



Análisis de la regeneración

postincendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México

CUAHUTÉMOC MÉNDEZ OSORIO, EDUARDO ALANÍS RODRÍGUEZ, JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ, ÓSCAR ALBERTO AGUIRRE CALDERÓN, EDUARDO JAVIER TREVIÑO GARZA

El fuego, un factor natural en muchos ecosistemas boscosos del mundo,¹ conforma un proceso vital y esencial para la dinámica de la sucesión ecológica y el mantenimiento de los componentes vegetales al interior del ecosistema.² Después del fuego se crean espacios abiertos que favorecen la germinación y rebrote de individuos de especies preexistentes o presentes en el banco de semillas del suelo.³⁻⁵

En la Sierra Madre del Sur, al igual que en las Sierras Madre Oriental y Occidental del norte de México y sur de Estados Unidos de América (EUA), los incendios forestales son fenómenos ampliamente distribuidos en áreas boscosas⁶⁻¹⁰ y un elemento determinante en el mantenimiento y evolución de los ecosistemas.¹

* Universidad Autónoma de Nuevo León, FCF.
Contacto: xtemoc@hotmail.com

Históricamente se ha observado que fenómenos naturales como las tormentas eléctricas son una de las causas más frecuentes del fuego.⁶ Sin embargo, actualmente las quemaduras inducidas por factores antropogénicos, principalmente de tipo agrícola, silvícola y pecuario, entre otras, han ocasionado un aumento en la recurrencia de incendios forestales de gran magnitud.^{7,9,11-13}

El incremento de la frecuencia de incendios forestales en los ecosistemas desencadena múltiples consecuencias; destacan la disminución de la vegetación y el inicio de procesos erosivos, que conllevan a la pérdida de suelo y exportación de sedimentos, y modifican innumerables procesos naturales.^{12,14}

No obstante, los estudios ecológicos sobre el efecto del fuego en las especies vegetales son pocos,^{10,15,16} por lo que resulta necesario estudiar las consecuencias de un fenómeno que modifica los procesos naturales,^{7,13,17} altera la estructura y disminuye la estabilidad del ambiente.^{12,18,19}

Con este planteamiento, los objetivos de la presente investigación fueron 1) evaluar los indicadores ecológicos de densidad (A), dominancia (D), frecuencia (F), e índice de valor de importancia (IVI), 2) estimar la riqueza de especies, 3) cuantificar la diversidad alfa, 4) analizar la relación densidad-clases diamétricas de la comunidad arbórea. La investigación generará información cuantitativa que servirá de base para la planeación de estrategias y toma de decisiones sobre los elementos ecológicos y la gestión de los recursos naturales en bosques templados incendiados del sur de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el municipio de Chilpancingo, Guerrero (sur de México), en la Si-

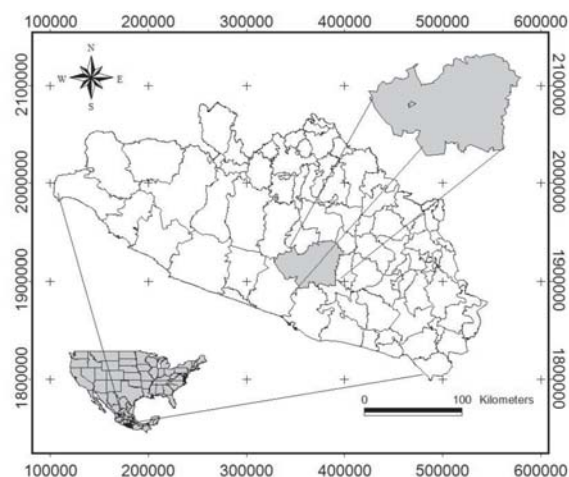


Fig. 1. Localización del área de estudio en la sierra de Chilpancingo, Guerrero.

erra del estado de Guerrero, a una altitud de 2000 msnm, donde se desarrollan bosques mixtos de *Pinus-Quercus*. En el área se encuentra un alto endemismo, riqueza biológica y presencia de especies de distribución restringida, como anfibios, reptiles y flora del bosque mesófilo de montaña.²⁰

Análisis de la vegetación

Para analizar la regeneración arbórea, se identificaron áreas de bosque de pino-encino, con antecedentes de incendio causado por fuego fugitivo proveniente de zonas adjuntas utilizadas para el cultivo de estufefacientes. El área seleccionada se incendió accidentalmente durante 2005, el fuego consumió todo tipo de vegetación y fue abandonada sin uso ni acciones de restauración.

