

Cambios en la estructura y composición forestal en un bosque de pino-encino en Jaumave, Tamaulipas, México

Changes in forest structure and composition in a pine-oak forest in Jaumave, Tamaulipas, Mexico

Teresa Alfaro-Reyna

Josué Delgado-Balbuena*

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México.

Xavier García-Cuevas

Campo experimental Chetumal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chetumal, Quintana Roo, México.

Criselda Chávez-Aguilar

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México.

José Antonio Estrada-García

Servicios técnicos forestales. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

*Autor para correspondencia: alfaro.teresa@inifap.gob.mx

Resumen

El bosque de pino-encino se distribuye desde el norte hasta el sur de México, presenta alta susceptibilidad a la degradación debido al aumento de incendios forestales, plagas y otros eventos naturales extremos, lo cual hace relevante la necesidad de conservar y aprovechar sustentablemente sus recursos forestales. Aun cuando estos bosques se encuentran en un amplio nicho ecológico (300 a 2,500 m de altitud), sus poblaciones son afectadas por la interacción de eventos naturales extremos y perturbaciones antropogénicas, ocasionando cambios en la estructura y composición de especies. Para esto se analizó la composición florística y la estructura forestal de un bosque de pino-encino en Jaumave, Tamaulipas, en un periodo de 15 años, con 3 muestreos alternados. Este consistió en un muestreo sistemático en 32 parcelas circulares de 1,000 m². En cada parcela se identificaron y midieron todos los árboles con diámetro >7.5 m, con lo cual se calculó el área basal (AB), densidad y riqueza de especies, por tipo de bosque. Como resultados, se registraron 3,567 individuos de 16 diferentes especies (seis familias y seis géneros); el género *Quercus* fue el más abundante, representando 60% de los individuos arbóreos. Con base en la dominancia del área basal, fueron definidos tres tipos de bosques: pino, encino y pino-encino. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre mediciones y familias (Pinaceae y Fagaceae, $p < 0.01$). El AB aumentó con respecto a la primera y última medición, aumentando el AB de los encinos, mientras que en pinos disminuyó. Las diferencias se explicaron al posible incremento de plagas asociadas con sequías prolongadas registradas entre 2004 y 2010 que provocaron una disminución del AB. Adicionalmente, el AB fue afectada por los tratamientos silvícolas aplicados en el control de descortezador (*Dendroctonus* sp.).

Palabras clave: Dinámica forestal, bosque de pino-encino, área basal

Abstract

The pine-oak forest is distributed from the north to the south of Mexico, it has high susceptibility to degradation due to the increase in forest fires, pests, and other extreme natural events, which makes the need to conserve and sustainably use its resources relevant. Even when these forests are in a wide ecological niche (300 to 2500 m altitude), their populations are affected by the interaction of extreme natural events and anthropogenic disturbances, causing changes in their structure and species composition. The floristic composition and forest structure of a pine-oak forest in Jaumave, Tamaulipas, were analyzed over 15 years, with three alternate samplings in this period. A systematic sampling was conducted in thirty-two circular plots of 1,000 m². In each plot, all trees with a diameter > 7.5 m were identified and measured. Basal area (BA), density and species richness were calculated. In addition, the type of forest and disturbance type were identified. 3,567 individuals of sixteen distinct species (six families and six genera) were registered; the *Quercus* genus was the most abundant, representing 60% of the arboreal individuals. Three types of forests were defined: pine, oak, and pine-oak, based on the dominance of the basal area. Significant differences were found between measurement dates and families (Pinaceae and Fagaceae, $p < 0.01$). The BA increased with respect to the first and last measurement, increasing the BA of the oaks, while in pines it decreased. The differences were explained by the possible increase in pests, associated with prolonged droughts registered between the years 2004 and 2010; causing a decrease in AB. Additionally, BA was affected by silvicultural treatments applied in the control of debarker beetle (*Dendroctonus* sp.).

