina (GBIF, 2018). Se le encuentra en el bosque húmedo tropical, muy húmedo tropical, bosque húmedo subtropical, muy húmedo subtropical y seco tropical (Holdridge, 2000).

En sistemas agroforestales (SAF's) de Centro y Sudamérica un 77 % de la madera que se extrae corresponde a *C. alliodora* asociada a cultivos como plátano (*Musa* sp.), cacao (*Theobroma cacao*) y Café (*Coffea arabica*) (Suárez y Somarriba, 2002). Escalante y Somarriba (2001) señalan que en El Salvador, *C. alliodora* forma parte del 14 % del total de especies arbóreas que conforman el dosel en cafetales con densidades de hasta 6 árboles/ha.

Además de sus propiedades maderables, *C. alliodora* es apreciada por su abundante repoblación natural, proveedora de sombra para los cultivos, autopoda eficiente, promotora del reciclaje de nutrientes, constituir un ingreso económico adicional cuando baja la producción o los precios del café y tener un rápido crecimiento (Glover y Beer, 1986; Albertin y Nair 2004). En Costa Rica, Somarriba y Beer (1987) describen que *C. alliodora* en combinación con *C. arabica* tuvo algunos de los mayores incrementos en diámetro del fuste, respecto a la plantación en pasturas y otros cultivos.

Para planificar el aprovechamiento maderable se requiere de estimar el crecimiento del componente arbóreo ya sea en volumen, biomasa o carbono (Ordoñez et al. 2012; González-Rojas et al., 2018). Los antecedentes sobre crecimiento de *C. alliodora* en SAF se han realizado principalmente en Centro y Sudamérica (Somarriba y Beer, 1987) e indican que es posible encontrar fustes de hasta 66 cm en la combinación con café.

Por otro lado, los factores que pueden incrementar o disminuir el crecimiento como los elementos del clima en esta especie se han abordado en pocas investigaciones. En Panamá la temperatura promedio máxima se correlacionó con el incremento del ancho de sus anillos de crecimiento (Devall et al., 1995) y en Colombia con la dinámica de la precipitación anual (Briceño et al., 2016).

En México, los estudios sobre el crecimiento en diámetro para el género *Cordia* son incipientes. López-Ayala et al. (2006) en una selva subcaducifolia de Colima describen que en *Cordia elaeagnoides* (Ruiz & Pav.) Oken el crecimiento es mayor en árboles de categorías diamétricas menores a 20 cm. Galán-Larrea et al. (2011) en una selva secundaria subperennifolia del sur del estado de Oaxaca, encontró que *C. alliodora* crece satisfactoriamente en relación con una exposición total de la copa a la luz.

En una selva secundaria húmeda del norte de Oaxaca, México, Manzano-Méndez et al. (2010) para *Zanthoxylum kellermani* P. Wilson mencionan que una buena conformación y una buena incidencia de luz en la copa favorecen positivamente el crecimiento del fuste. Existen pocas investigaciones dirigidas al engrosamiento del fuste que consideren aspectos como el tamaño de los individuos, el papel de la luz en la copa o la influencia de elementos del clima cuando se combinan árboles con cultivos o animales.

Por lo expuesto anteriormente en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos: 1) medir el crecimiento en diámetro de *C. alliodora* en cinco categorías diamétricas, tres condiciones de incidencia de luz en la copa y compararlas entre sí y 2) correlacionar

precipitación y temperatura promedio del área de estudio con el crecimiento en diámetro por categoría diamétrica e incidencia de luz sobre la copa.

Se espera que el crecimiento en diámetro sea similar en todas las categorías diamétricas, al igual que con diferentes incidencias de luz sobre la copa, así mismo la precipitación y la temperatura influirán de forma significativa en el incremento de todas las categorías diamétricas.

Material y Métodos

Zona de estudio

La investigación se llevó a cabo en un sistema agroforestal situado en la localidad “La esperanza” (17° 41' 53.5" N y 96° 16' 57.3" O) del municipio de Comaltepec, cuenca del Río Papaloapan en la Sierra Norte de Oaxaca, a una altitud de 1600 msnm (INEGI, 2015). El sitio se ubica en una ladera con exposición oeste y una pendiente de 45°.