Durante el segundo semestre de 2012 (siete años después), se establecieron cinco sitios circulares de muestreo de 1000 m² (17.84 m de radio), cada uno distribuido aleatoriamente. Los sitios se establecieron en un área con características fisiográficas similares (2000 msnm, entre 25 y 40% de pendiente y exposición NE).

En los sitios de muestreo se realizó un censo de todas las especies arbóreas, a las que se les registraron las variables de altura ($e \geq 30$ cm), diámetro ($d_0, 10$) y el área de copa, la cual se obtuvo con una cinta métrica, midiendo el espacio ocupado por la copa en sentido norte-sur y este-oeste. La medición del diámetro se efectuó a 10 cm sobre la base del suelo, ya que eran individuos regenerados de porte bajo.²

Análisis de la información

Para evaluar el papel relativo de las especies en el ecosistema regenerado se utilizaron los indicadores ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia.²² Para la estimación de la abundancia relativa se empleó la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{N_i}{S} \quad i = 1, \dots, n$$

$$AR_i = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) * 100$$

donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i con respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y S la superficie de muestreo (ha).

La dominancia relativa se evaluó mediante:

$$D_i = \frac{Ab_i}{S(ha)}$$

$$DR_i = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) * 100$$

$$i = 1, \dots, n$$

donde D_i es la dominancia absoluta, DR_i es la dominancia relativa de la especie i con respecto a la dominancia total, Ab el área de copa de la especie i , y S la

superficie (ha). La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{P_i}{NS}$$

$$FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) * 100$$

$$i = 1, \dots, n$$

donde F_i es la frecuencia absoluta; FR_i es la frecuencia relativa de la especie i , con respecto a la frecuencia total, P_i es el número de sitios en la que está presente la especie i , y NS el número total de sitios de muestreo. El índice de valor de importancia (IVI) se define como:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

II

La diversidad α se estimó con el índice de Margalef (D_{Mg}), basado en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) y el índice de Shannon y Wiener (H') (1948), basado en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional de la abundancia relativa de cada especie. Las ecuaciones empleadas fueron:²³

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

$$p_i = n_i / N$$

donde S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos, n_i es el número de individuos de la especie i , y \ln es logaritmo natural.

La estructura vertical del área de estudio se determinó con el índice de Pretzsch,²⁴ el cual requiere definir tres pisos altitudinales en la población: piso 1, de 80 a 100% de la altura máxima de la comunidad arbórea; piso 2, de 50 a 80%; y piso 3, de 0 a 50%. El índice genera un valor de cero hasta un valor máximo. El valor cero significa que la comunidad arbórea está representada por una sola especie y formada por un solo piso; el valor máximo se obtiene cuando el total de las especies ocurran en igual distribución en los tres pisos.

El índice se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$A_{\max} = \ln(S * Z)$$

donde A es el índice vertical, S es el número de especies presentes, Z , número de pisos de altura, p_{ij} : proporción de especies en los pisos de altura $p_{ij} = N_{ij}/N$, N_{ij} : número de individuos de la especie (i) en el piso (j), y N : número total de individuos. La estructura horizontal de las especies se evaluó con base en el número de árboles por hectárea.

RESULTADOS

Densidad y clases diamétricas

El área de estudio presentó una densidad de 384 individuos por hectárea; y, de acuerdo a las clases diamétricas registradas, la línea de tendencia exponencial indica que existe un decremento en la densidad de individuos, conforme aumenta el diámetro de los mismos, siendo la clase diamétrica < 1 cm la que presentó el mayor número de individuos por hectárea con 93 (N/ha) (figura 2), y más de 50% perteneciente a una sola especie.