Keywords: Forest dynamics, pine-oak forest, basal area.

Introducción

Los bosques templados de México se distribuyen desde el norte, centro y sur del país. Estos bosques se caracterizan por la dominancia de especies del género *Pinus* en asociación con especies de *Quercus* (bosques de pino-encino). Los bosques de pino-encino mexicanos representan una fuente de bienes y servicios para los poseedores de la tierra; sin embargo, el cambio de uso de suelo, el pastoreo excesivo, plagas, incendios forestales, la extracción de madera y el cambio climático, han provocado cambios en su área de distribución y en la composición de los bosques de pino-encino en México (Rzedowski, 2006; Challenger y Soberón, 2008).

El cambio de uso de suelo a terrenos agrícolas y pecuarios, principalmente, han modificado la estructura de los bosques de pino-encino, además el mal manejo de los pastizales y prácticas agrícolas provocan incendios forestales (Galido *et al.*, 2009; Alfaro *et al.*, 2019; Barrios-Calderón y Escobar, 2020) que se asocian a la promoción de la sucesión de especies de pino (Fulé y Wallace Covington, 1998; Rodríguez-Trejo y Myers, 2010; Yocom y Fulé, 2012). Aunque los pinos en general se ven favorecidos en zonas con perturbaciones antropogénicas frecuentes, pero de baja intensidad (Ramírez-Marcial *et al.*, 2001; López-Barrera y

Newton y 2005; Meunier *et al.*, 2014).

En cambio, la capacidad de rebrote de las especies del género *Quercus* hace que la dinámica de la vegetación a medio plazo sea muy dependiente de las condiciones ambientales y del régimen de perturbaciones, y por tanto difícil de predecir. En general se desconoce cómo los cambios en los regímenes de perturbaciones asociados al cambio climático afectarán la dinámica de los bosques de pino-encino mexicanos a mediano y largo plazo. Por esta razón se planteó analizar la dinámica forestal de un bosque de pino-encino en Jaumave, Tamaulipas, México.

Materiales y Métodos

El área de estudio

El área de estudio se localiza en la Sierra Madre Oriental, al oeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, en el ejido La Asunción ubicado en las coordenadas $99^{\circ} 19' 24.8''$ $23^{\circ} 43' 46.7''$; $99^{\circ} 18' 50.91''$ $23^{\circ} 44' 33.48''$ (Figura 1). El clima corresponde al subhúmedo con lluvias en verano (CW), con un rango de precipitación de 500 y 700 mm y con un rango de temperatura media anual de 18 y 20 °C. Los suelos son Litosoles asociados a rendzina y regosol calcárico de texturamedia (García, 2004; INEGI, 2014).



Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Sierra Madre Oriental, al Oeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Muestreo de vegetación

Para la toma de datos se realizó un muestreo sistemático, en parcelas circulares de 1000 m² (CONAFOR, 2015), en un área catalogada como bosque de pino-encino. En total se ubicaron 32 parcelas las cuales fueron medidas en el 2004, 2015 y 2018. En cada parcela, se registró el nombre de la especie, diámetro a la altura del pecho (1.30 m; DAP) y área basal de todos los individuos ≥ 7.5 cm de DAP, debido a que solo se consideró el arbolado adulto. Además, se registró la riqueza de especies (número total de especies de árboles por hectárea), riqueza estructural (número total de clases de 5 cm de diámetro) y densidad (número de árboles por hectárea), tipo de bosque, calculado en función del porcentaje de área basal (bosque de pino, bosque de encino, bosque mezclado), y el historial de perturbaciones a nivel de rodal incluidos incendios forestales, plagas y enfermedades, pastoreo y extracciones de madera, prácticas silvícolas y daños por tormentas. Este estudio se enfocó en evaluar los cambios en la abundancia relativa y área basal únicamente de las familias Pinaceae y Fagaceae, por ser las de mayor abundancia e importancia económica en los bosques templados de la región.