El clima de la zona presenta una temperatura promedio anual de 24 °C, y una precipitación anual de hasta 3000 mm (García, 2005). Geológicamente se encuentra en un afloramiento de rocas ígneas extrusivas y calizas (INEGI, 2015), los suelos son de orden Luvisol con una estructura arcillosa-limosa (IUSS, 2007).

Por su constitución, el sistema agroforestal es de tipo agrosilvícola y una disposición: horizontal mixta, una distribución dispersa, es multiestratificado y simultáneo por la presencia de sus componentes. (Nair, 1985, Montagnini et al., 1992). La superficie del sistema se estimó en 1 ha. Los arbustos y árboles encontrados son característicos de selva alta perennifolia o bosque húmedo premontano (Miranda y Hernández, 1963; Holdridge, 2000).

Algunas especies silvestres identificadas fueron: *Andira galeotiana* Standley (macayo), *Dialium guianense* (Aub) Sandw. (paquí), *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell (sombbrero), *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. (palo de agua) y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (Suchicuagua) (Miranda y Hernández, 1963; Pennington y Sarukhán, 2005). Los taxa domesticados encontrados fueron: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (naranja) en el estrato arbóreo; *Musa paradisiaca* L. (plátano, variedades: dominico, guineo, macho, manzano, morado, tabasco), *Coffea arabica* L. (café) en el arbustivo, *Chamaedorea elegans* Mart. (palma camaedor) en el herbáceo y *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (vainilla) de hábito epífita (www.tropicos.org).

Selección de individuos

Los árboles estudiados son derivados de fragmentos de selva secundaria talada para monocultivo de café con diferentes edades de renovación. No fue posible precisar la edad del SAF. Se encontraron 19 individuos, de los cuales se eligieron 15 árboles por su fuste recto y buenas condiciones fitosanitarias.

Medición de crecimiento

A cada árbol se les colocó una banda dendrométrica a una altura de 1,30 m (DAP) sobre el nivel del suelo (Catellino et al., 1986; López-Ayala et al., 2006) y se le agrupó en cinco categorías diamétricas de cinco centímetros de amplitud: 2,5 -7,49 (categoría 5), 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) (López-Ayala et al., 2006). Las visitas de medición del crecimiento se realizaron cada dos meses: de septiembre de 2006 a julio de 2007 lo cual incluyó una temporada de lluvias y una de secas, indicadas para contrastar los patrones de incremento respecto a la estacionalidad del clima (Pineda- Herrera et al., 2015a).

Las copas de los árboles medidos se categorizaron de acuerdo con la incidencia de luz en su copa: i) iluminación escasa o nula, ii) Iluminación parcial, iii) iluminación total (modificado de Dawkins, 1958).

Modelo de crecimiento

Para representar el crecimiento acumulado en función del tiempo, se empleó el modelo polinómico expresado en la ecuación 1 (Kiviste, 1988):

$$y = b_0 + bx + bx^2 + bx^3 \quad (1)$$

Donde:

y: diámetro (en cm)

b: parámetro de la ecuación

x : incógnitas

Las curvas de los incrementos fueron modelados y graficados en el programa Curve Expert 2.6.0 (Hyams development, 2018) a través de regresión no lineal. Los indicadores de ajuste fueron: coeficiente de determinación (R²), desviación estándar (DS) y nivel de significancia estadística (p≤0.01) (Guerra et al., 2003).

Análisis estadístico

Para comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de medias (Guerra et al., 2003), se

emplearon las pruebas de Shapiro-Wilk/Shapiro-Francia así como de homocedasticidad/kurtosis. La comparación del crecimiento entre categorías diamétricas así como entre incidencias de luz sobre la copa se realizó con un análisis de varianza empleando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Ellison y Gotelli, 2004).

Los incrementos en diámetro de las categorías diamétricas y las incidencias de luz en la copa se correlacionaron (Ellison y Gotelli, 2004) con la temperatura promedio y la precipitación acumulada mensuales registradas en la estación Valle Nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2017) para esto se utilizó la correlación no paramétrica de Spearman. El paquete estadístico empleado para los análisis fue Stata 9.1 (StataCorp, 2001).