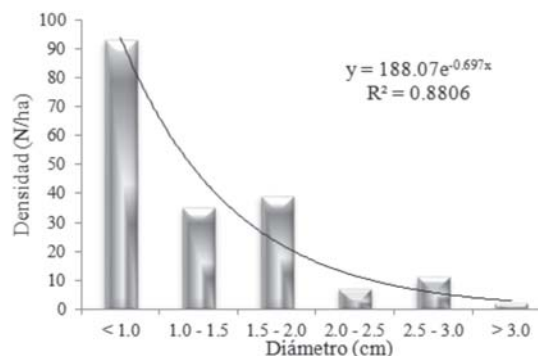


Fig. 2. Relación densidad-clases diamétricas.

Lo anterior indica que en un estado de regeneración activo se encuentran presentes gran cantidad de individuos de porte menor (<2 cm). Esta tendencia exponencial negativa concuerda con otras investigaciones,^{17,21} en las que caracterizaron la regeneración leñosa posincendio de un ecosistema templado del noreste de México.

El mayor número de individuos correspondió a la familia *Pinaceae*, con 52.6%. *Pinus radiata* presentó un valor de frecuencia relativa de 25%, al igual que *Quercus glaucescens*. Sin embargo, la segunda especie mostró una dominancia de 19% y *P. radiata* de 71.5%, por lo que esta última imprime la fisonomía dominante de la comunidad (figura 3).

Con base en los resultados antes mencionados, se obtuvo el valor de importancia relativa; y las especies con mayor peso ecológico en esta comunidad de bosque de pino-encino fueron *Pinus radiata*

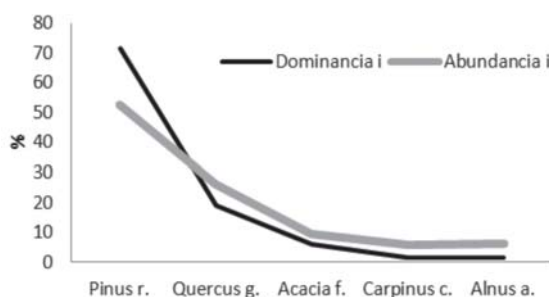


Fig. 3. Dominancia y abundancia relativa de las especies.

(49.72%) y *Quercus glaucescens* (23.36%), que reunieron conjuntamente 73.08%, por lo que se reconocen como los componentes estructurales y florísticos importantes en el ecosistema (tabla I).

Estructura de la vegetación

La distribución de las alturas de los individuos mostró diferencias, con una tendencia a disminuir hacia las clases mayores, principalmente a partir de la tercera clase de altura (1.1-1.5 m). Las especies representativas con mayor proporción de árboles en esta clase de altura (1.1-1.5 m) fueron *Pinus radiata* y *Quercus glaucescens* (figura 4).

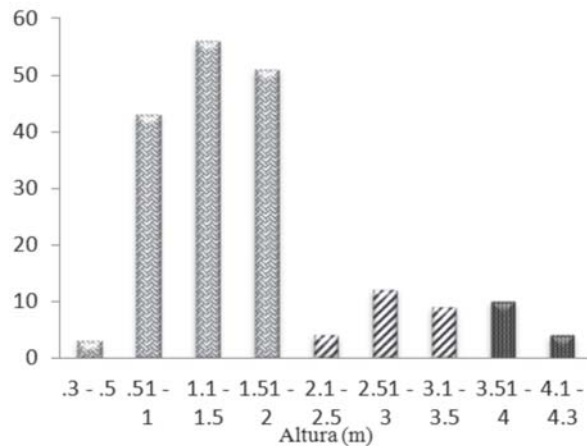


Fig. 4. La trama en las columnas indica la ocurrencia de individuos en cada estrato arbóreo.

La diversidad estructural vertical de las especies se obtuvo con el índice de Pretzsch, y determinó tres estratos arbitrariamente: bajo (.30 - 2.15 m), medio (2.16 - 3.43 m) y alto (3.44 - 4.3 m). De los tres, la cobertura con la mayor ocurrencia de especies fue el bajo, con 80% de los individuos (308), de los cuales *Pinus radiata* aportó 45% (140 árboles).

