

DINAMICA DEL SUELO Y REGENERACIÓN DE *Quercus* POST-INCENDIO EN UN ECOSISTEMA DE PINO-ENCINO EN OAXACA^a

SOIL DYNAMICS AND POST-FIRE REGENERATION OF *Quercus* IN A PINE-OAK ECOSYSTEM IN OAXACA

Aquino-López, R.¹; Castañeda-Hidalgo, E.^{2*}; Santiago-Martínez, G.M.²; Lozano-Trejo, S.²

¹Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Tecnológico Nacional de México.

²Profesor Investigador. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Tecnológico Nacional de México. Ex Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. C.P. 71230

*Autor de correspondencia: casta_h50@hotmail.com

Fecha de envío: 19, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, julio, 2025

Resumen:

Los bosques templados proporcionan múltiples bienes y servicios ecosistémicos esenciales; sin embargo, están expuestos a diversas perturbaciones naturales, los incendios forestales una de las más relevantes, que impactan significativamente las propiedades del suelo, además de poner en riesgo los procesos de regeneración natural tanto de forma negativa como positiva. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto post-incendio sobre las propiedades del suelo y la regeneración natural de encinos en la localidad de Agua Blanca, Nejapa de Madero, Oaxaca. En 2023 se establecieron 12 sitios de muestreo dirigidos en tres áreas con diferente nivel de severidad del incendio (NSI) ocurrido en 2019 (alta, media y baja). En cada sitio se delimitaron dos subsitios de 1 m², sumando un total de 24 subsitios. En cada cuadrante se recolectaron muestras de suelo para analizar propiedades químicas (pH, K, Ca, NO₃, CE), y se realizó un inventario dasométrico de la regeneración de encinos. Para evaluar las diferencias en la densidad de regeneración entre NSI se aplicó un modelo lineal generalizado, seguido de una prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$). Para las características del suelo, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Todas las variables químicas mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), excepto el potasio (K). El pH varió de 4.87 a 5.19 (ácido), siendo mayor en el NSI alto. La CE mostró suelos salinos en el NSI medio y moderadamente salinos en los niveles bajo y alto. Se registró una densidad de 200 a 937 rebrotes ha⁻¹ con una mayor proporción (57.3 a 78.7%) en el nivel de severidad bajo. La regeneración por semilla fue limitada en los tres NSI, posiblemente por la pérdida de viabilidad de las bellotas y alta depredación. Se recomienda monitorear la regeneración (frecuencia, supervivencia y densidad) y considerar las características del suelo en las estrategias de restauración post-incendio.

Palabras clave: bosques, encinos, propiedades, rebrotes, suelo.

^a Resultados de investigación de tesis de grado de maestría.

Abstract:

Temperate forests provide multiple essential ecosystem goods and services; however, they are exposed to various natural disturbances, one of the most significant being wildfires, which significantly impact soil properties and jeopardize natural regeneration processes, both negatively and positively. The objective of this study was to evaluate the post-fire effect on soil properties and the natural regeneration of oaks in the town of Agua Blanca, Nejapa de Madero, Oaxaca. In 2023, 12 targeted sampling sites were established in three areas with different levels of fire severity (NSI) that occurred in 2019 (high, medium and low). In each site, two 1 m² subsites were delimited, making a total of 24 subsites. In each quadrant, soil samples were collected to analyze chemical properties (pH, K, Ca, NO₃, CE), and a dasometric inventory of oak regeneration was carried out, recording the coordinates (X, Y) for spatial analysis. To evaluate differences in regeneration density between NSI, a generalized linear model was applied, followed by a Duncan mean comparison test ($\alpha = 0.05$). For soil characteristics, the non-parametric Kruskal-Wallis test was used. All chemical variables showed significant differences ($p < 0.05$), except potassium (K). The pH ranged from 4.87 to 5.19 (acidic), being higher in the high NSI. The CE showed saline soils in the medium NSI and moderately saline in the low and high levels. A density of 200 to 937 regrowth ha⁻¹ was recorded, with a higher proportion (57.3 to 78.7%) in the low severity level. Regeneration by seed was limited in all three NSI, possibly due to the loss of acorn viability and high predation. It is recommended to monitor regeneration (frequency, survival, and density) and consider soil characteristics in post-fire restoration strategies.

Keywords: forests, oaks, properties, sprouts, soil.