Análisis de datos

Para evaluar los cambios en la abundancia relativa de especies de las familias *Fagaceae* vs *Pinaceae*, se compararon las mediciones inicial y final; es decir, se comparó el AB de la última medición en función de la Familia (Fagaceae, Pinaceae), con el AB de la primera medición. Para determinar diferencias del AB entre años, familias y tipo de bosque se utilizó un modelo lineal general (glm) y una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software R (versión 3.2.2, The R Foundation for Statistical Computing).

Resultados y discusión

Dentro del sitio se registraron un total de 3,567 individuos, divididos en seis familias, seis géneros y un total de 16 especies, siendo el género *Quercus* el más abundante que representó el 60% del total

de los individuos. Basados en la abundancia y dominancia del área basal del género *Pinus* y *Quercus* se definieron tres tipos de bosque: bosque de pino, bosque de encino y bosque de pino-encino.

El área basal promedio y la contribución de Pinaceae y Fagaceae al área basal total, aumentó entre la primera y la segunda medición. Sin embargo, la proporción correspondiente a Pinaceae y Fagaceae se mantuvo similar entre inventarios. Diferentes especies de las familias Cupressaceae y Ericaceae mostraron un incremento en su área basal en la segunda y tercera medición en los tres tipos de bosque (Figura 2). El área basal mostró una interacción entre medición y tipo de bosque de acuerdo con los resultados del glm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tabla del modelo glm en función del AB.

Origen	DF	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Medición	2	0.03948392	13.63	<0.0001
Tipo de bosque	2	0.31453740	108.57	<0.0001
Medición *Tipo de bosque	4	0.05747306	19.84	<0.0001
Familia	1	0.39150429	135.14	<0.0001
Medición *Familia	2	0.00687184	2.37	0.0934
Tipo de bosque *Familia	2	0.05346911	18.46	<0.0001
Medición *Tipo de bosque *Familia	4	0.02849367	9.84	<0.0001

Así mismo, hubo un efecto significativo de la familia sobre el área basal ($p < 0.0001$); por ejemplo, en el bosque mixto se observó una disminución de las Pináceas entre la primera, segunda y tercera medición. Además, los efectos de las mediciones y el DAP interactuaron con la familia. Se encontraron diferencias significativas entre mediciones y familias (Pinaceae y Fagaceae, $p < 0.0001$), con una tendencia al aumento en el área basal de los encinos, mientras que los pinos disminuyeron (Figura 3).