En el caso del estrato medio, se concentró 11.5% del total de individuos, representado por tres especies: *Acacia farnesiana*, *Quercus glaucescens* y *P. radiata*



Tabla I. Abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		Valor de
	N/ha	relativa	m ² /ha	relativa	absoluta	relativa	importancia
<i>Pinus radiata</i> D. Don	202	52.60	0.023	71.56	100	25	49.72
<i>Quercus glaucescens</i> Humb. et Bonpl.	100	26.04	0.006	19.03	100	25	23.36
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	36	9.38	0.002	6.18	80	20	11.85
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schl.) Furlow	24	6.25	0.000	1.54	60	15	7.60
<i>Carpinus caroliniana</i> Walt.	22	5.73	0.001	1.69	60	15	7.47
Suma	384	100	0.032	100	400	100	100

Tabla II. Familia, nombre científico, nombre común, usos y categoría dentro de la NOM-059.

Familia / especie	Nombre común	Usos	NOM.059 SEMARNAT 2010
<i>Betulaceae</i>			
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schl.) Furlow	Aile	Leña	
<i>Carpinus caroliniana</i> Walt.	Mora	Leña	A
<i>Fagaceae</i>			
<i>Quercus glaucescens</i> Humb. et Bonpl.	Encino	Forraje	
<i>Mimosaceae</i>			
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Huizache	Cercos	
<i>Pinaceae</i>			
<i>Pinus radiata</i> D. Don	Pino	Maderable	

(77%). Estas últimas dos especies fueron las únicas presentes en el estrato alto, y *P. radiata* aportó 87.5% de todos los individuos. Los valores obtenidos para este índice son $A = -1.81$ y $A_{max} = 2.70$, lo que corrobora la existencia de un estrato dominante.

Riqueza y diversidad de especies

El área evaluada presentó cinco especies arbóreas, incluidas en cinco géneros y cuatro familias de plantas vasculares. Las familias registradas fueron *Betulaceae*, *Fagaceae*, *Mimosaceae* y *Pinaceae*.

La familia con mayor número de géneros fue *Betulaceae* con dos, aportó 40% del total de los géneros encontrados en el sitio de estudio. Una de las especies (*Carpinus caroliniana*) se encuentra enlistada

en la categoría de riesgo de la NOM-059-Semarnat-2010²⁵ como amenazada (tabla II).

De acuerdo al índice de Margalef, el área evaluada presentó una riqueza de especies de $D_{Mg} = 0.761$. El índice de diversidad de Shannon-Wiener arrojó un valor de $H' = 1.24$, y su complemento de equitatividad de $E = 0.77$.

CONCLUSIONES

La presente investigación pone de manifiesto que la comunidad vegetal del bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México, presenta regeneración natural después de siete años de haber sufrido incendios. Esta comunidad está conformada principalmente por *Pinus radiata*, y *Quercus glaucescens*. De acuer-

do a la densidad y altura del arbolado, la comunidad vegetal se encuentra en un estado de regeneración activo, con una alta presencia de individuos de dimensiones diamétricas menores y una baja densidad de individuos de tallas mayores. Los índices de riqueza y diversidad indican que la comunidad evaluada es poco diversa.

RESUMEN

El presente estudio analiza la regeneración de comunidades vegetales arbóreas posincendio en una comunidad de pino-encino en la Sierra de Guerrero (S México). Se evaluó la restauración pasiva del ecosistema impactado por el fuego después de siete años del disturbio. Se registró una densidad arbórea de 384 individuos/ha, distribuidas en cinco especies, cinco géneros y cuatro familias. En la comunidad vegetal existe un marcado decremento en la densidad del arbolado al aumentar el diámetro, y la altura. De acuerdo a la densidad y a los de índices riqueza y diversidad la comunidad evaluada, se encuentra en un estado de regeneración activo.

Palabras clave: Restauración, Diversidad, Enervantes, Incendios, México.

ABSTRACT

The present study examines the effect of forest fires in the plant community of a pine-oak forest in the Highlands of Guerrero (S Mexico). Passive restoration was evaluated ecosystem impacted by fire seven years after the disturbance. There was a tree density of 384 individuals / ha, distributed in five species, five genera and four families. In the plant community there is a marked decrease in tree density with increasing diameter and height. According to the density and richness and diversity index evaluated community is in a state of active regeneration

Keywords: Restoration, Diversity, Narcotics, Fire, México.