INTRODUCCIÓN

Los bosques del género *Quercus* son una de las formaciones vegetales más representativas de las montañas de clima templado en México, con 135 a 161 especies, de las cuales 106 son endémicas de México, y se distribuyen entre los 1,200 y 2,800 msnm (Clark, 2018). Sin embargo, estos bosques han sufrido un deterioro significativo debido a los incendios forestales, que alteran tanto la estructura como la composición de los estratos vegetales (Alaníz, 2010). A nivel nacional, los incendios forestales han aumentado con frecuencia, siendo uno de los principales factores de degradación de los ecosistemas y reducción de los servicios ecosistémicos (Flores, 2021; Rosales et al., 2018). El fuego, tanto de origen natural (1%) como antropogénico (99%) (Clemente-Quezada et al., 2025), varía en intensidad y severidad, dependiendo de las características topográficas, la disponibilidad de combustible vegetal, las condiciones meteorológicas y la frecuencia con la que ocurren dichos eventos. Estos incendios pueden favorecer la ausencia o presencia de la regeneración natural, como es el caso de los encinos,

post-incendio que presentan adaptaciones al fuego, como el rebrote desde la base del tronco tras la pérdida de las partes aéreas (Zavala, 2000).

El fuego afecta significativamente la regeneración del género *Quercus*, ya que modifica el suelo y puede aumentar la disponibilidad de nutrientes (Minervini et al., 2018). Estos cambios dependen de factores como la vegetación, intensidad del incendio y lluvias posteriores. La deposición de cenizas y la mineralización enriquecen el suelo, aunque su capacidad para retener nutrientes varía según la vegetación previa, la frecuencia de incendios y el tiempo desde el último evento (Caon, 2014).

Dada la importancia de los incendios en la dinámica de los ecosistemas de México y el hecho de que las adaptaciones de los encinos al fuego, como su capacidad de rebrote, juegan un papel crucial en la recuperación de los bosques. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto post-incendio sobre las propiedades del suelo y la regeneración natural de encinos en la localidad de Agua Blanca, Nejapa de Madero, Oaxaca. La evaluación de los cambios edáficos y la regeneración natural de los encinos es fundamental para entender cómo estos procesos contribuyen a la resiliencia del bosque y para tomar decisiones informadas sobre las prácticas de restauración forestal en zonas afectadas por incendios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en un rodal de pino-encino afectado por incendio, ubicado en la localidad de Agua Blanca Nejapa de Madero, San Carlos Yautepec, Oaxaca. La localidad cuenta con una extensión total de 9,325 ha y se distingue por la presencia de un ecosistema de bosque templado, donde coexisten diversas formaciones vegetales como el pino-encino. El rodal se localiza a una altitud media de 2,160 m, en las coordenadas geográficas 16° 39' 25" latitud norte y 95° 44' 28" longitud oeste (Figura 1). El clima predominante es del tipo C(w2), clasificado como templado subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C y precipitaciones que oscilan entre 200 y 1,800 mm al año (Servicios Técnicos Forestales, 2020).

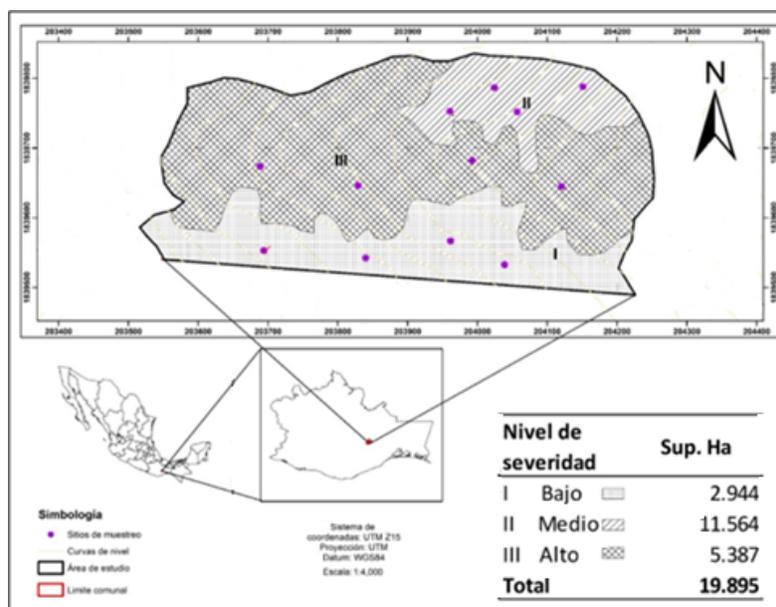


Figura 1. Ubicación del área de estudio y sitios de muestreo.

Figure 1. Location of the study area and sampling sites.