Resultados y Discusión

La forma sigmoidea de la curva polinomial mostró que la especie creció a una tasa constante en el último trimestre del 2006, pasando a un patrón estacional a inicios de primavera del 2007. El modelo de crecimiento para todos los individuos mostró un coeficiente de determinación bajo, una alta dispersión de datos en la última medición y una pendiente que se relaciona con el aumento de la temperatura. También se observa una disminución de precipitación desde inicios de la primavera y hasta principios del verano (Figura 1).

Los modelos mejor ajustados y con mayores incrementos para las categorías diamétricas fueron en orden descendente 5, 15, 20, 25 y 30. Se aprecia un ascenso de la curva en la categoría 5 cm alrededor de los 180 días respecto a los 250 días para la categoría 30 cm (Figura 2).

En el cuadro 1 se muestran los crecimientos promedio de la especie. Los mayores crecimientos medios y máximos correspondieron a las categorías 5 y 15 y los menores a las de 20 y 30 cm. Los incrementos entre categorías diamétricas mostraron diferencias significativas entre las de 5 cm con las de 25 y 30 cm; 15 cm con 20, 25 y 30 cm. Los patrones de crecimiento entre categorías 5 cm con 15 y 20 cm así como aquellas del intervalo 20 a 30 cm fueron similares.

Parresol y Devall (2013) encontraron un patrón similar en un alto porcentaje de individuos de *C. alliodora* en una selva secundaria de Panamá, lo cual permite inferir que el crecimiento estacional de *C. alliodora* está influido por algún factor periódico como el clima, como lo ha demostrado otro estudio en la selva secundaria de la zona de estudio (Pineda-Herrera et al., 2015a).

Las diferencias de crecimiento entre las categorías diamétricas de *C. alliodora* en el presente estudio se relacionan con la composición florística del SAF, ya que la densidad de cultivos asociados así como de otras especies arbóreas compiten por más recursos conforme se incrementa la demanda de nutrientes, espacio y agua (Hummel, 2000). Somarriba et al. (2001) mencionan que en Costa Rica el 56 % de la variación del índice de sitio que se determinó en un SAF se debe al manejo de individuos por superficie que tenga la plantación.

También se ha demostrado que las características ecológicas (tolerancia a la luz, velocidad de crecimiento, forma de vida) de las especies maderables de interés y de los cultivos asociados determinan el arreglo espacial óptimo en cuanto a crecimiento y productividad en un SAF (Meza y Agüero, 2006; Arteaga y Castelán, 2008); lo que explica que la capacidad de *C. alliodora* para tolerar la sombra, aun siendo una especie demandante de luz, le confiere ventajas competitivas contra *T. cacao* y *C. arabica* permitiéndole un aceptable crecimiento radial independientemente de la categoría diamétrica (Somarriba et al., 2001).

Los incrementos por incidencia de luz mostraron mayor R^2 en la condición escasa respecto a las parcial y totalmente iluminadas. El ascenso de la curva y el incremento en las copas escasa y parcialmente iluminadas fue mayor que en aquellas que lo estuvieron totalmente (Figura 3).

En el cuadro 2 se muestran los crecimientos de acuerdo a la incidencia de luz en su copa. Se encontraron resultados significativos entre los incrementos de los árboles escasa/parcialmente iluminados así como entre los parcial/totalmente iluminados, presentándose la mayor la diferencia entre las copas parcialmente iluminadas con aquellas que lo estuvieron totalmente.

El nulo efecto de la iluminación total en las copas de los árboles, permite afirmar que *C. alliodora* en este SAF no se comportó como una especie intolerante a la sombra, contrario a lo mencionado por Galán (2011) donde los individuos más expuestos a la luz, tuvieron mayores tasas de crecimiento. De acuerdo con Campanello et al. (2011) clasificar las especies de acuerdo a sus adaptaciones a diferentes niveles de radiación no siempre resulta en un comportamiento estrictamente tolerante o no tolerante, esto debido a que pueden invertir una mayor cantidad de recursos a la producción de raíces, engrosamiento de hojas y otras estrategias en la economía del carbono y el agua (Reich et al., 1998; Montgomery y Chazdon, 2002).

Ackerly y Bazzaz (1995) mencionan que los árboles juveniles de diferentes especies pioneras pueden obtener una misma área foliar mediante diferentes arreglos del número y tamaño de las hojas; orientando sus copas de manera tal, que maximizan la captura de luz difusa y no la luz directa de los claros tal vez evitando con ello

Cuadro 1. Crecimientos promedio, mínimos, máximos y diferencias significativas entre categorías diamétricas de *Cordia alliodora* en un sistema agroforestal de Comaltepec, Oaxaca.