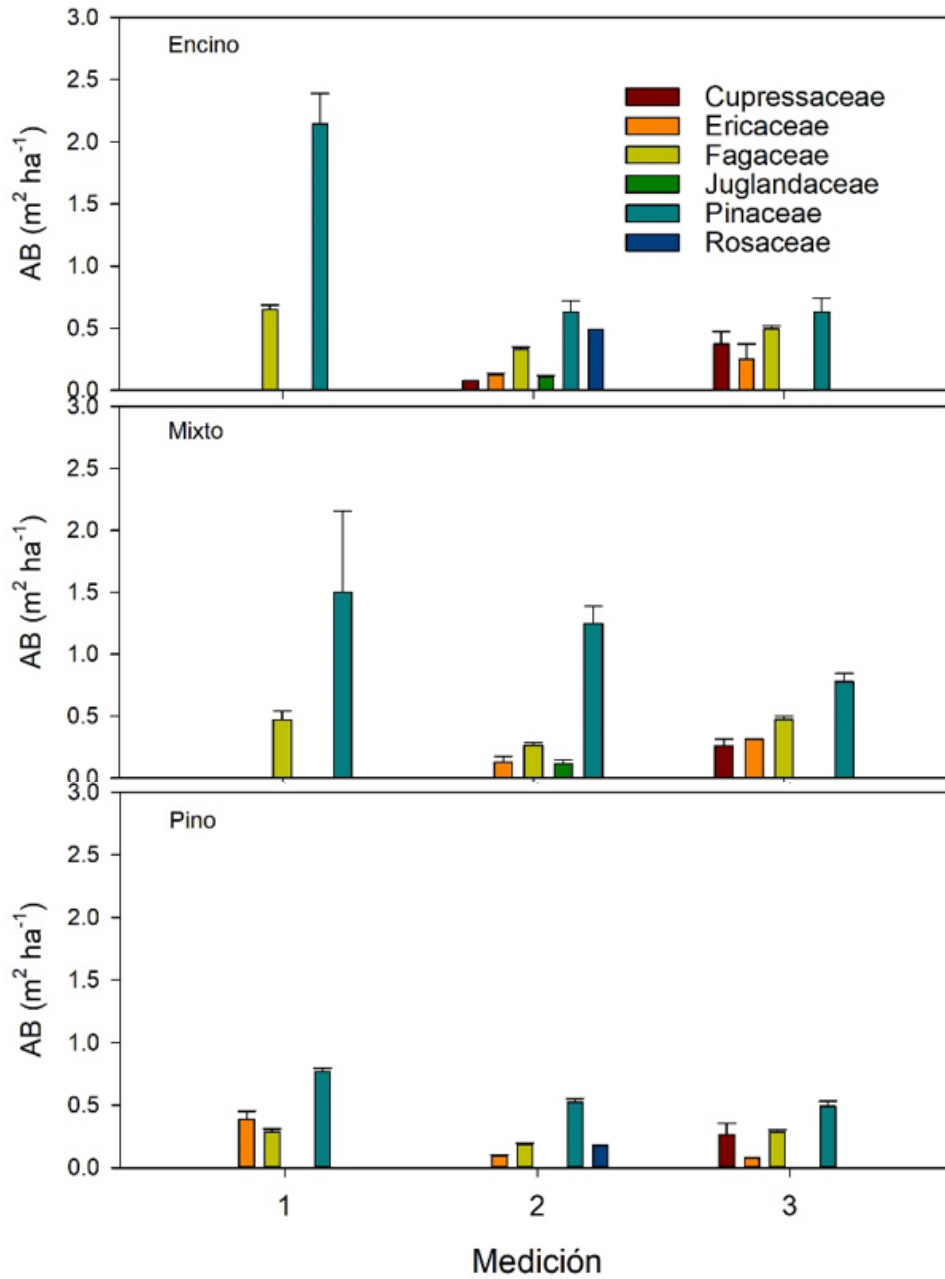


Figura 2. Área basal por familia en los tres tipos de bosque.

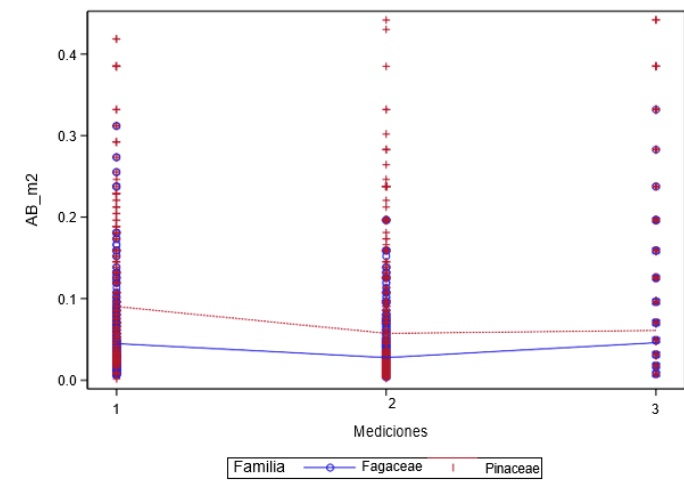


Figura 3. Interacción del AB por tipo familia año de medición (Tukey, P < 0.05).