REFERENCIAS

1. Iniguez, J.M.; Swetnam, T.W., Yool, S.R. (2008). Topography affected landscape fire history patterns in southern Arizona, USA. *Forest Ecology and Management* 256:295-303
2. Rodríguez, D.A. (2008). Fire Regimes, Fire Ecology, and Fire Management in Mexico. *A Journal of the Human Environment* 37(7):548-556.
3. Calvo, L., Santalla, S., Valbuena L., Marcos, E., Tárrega R., Luis-Calabuig, E. (2008). Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecology* 197:81-90.
4. Weiguo, S., Sha, C., Guangqi L. (2008). Dynamics of leaf area index and canopy openness of three forest types in a warm temperate zone. *Frontiers of Forestry in China* 3:416-421.
5. Vidal, O.J., A. Reif. (2011). Effect of a tourist-ignited wildfire on *Nothofagus pumilio* forests at Torres del Paine biosphere reserve, Chile (Southern Patagonia). *Bosque* 32:64-67.
6. Villarreal, M.L., S.R. Yool (2008). Analysis of fire-related vegetation patterns in the Huachuca Mountains, Arizona, USA, and Sierra los Ajos, Sonora, Mexico. *Fire Ecology* 4(1):14-33.
7. González, M.A., Schwendenmann, L., Jiménez, J., Himmelsbach, W. (2007). Reconstrucción del historial de incendios forestales y estructura forestal en bosques mixtos de pino en la Sierra Madre Oriental. *Maderas y Bosques* 13(2):51-63.
8. Rodríguez-Trejo D.A., P.Z. Fulé (2003). Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12(1):23-37.
9. Drury, S.A., T.T. Veblen (2008). Spatial and temporal variability in fire occurrence within the Las Bayas Forestry Reserve, Durango, México. *Plant Ecology* 197:299-316

10. Jiménez, J., E. Alanís. (2011). Análisis de la frecuencia de los incendios forestales en la sierra Madre Oriental y Occidental del norte de México y sur de Estados Unidos de América. *CienciAUANL* 14:255-263.
11. González M.A. (2005). Fire History and Natural Succession after Forest Fires in Pine-Oak Forest, an Investigation in the Ecological Park "Chipinque", Northeast Mexico. Sierke. Gotinga, Alemania. 92 pp.
12. Woods, S.W., Birkas, A., Ahl, R. (2007). Spatial variability of soil hydrophobicity after wildfires in Montana and Colorado. *Geomorphology* 86:465-479.
13. Ávila-Flores, D, Pompa-García, M; Antonio-Nemiga, X; Rodríguez-Trejo, D. A; Vargas-Pérez, E; Santillán-Pérez, J. (2010). Driving factors for forest fire occurrence in Durango State of Mexico: A geospatial perspective. *Chinese Geographical Science* 20(6):491-497.
14. Martínez, R., D.A., Rodríguez (2003). Los incendios forestales en México y América Central. Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una visión global. 767-779.
15. Martínez, H.C., D.A. Rodríguez (2008). Species diversity after prescribed burns at different intensities and seasons in a high altitude *Pinus hartwegii* forest. *Interciencia* 33:337- 344.
16. Rodríguez-Trejo, D.A., R.L. Myers (2010). Using oak characteristics to guide fire regime restoration in Mexican pine-oak and oak forests. *Ecological Restoration* 28:304-323.
17. Alanís, E.; Jiménez, J.; Valdecantos, A.; Pando, M.; Aguirre O.; Treviño, E.J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(1):31-39.
18. Fulé, P. Z., W.W. Covington (1994). Fire regime disruption and pine-oak forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. *Restoration Ecology* 2:261-272.
19. Fulé P.Z., W.W. Covington (1997). Fire regimens and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 41:43-79.
20. Luna, I., J. Llorente (1993). Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México. Conabio-UNAM. México, D.F.
21. Alanís, E.; Jiménez, J.; Valdecantos, A.; González, M.A.; Aguirre O.; Treviño, E.J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
22. Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Oxford. 256 p.
23. Moreno C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manual y Tesis SEA. Editado por Cooperación Iberoamericana (CYTED), UNESCO (ORCYT) y SEA. Vol. 1. Pachuca, Hidalgo, México. 83 pp.
24. Pretzsch H. (1996). Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. *Allg. Forst.-u. J.-Ztg.* 167(11), 213-221
25. Semarnat-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Recibido: 29 de mayo de 2013

Aceptado: 29 de agosto de 2014