Table 1. Average, minimum, maximum and significant differences between diametric categories of *Cordia alliodora* in an agroforestry system of Comaltepec, Oaxaca.

Categoría diamétrica	n	Incrementos promedio (mín - máx)	Desviación estándar
5	3	0,29a (0,07-1,08)	0,40
15	3	0,29a (0,16-0,95)	0,33
20	3	0,08b (0,03-0,29)	0,10
25	3	0,12b (0,02-0,60)	0,23
30	3	0,07b (0,02-0,28)	0,10
Todas	15	0.17 (0,02-1,08)	0,12

Letras distintas muestran diferencias estadísticamente significativas al $p \leq 0,05$

Cuadro 2. Crecimientos medio, mínimo, máximo y diferencias significativas entre incidencias de luz en copa de *Cordia alliodora* en un sistema agroforestal de Comaltepec, Oaxaca.

Table 2. Average, minimum, maximum and differences between incidences of light in *Cordia alliodora* in an agroforestry system of Comaltepec, Oaxaca.

Categoría diamétrica	n	Incrementos promedio (mín - máx)	Desviación estándar
1	3	0,29a (0,07-1,08)	0,40
2	3	0,29a (0,16-0,95)	0,33
3	3	0,08b (0,03-0,29)	0,10

una excesiva evapotranspiración. La presencia de los cultivos y la densidad de individuos significan una fuerte competencia por recursos; por lo cual también estarían participando factores como los edafológicos (textura, humedad, nutrimentos) además de la luz (Hummel, 2000).

Las correlaciones entre los incrementos en diámetro (categorías e incidencias de luz) y los elementos del clima se muestran en el cuadro 3. En este se observa que una mayor correlación en las categorías pequeñas respecto a la de 30 cm, la cual no presentó.

C. alliodora creció conforme a un patrón estacional que se correlacionó con la temperatura, lo cual coincide con los resultados de Devall et al. (1995) en una selva húmeda de Panamá. El periodo de foliación de la especie durante la época de lluvias (Mendivelso et al., 2016) induce la activación del cambium por señalización hormonal, esto además se favorece por temperaturas óptimas de los estratos bajo e intermedios (Pallardy, 2008).

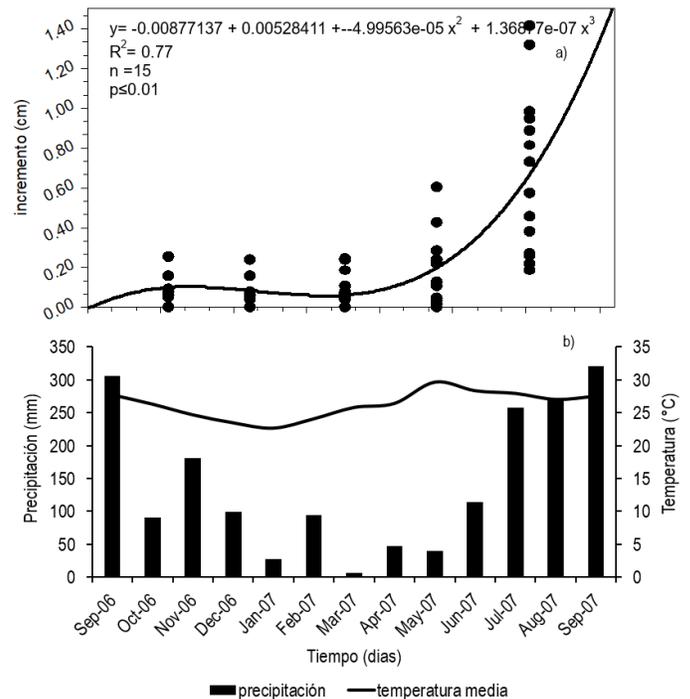


Figura 1. Crecimiento acumulado de *Cordia alliodora* en Comaltepec, Oaxaca y elementos del clima a. curva de crecimiento b. dinámica de la precipitación y la temperatura para el periodo de estudio.

Figure 1. Cumulative growth of *Cordia alliodora* in Comaltepec, Oaxaca and elements of climate a. growth curve b. dynamics of precipitation and temperature for the study period.