Establecimiento de sitios de muestreo

En 2022 se realizaron recorridos en el área de estudio para identificar los niveles de severidad del incendio, en un área de 19.89 ha. Se ubicaron 12 sitios circulares de muestreo de 400 m² de forma dirigida, clasificados en tres niveles de severidad I, II, III (bajo, medio y alto), con cuatro sitios por nivel. En cada sitio se establecieron dos subsitios de 1 m² para muestreo de suelo. En la clasificación del nivel de severidad se consideró pendiente, orientación, altitud y densidad de arbolado. Finalmente, el área afectada se verificó con imágenes satelitales en ArcGIS 10.3.

Inventario dasométrico y muestreo de suelo

En cada sitio se generaron datos dasométricos de la regeneración natural de *Quercus* spp., se midió el diámetro de base (DB, mm) con vernier digital y altura total (A, cm) con cinta métrica. En los cuadrantes de 1 m² se extrajeron muestras de suelo mediante tubos de PVC (30 cm de largo, 4 cm de diámetro), tomando la fracción de 10–30 cm de profundidad, la cual se cubió (cm³) usando la fórmula de Smallian (Romahn de la Vega y Ramírez, 2010). Las muestras compuestas fueron analizadas en el laboratorio de agroecosistemas del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO).

Análisis de laboratorio

Las propiedades químicas evaluadas fueron el pH, determinado mediante el uso de un potenciómetro, utilizando agua destilada como medio de extracción. Los contenidos de potasio (K) y calcio (Ca) se analizaron mediante el método del acetato de amonio, expresados en cmol kg^{-1} . La concentración de nitritos (NO_3 , mg kg^{-1}), fue determinada mediante el método Kjeldahl. El fósforo (P) se cuantificó mediante el método Bray II con colorimetría, conforme a la técnica de Bray y Kurtz. Finalmente, la conductividad eléctrica (CE), determinada mediante un potenciómetro. Todos los procedimientos analíticos se realizaron conforme a los protocolos establecidos por el laboratorio.

Análisis de datos

Para el análisis estadístico, se empleó la prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* para detectar diferencias significativas en los rasgos del suelo entre los distintos NSI. Para la regeneración natural se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Shapiro-Wilk y Bartlett, $\alpha = 0.05$) y se empleó un modelo lineal generalizado (PROC GLM) con prueba de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) para comparar los niveles de severidad. Los análisis se realizaron en el software estadístico SAS 9.4 (SAS Institute, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH del suelo en los tres NSI varió entre 4.87 y 5.19, clasificándose como fuertemente a moderadamente ácido según la NOM-021-RECNAT-2000. El valor más alto se registró en el NSI alto, posiblemente por el aporte de bases de las cenizas tras la combustión total de la flora. La conductividad eléctrica (CE) indicó suelos salinos en el NSI medio y moderadamente salinos en los niveles bajo y alto, siendo este último atribuible al aumento de compuestos solubles por la combustión vegetal (Cuadro 1).



Cuadro 1. Efecto de la severidad de incendio sobre las características de suelo.

Table 1. Effect of fire severity on soil characteristics.

Variable	Nivel de severidad de incendio		
	I Bajo	II Medio	III Alto
PH	4.91±0.025b	4.87±0.02b	5.19±0.02a
CE (dS m ⁻¹)	5(0.05) ± 0.57 (0.001) b	2(0.04) ± 0.57(0.002) c	8(0.06) ± 0.57(0.001) a
K (Cmol(+) kg ⁻¹)	6(0.02) ± 2.29(0.007) a	6(0.17) ± 0.86(0.007) a	3(0.20) ± 0.86(0.007) a
Ca (Cmol(+) kg ⁻¹)	2(0.01) ± 0(0)b	8(0.05) ± 0.57(0.006) a	5(0.02) ± 0.57(0.0007) b
NO ₃ (mg kg ⁻¹)	6.33(32.5) ± 1.30 (1.44) a	2.33(27.5) ± 0.88(1.44) b	6.33(32.5) ± 1.30(1.44) a
P (mg kg ⁻¹)	4.33(4.6) ± 1.20 (0.86) b	2.66(3.33) ± 0.88(0.23) b	8(7.75) ± 0.57(0.60) a

Se indican los valores en rangos de la prueba de Kruskal-Wallis y (valores reales). Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas. La media incluye ± error estándar.

Diversos estudios indican que los incendios forestales pueden elevar temporalmente el pH y la CE del suelo debido a la acumulación de cenizas ricas en cationes básicos e iones solubles (Rosero y Osorio, 2013; Mogollón et al., 2017). Sin embargo, este efecto suele ser efímero, pues las lluvias posteriores lixivian estos compuestos. En este estudio, el aumento del pH fue leve, posiblemente por el tiempo transcurrido desde el incendio, ya que los cambios más marcados ocurren en las primeras semanas (Rosales-Rodríguez et al., 2018). La CE se mantuvo dentro de rangos no tóxicos, lo que podría indicar un aumento transitorio en la fertilidad.