Los resultados muestran que existe una tendencia al aumento de la familia Fagaceae, no obstante estudios previos realizados en México a escalas locales y regionales muestran resultados diferentes con respecto a la dinámica relativa de estas dos familias (Olvera-Vargas *et al.*, 2010; Ávila-Flores *et al.*, 2014). Aunque existen excepciones, la mayoría de las Pinaceae (particularmente los pinos) se consideran especies de sucesión relativamente temprana que requieren ambientes comparativamente abiertos en comparación con los encinos de sucesión tardía y más tolerantes a la sombra (Galindo-Jaimes *et al.*, 2002; Almazán-Núñez *et al.*, 2016). En este contexto, nuestros resultados pueden interpretarse como una mezcla compleja, dominada localmente por diferentes tipos de perturbaciones o dinámicas sucesionales (Park, 2001).

El período relativamente corto entre mediciones (15 años) es una limitación importante de nuestro análisis y la falta de observaciones de las perturbaciones a nivel de parcela puede contribuir a explicar la falta de tendencias direccionales más claras. Sin embargo, este período de tiempo es similar al utilizado en otros inventarios forestales nacionales para los que se han identificado tendencias direccionales claras (por ejemplo, Vayreda *et al.*, 2016).

Los resultados muestran diferencias en AB entre Pinos y Encinos. Esto podría explicarse por el hecho de que, en los años 2004, 2008, 2009 y 2010 se presentó un incremento de plagas asociadas a las sequías prolongadas de años anteriores lo que causó una disminución en el vigor del arbolado y un aumento en la mortalidad de los árboles debilitados (Estrada, 2012, Rodríguez-Mota, 2015). Debido a esto se aplicaron tratamientos silvícolas para la extracción del arbolado dañado por los descortezadores (*Dendroctonus* sp.) lo que provocó una reducción en el área basal de los pinos.

Además, en 2010 se reportaron daños severos en el arbolado de pino encino por efectos de un huracán que ocasionó el desenraizamiento de árboles, defoliación y daños a la estructura del bosque (Estrada, 2012). Algunos autores señalan que existe un aumento en la afectación de los bosques mexicanos por plagas y enfermedades estrechamente relacionadas con el aumento de las temperaturas y los incendios forestales (Rubin-

Aguirre *et al.*, 2015; Marín *et al.*, 2018). En particular, los bosques afectados o debilitados por estrés hídrico son más propensos a plagas y enfermedades, provocando una doble afectación por el aumento de la mortalidad de árboles producida por infestaciones de plagas, como el escarabajo de la corteza del pino (*Dendroctonus ponderosae*) (Rubin-Aguirre *et al.*, 2015). Aunque no pudimos evaluar esta interacción con nuestro diseño experimental, es probable que este tipo de efectos interactivos se vuelva cada vez más importante debido al efecto del cambio climático.

Conclusiones

Este estudio proporciona evidencia de que las especies de Fagaceae están incrementando favorablemente en condiciones de perturbación, mientras que las Pinaceae se están viendo afectadas por efectos de las plagas y enfermedades, principalmente. Lo que podría conducir a cambios en la estructura, composición y función de los bosques en el mediano plazo y largo plazo.