Debido a ello la fenología es un importante factor que puede explicar con mayor objetividad el efecto del clima sobre incremento diamétrico de *C. alliodora*, como lo han sugerido algunos estudios para otras especies arbóreas de selvas secas y húmedas (López-Ayala et al., 2006; Pineda-Herrera et al., 2015b), por lo cual se sugiere realizar estudios considerando este tópico.

Conclusiones

El crecimiento en diámetro de *Cordia alliodora* en un SAF de Comaltepec, Oaxaca no está en función del tamaño del árbol ni en relación directa con la incidencia de luz en la copa. El patrón estacional de crecimiento de *Cordia alliodora* en Comaltepec, Oaxaca se asocia con la dinámica de la temperatura.

Agradecimientos

El CONACYT y la fundación Ford auspiciaron los estudios de posgrado del primer y segundo autor,

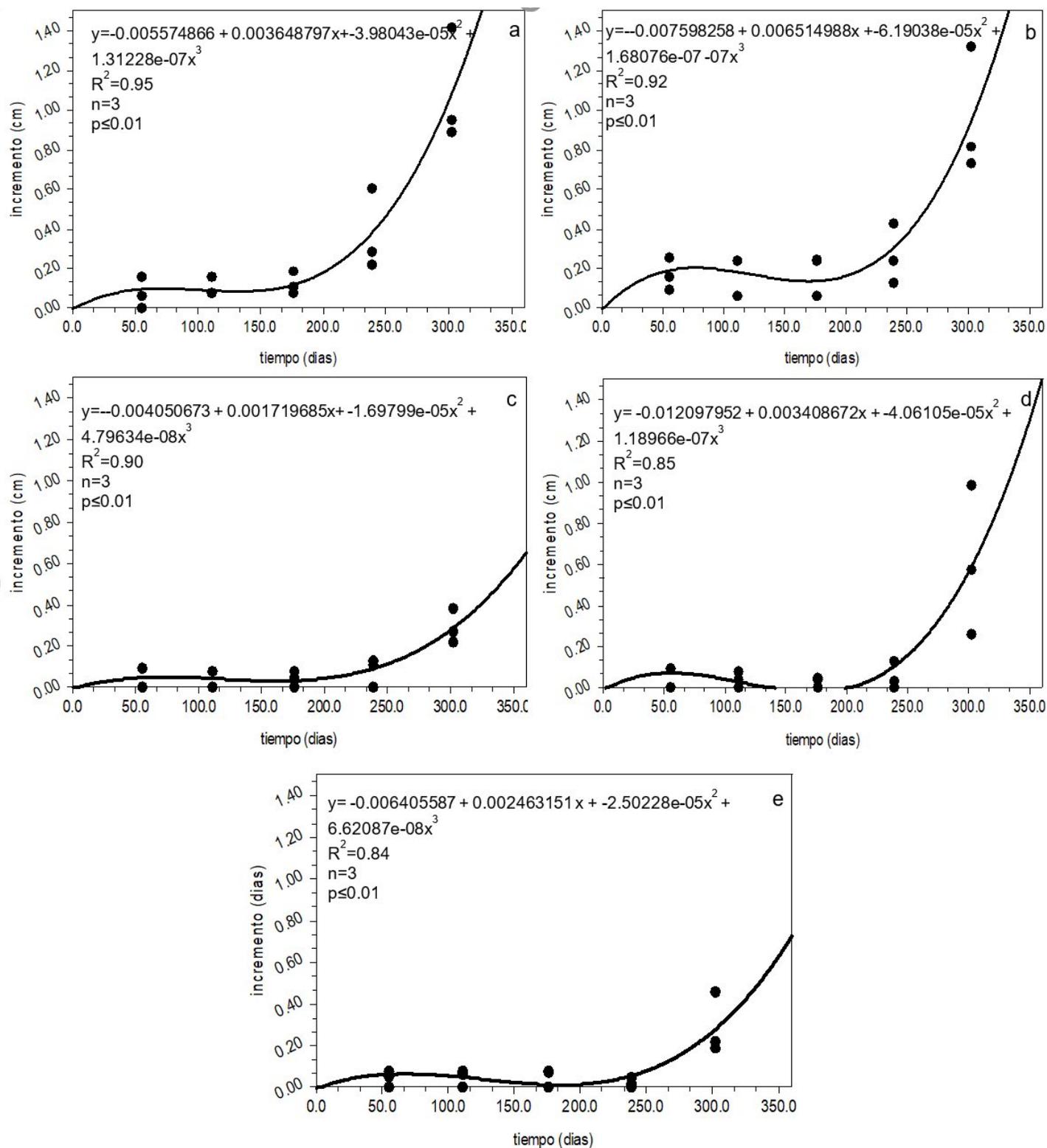


Figura 2. Crecimiento de categorías diamétricas de *Cordia alliodora* en Comaltepec, Oaxaca. a. 5 cm b. 15 cm c. 20 cm d. 25 cm e. 30 cm.