El P mostró niveles muy bajos, sin incrementos significativos, a diferencia de lo reportado por Camargo-García et al. (2012), donde el fuego favorece su liberación. Para el K y el Ca, aunque hubo diferencias entre NSI, su disponibilidad se clasificó como baja, probablemente por la reducción en la capacidad de intercambio catiónico tras la pérdida de materia orgánica. El aumento de estos cationes es temporal, ya que la lixiviación los elimina con el tiempo (Yildiz et al., 2010). El nitrato (NO₃⁻) fue menor en el NSI medio, reflejando la variabilidad observada en estudios post-incendio (Vega et al., 2000; Certini, 2005), donde las pérdidas por volatilización y consumo vegetal rápido influyen en su dinámica.

En conjunto, el impacto del fuego sobre el suelo afecta temporalmente su fertilidad, lo que influye en la regeneración natural. Sin embargo, esta no depende exclusivamente de los nutrientes disponibles, sino también, de factores como la disponibilidad de semillas y los cambios microclimáticos inducidos por la pérdida de cobertura vegetal (Urretavizcaya, 2010).

En respuesta a los efectos de severidad de incendio sobre la regeneración de encinos, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la variable A y densidad de rebrotes/ha. No se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la variable DB (CV 44.42%) debido a la heterogeneidad del incendio que generó inflación de varianzas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la severidad de incendio sobre la regeneración de *Quercus* spp.

Table 2. Effect of fire severity on the regeneration of *Quercus* spp.

Nivel de severidad	Variable		
	Diámetro (DB; mm)	Altura (A; cm)	Rebrotes (rebrotes/ha)
Bajo	7.50 ± 1.01 a	56.25 ± 4.73 a	937 ± 161.53 a
Medio	7.60 ± 0.76 a	35.00 ± 3.65 b	400 ± 96.36 b
Alto	8.00 ± 0.90 a	41.25 ± 3.35 b	800 ± 46.77 a

Letras distintas en la misma fila representan diferencias significativas (Duncan 0,05). La media incluye ± error estándar.

La regeneración por rebrote de *Quercus* spp. varió según el NSI. El NSI bajo mostró la mayor densidad (937 rebrotes/ha) y altura (56.25 cm), mientras que el NSI medio presentó la menor densidad (400 rebrotes/ha). En el NSI alto, aunque con menor número de rebrotes, estos tuvieron mayor diámetro basal (8 mm). Las exposiciones E y SE favorecieron mayor densidad, posiblemente por mayor radiación solar (Flores et al., 2022), mientras que las exposiciones N, más húmedas, mostraron menor regeneración. La regeneración fue favorecida por el fuego superficial (NSI bajo), al conservar tallos y permitir el brote desde yemas protegidas bajo la corteza gruesa, y en el NSI alto por la apertura del dosel y el

enriquecimiento del suelo con nutrientes provenientes de la biomasa quemada (Stavi, 2019). Comparado con Leverkus et al. (2014) en su estudio, reportan valores similares (447 rebrotes/ha) tras incendios, reafirmando la influencia del NSI sobre la regeneración.

Las especies identificadas en este estudio; *Q. scytophylla*, *Q. crasifolia*, *Quercus* spp. y *Q. elliptica* muestran adaptaciones al fuego, como follaje caducifolio, corteza gruesa y capacidad de rebrote. Aunque también presentan regeneración por semilla, pero esta fue limitada en NSI alto, probablemente por la pérdida de viabilidad de las bellotas y alta depredación por su visibilidad post-incendio (>75%) y competencia con otras especies (Martínez y Baeza, 2022). El rebrote observado en *Q. elliptica* en sitios de NSI bajo, refleja su capacidad de recuperación tras daño aéreo (Gómez y Rodríguez, 2021). Sin embargo, el cierre del dosel en etapas sucesionales puede limitar su incorporación posterior (Zavala, 2000). Además, la regeneración se ve influida por condiciones edáficas post-incendio, como pérdida de nutrientes, exposición de raíces y erosión (Gutiérrez et al., 2013). Por otro lado, Leverkus (2016) y Peña y Bonfil (2003) indican que la regeneración natural depende tanto del fuego como del hábitat y no recomiendan la saca de madera quemada, ya que interfiere en la restauración; en su lugar, se sugiere manejar los residuos *in situ* para conservar las condiciones ecológicas necesarias para la recuperación del rodal.