Literatura citada

- Alfaro Reyna, T., Martínez-Vilalta, J. and Retana, J. (2019). Regeneration patterns in Mexican pine-oak forests. *For. Ecosyst.* 6, 50. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0209-8>
- Almazán-Núñez R, Corcuera P, Parra-Juárez L, et al (2016) Changes in Structure and Diversity of Woody Plants in a Secondary Mixed Pine-Oak Forest in the Sierra Madre del Sur of Mexico. *Forests* 7:90. doi: 10.3390/f7040090
- Ávila-Flores DY, González-Tagle MA, Jiménez-Pérez J, et al (2014) Effect of the Severity of Fire in the Structure Characteristics of Conifer Forest Stands. *Rev Chapingo Ser Ciencias For y del Ambient* XX:33–45. doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.01.005
- Barrios-Calderón R. de J., y Escobar Flores R. E. (2020). Análisis de la problemática de los incendios forestales y sus implicaciones en la pérdida de cobertura forestal en Cintalapa, Chiapas. *Revista De Geografía Agrícola*, (65), 63-83. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2020.65.04>
- Challenger A, Soberón J (2008) Los ecosistemas terrestres. In: *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad, 1st ed. CONABIO, México, pp 87–108
- CONAFOR (2015) *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimiento de muestreo*. Guadalajara, México.
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. 5ª Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Estrada García, A. 2020. *Informe técnico para la evaluación de daños causados por el huracán "Alex", con fines de estimar el riesgo y posibles daños al ecosistema y a los recursos forestales; así como, el aprovechamiento de los productos forestales maderables resultantes*.
- Fulé PZ, Covington WW (1998) Spatial patterns of Mexican pine-oak forests under different recent fire regimes. *Plant Ecol* 134:197–209. doi: 10.1023/A:1009789018557
- Galindo-Jaimes L, González-Espinosa M, Quintana-Ascencio P, García-Barrios L (2002) Tree composition and structure in disturbed stands with varying dominance by *Pinus* spp. in the highlands of Chiapas, México. *Plant Ecol* 162:259–272. doi: 10.1023/A:1020309004233
- Galindo, I., Barrón, J., & Padilla, J. I. (2009). Relación entre ganadería extensiva e incendios en zonas forestales del estado de Colima. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13 (3), 17-33.
- González-Espinosa M, Quintana-Ascencio PF, Ramírez-Marcial N, Gaytán-Guzmán P (1991) Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forests in the highlands of Chiapas, México. *J Veg Sci* 2:351–360. doi: 10.2307/3235927
- INEGI (2014). *Carta de edafología serie VI, escala 1:250 000*. DGG-INEGI. México.
- López-Barrera F, Newton A (2005) Edge type effect on germination of oak tree species in the Highlands of Chiapas, Mexico. *For Ecol Manage* 217:67–79. doi: 10.1016/J.FORECO.2005.05.048
- Meunier J, Romme WH, Brown PM (2014) Climate and land-use effects on wildfire in northern Mexico, 1650-2010. *For Ecol Manage* 325:49–59. doi: 10.1016/j.foreco.2014.03.048
- Olvera-Vargas M, Figueroa-Rangel BL, Vázquez-López JM (2010) Is there environmental differentiation in the *Quercus*-dominated forests of west-central Mexico? *Plant Ecol* 211:321–335. doi: 10.1007/s11258-010-9792-z
- Park AD (2001) Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine-oak forests. *For Ecol Manage* 144:213–228. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00372-8
- Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M, Williams-Linera G (2001) Anthropogenic disturbance and tree diversity in Montane Rain Forests in Chiapas, Mexico. *For Ecol Manage* 154:311–326. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00639-3
- Rodríguez-Mota, Arely Julieta et al. *Diversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en un bosque de Pinus spp. y Juniperus flaccida en Jaumave, Tamaulipas, México*. *Rev. Mex. Biodiv.* 2015, 86(4)972-980. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.08.003>

- Rubin-Aguirre A, Saenz-Romero C, Lindig-Cisneros R, et al (2015) Bark beetle pests in an altitudinal gradient of a Mexican managed forest. *For Ecol Manage* 343:73–79. doi: 10.1016/j.foreco.2015.01.028
- Rzedowski J (2006) *Vegetación de México*. 1a. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Vayreda J, Martínez-Vilalta J, Gracia M, et al (2016) Anthropogenic-driven rapid shifts in tree distribution lead to increased dominance of broadleaf species. *Glob Chang Biol* 22:3984–3995. doi: 10.1111/gcb.13394
- Yocom LL, Fulé PZ (2012) Human and climate influences on frequent fire in a high-elevation tropical forest. *J Appl Ecol* 49:1356–1364. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02216.x