Figure 2. Growth of diametric categories of *Cordia alliodora* in Comaltepec, Oaxaca. to. 5 cm b. 15 cm c. 20 cm d. 25 cm e. 30 cm.

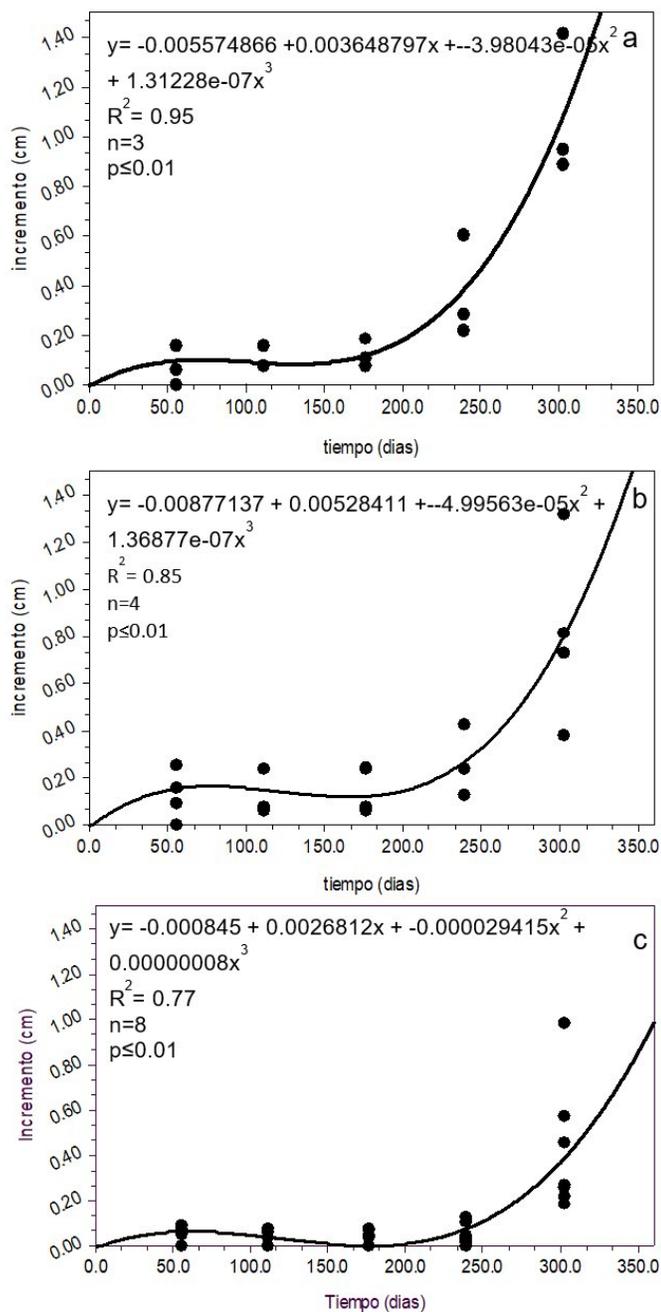


Figura 3. Curvas de incremento para condiciones de incidencia de luz en copa de *Cordia alliodora* en un sistema agroforestal de Comaltepec, Oaxaca. a. escasamente iluminada b. parcialmente iluminada c. totalmente iluminada.

Figure 3. Increment curves for light incidence conditions in *Cordia alliodora* crown in an agroforestry system of Comaltepec, Oaxaca. to. poorly lit b. partially lit c. fully illuminated.

respectivamente. El comisariado comunal de Santiago Comaltepec apoyó en todo momento con la investigación al igual que las autoridades de la agencia municipal de San Martín Soyalapan. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) proporcionó los datos del clima.

Cuadro 3. Valores de probabilidad para las correlaciones no paramétricas (Spearman) de incrementos de *Cordia alliodora* con la precipitación y la temperatura en un sistema agroforestal de Comaltepec, Oaxaca.

Table 3. Probability values for the nonparametric correlations (Spearman) of *Cordia alliodora* with precipitation and temperature in an agroforestry system of Comaltepec, Oaxaca.

Categoría diamétrica/ incidencia de luz	Precipitación	Temperatura media
5	1,00	0,0000**
15	1,00	0,0029**
20	0,87	0,0119**
25	0,62	0,0410*
30	0,28	0,1355
Todas	0,42	0,0188**

*p<=0,05 **p<=0,01

Referencias

Ackerly, D.D., Bazzaz FA. (1995). Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. *Ecology*, 76(4):1134-1146.

Albertin, A. y Nair, P. K. R. (2004). Farmers' perspectives on the role of shade trees in coffee production systems: An assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Human ecology*, 32(4):443-463.

Arteaga, B. y Castelán, M. (2008). Evaluación dasométrica temprana de una plantación agroforestal de tres especies introducidas, en el municipio de Huehuetla, Hidalgo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2):105-111.

Briceño, A. M., Rangel-Ch, J. O. y Bogino, S. M. (2016). Tree ring study of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) in Colombia. *Colombia Forestal*, 19(2):219-232.

Campanello, P. I., Gatti, M. G., Montti, L., Villagra, M. y Goldstein, G. (2011). Ser o no ser tolerante a la sombra: economía de agua y carbono en especies arbóreas del Bosque Atlántico (Misiones, Argentina). *Ecología austral*, 21(3):285-300.

Cattellino, P. J., Bechery C. A. y Fuller, L.G. (1986). Construction and installation of homemade dendrometer bands. *Northern Journal of Applied Forestry*, 3:73-75.

Dawkins, H. C. (1958). The management of nature tropical high-forest with special reference to Uganda. Oxford Forestry Institute. Oxford, England. 103 p.

Devall, M. S., Parresol, B. R. y Wright, S. J. (1995). Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudobombax septenatum* and *Annona spraguei* in central Panama. *lawa Journal*, 16(4):411-424.

Ellison, G. N., y Gotelli, N. J. (2004). A primer of ecological statistics. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. 223 p.

- Escalante, M. y Somarriba C. E. (2001). Diseño y manejo de los cafetales del occidente de El Salvador Design and management of coffee plantations in the West Western of El Salvador. *Agroforestería en las Américas (CATIE)*, 8(30):12-16.
- Galán Larrea, R., J.I. Valdez-Hernández, H.M. de los Santos Posadas y J.L. López Ayala. (2011). Periodicidad del crecimiento en la madera de cuatro especies arbóreas de la costa de Oaxaca. pp. 37-56. In: A.R. Endara Agramont, A. Mora Santacruz y J.I. Valdez-Hernández (eds.). *Bosques y Árboles del Trópico Mexicano: Estructura, Crecimiento y Usos*. Universidad de Guadalajara. CUCBA. Zapopan, Jalisco.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 98 p.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2018). *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Recuperado de <https://www.gbif.org/species/7694440>.
- Glover, N. y Beer, J. (1986). Nutrient cycling in two traditional Central American agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 4(2):77-87.
- González-Rojas, M., Cruz, R. M., Virginio Filho, E. D. M. y Arias, C. Á. (2018). Influencia de factores biofísicos y de manejo en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en asocio con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(36):46-58.
- Greaves, A., y McCarter, P. S. (1990). *Cordia alliodora*: a promising tree for tropical agroforestry. Oxford Forestry Institute, University of Oxford.
- Guerra, C. W., Cabrera, A. y Fernández, L. (2003). Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(1):3-10.
- Holdridge, L. (2000). El diagrama de las zonas de vida. Ecología basada en zonas de vida. 5ta. Reimpresión. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 216 p.
- Hummel, S. (2000). Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. *Forest Ecology and Management*, 127(1-3): 31-40.
- Hyams Development (2018). CurveExpert Pro 2.6.0 released.
- INEGI (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. 18 octubre 2017 <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos/geograficos/12/12038.pdf?>>
- IUSS (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. FAO. Roma. 201p.
- Kiviste, A. K. (1988). Mathematical functions of forest growth. *Growth*, 29:233-238.
- López-Ayala, J. L., Valdez Hernández, J. I., Terrazas, T. y Valdez Lazalde, J. R. (2006). Anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del estado de Colima, México. *Agrociencia*, 40(4):139-147.
- Manzano-Méndez, F., Valdez-Hernández, J. I., López-López, M. Á. y Vaquera-Huerta, H. (2010). Crecimiento en diámetro de *Zanthoxylum kellerianii* P. Wilson en una selva perennifolia del norte de Oaxaca, México. *Madera y bosques*, 16(2):19-33.
- Mendivelso, H. A., Camarero, J. J., Gutiérrez, E. y Castaño-Naranjo, A. (2016). Climatic influences on leaf phenology, xylogenesis and radial stem changes at hourly to monthly scales in two tropical dry forests. *Agricultural and forest meteorology*, 216:20-36.
- Meza, J. y Agüero, R. (2006). Crecimiento inicial del Duraznillo (*Prunus annularis*) en tres sistemas agroforestales. *Agronomía Mesoamericana* 17(1):63-68.
- Miranda, F. y Hernández-Xolocotzi, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28:29-179.
- Montagnini, F. (1992). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. Organización para estudios tropicales. San José, Costa Rica. 622 p.
- Montgomery, R. y Chazdon, R. J. (2002). Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia*, 131(2):165-174.
- Nair, P. R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 3(2):97-128.
- Ordoñez, Y., Andrade, H., Quirós, D. y Venegas, G. (2012). *Dasometría y cubicación de la madera*. En: *Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica*. Detlefsen, G. y Somarriba, E. (eds.) CATIE. Turrialba, Costa Rica, pp.27-68.
- Pallardy, S. G. (2008). *Physiology of woody plants*. Academic Press. London. 469 p.
- Parresol, B. R. y Devall, M. S. (2013). Patterns of Diametric Growth in Stem-Analyzed Laurel Trees (*Cordia alliodora*) in a Panamanian Forest. *The Southwestern Naturalist*, 58(2):170-178.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 523 p.
- Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I., López-López, M. Á., Manzano-Méndez, F. y Salgado-Ugarte, I. H. (2015a). Incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de dos especies arbóreas en una selva húmeda del norte de Oaxaca, México. *Madera y bosques*, 21(3):55-68.
- Pineda-Herrera, E., Valdez-Hernández, J. I., De la Paz-Pérez, O. C. y Dávalos-Sotelo, R. (2015b). Fenología, crecimiento en diámetro y periodicidad de *Hura polyandra* en Costa Grande, Guerrero, México. *Botanical Sciences*, 93(4):741-753.
- Pallardy, S. G. (2008). *Physiology of woody plants* (3ra. ed.). Academic Press, Elsevier. San Diego. 454 p.
- Reich, P. B., Walters, M. B., Tjoelker, M. G., Vanderklein, D. y Buschena, C. (1998). Photosynthesis and respiration rates depend on leaf and root morphology and nitrogen concentration in nine boreal tree species differing in relative growth rate. *Functional Ecology*, 12(3):395-405.

- SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (2007). Datos climáticos años 2006-2007 de la estación Tuxtepec, Oaxaca. Departamento de información estadística. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- Somarriba, E. J. y Beer, J. W. (1987). Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 18(2):113-126.
- Somarriba, E., Beer, J. y Muschler, R. G. (2001). Research methods for multistrata agroforestry systems with coffee and cacao: recommendations from two decades of research at CATIE. *Agroforestry Systems*, 53(2):195-203.
- Stata Corp. (2001). STATA. Statistics/Data Analysis. 9.1 1984-2005. Texas, USA.
- Suárez, A. y Somarriba C. E. (2002). Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 9(35):50-54.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 14 april 2015 <http://www.tropicos.org>

Este artículo debe citarse como:

Pineda-Herrera, E; Manzano-Méndez, F; Valdez-Hernández, JI; Beltrán-Rodríguez, LA. (2018). Crecimiento diamétrico de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en un sistema agroforestal de Oaxaca, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(37), 25-33. doi. 10.18845/rfmk.v15i37.3600