Por otra parte, las especies identificadas del género *Quercus* tienen una gran relevancia ecológica y silvícola. Su conservación se justifica no solo por su valor intrínseco, sino también por el papel clave que desempeñan en diversos procesos ecológicos, como la provisión de semillas que sirven de alimento para la fauna silvestre, la regeneración natural por semilla, las interacciones ecológicas (incluida la dispersión zoócorica), la selección genética y su inclusión en programas de conservación, reforestación y restauración ecológica.

Además, estas especies son fuente de múltiples bienes aprovechados legalmente, como leña y materia prima. Además, su madera posee propiedades químicas adecuadas que la hacen una fuente eficiente de energía, gracias a su alto poder calorífico. También destacan por su versatilidad en otros usos, como en la medicina tradicional, la farmacología, la cosmetología, el curtido de pieles

y, en algunos casos, como forraje (Rocha-Guzmán et al., 2019). En conjunto, estas características refuerzan la necesidad de fomentar su conservación y aprovechamiento sustentable, enmarcados en estrategias integrales que reconozcan tanto su valor ecológico como su importancia para las comunidades locales.

CONCLUSIÓN

A dos años del incendio, se detectaron modificaciones edáficas significativas asociadas con la severidad del fuego, particularmente en los valores de pH, Ca, NO_3^- , CE y P, con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), atribuibles al aporte de cenizas post-incendio. Si bien se registró un ligero incremento en el pH en sitios de alta severidad, los suelos se mantuvieron ácidos en todos los tratamientos, posiblemente debido a procesos de lixiviación inducidos por las precipitaciones. El K no presentó variaciones significativas, lo cual evidencia una limitada capacidad de retención de este elemento tras el disturbio. Estos cambios edáficos condicionaron los procesos de regeneración del ecosistema, siendo el rebrote basal de *Quercus* spp. un mecanismo dominante en la etapa inicial de recuperación. Asimismo, la proximidad de individuos productores de bellotas podría favorecer el reclutamiento natural a mediano plazo, contribuyendo a la resiliencia del bosque. En este contexto, resulta esencial realizar un diagnóstico previo de las condiciones edáficas y de la regeneración natural antes de la implementación de intervenciones de restauración o infraestructura forestal, con el propósito de minimizar riesgos como la erosión del suelo y asegurar la efectividad de las acciones de manejo post-incendio.



Agradecimientos

Agradecemos a SECIHTI y al TecNM por el financiamiento para el desarrollo académico del proyecto 15324.22-P. En el marco de la Convocatoria para Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para Estudiantes 2022. Gracias a la comunidad de Agua Blanca por su colaboración y al Ing. Narciso López Lázaro por su apoyo técnico en campo.

LITERATURA CITADA

- Alaníz, R. E., Jiménez, P. J., Pando, M. M., Aguirre, C. O. A., Treviño, G. E. J., & Canizales, V. P. A. (2010). Análisis de la diversidad arbórea en áreas restauradas post-incendio en el parque ecológico Chipinque, México. *Acta Biológica Colombiana*, 15(2), 309-324. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027885021.pdf>.
- Camargo-García, J. C., Dossman, M. A., Rodríguez, J. A., Arias, J. H., & Galvis-Quintero, L. M. (2012). Cambios en las propiedades del suelo posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de los Nevados, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 61(3), 147–161.
- Caon, L., Vallejo, V. R., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2014). Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. *Earth-Science Reviews*, 139, 47–58.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Clark, T. R., Mendoza, O. A., Aguirre, H. V., Antúnez, P., Campos, C. J. E., Valencia, A. S., Luna, K. M. D., & Alfonso-Corrado, C. (2018). Reproducción sexual de *Quercus macdougalii*, un encino endémico de la Sierra Juárez, de Oaxaca. *Madera y Bosques*, 24(2), 1-12. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421617>
- Clemente-Quezada, J. A., Farfán, M., Albores-Arzate, R. H., & Moreno-Ceballos, R. (2025). Impacto del fuego en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, México: cartografía de su probabilidad de ocurrencia. *Madera y Bosques*, 31 e312664. <https://doi.org/10.21829/myb.2025.312664>
- Flores, G. J. G. (2021). Antecedentes y perspectivas de la investigación en incendios forestales en el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(Esp-1), 91–117. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.981>
- Flores, R. A. G., Flores, G. J. G., González, E. D. R., Gallegos, R. A., Zarazúa, V. P., Mena, M. S., Lomelí, Z. M. E., & Cadena, Z. D. A. (2022). Variables ambientales que determinan la regeneración natural de pinos en ecosistemas alterados por incendios. *Ecología Aplicada*, 21(1), 1-9. <https://doi.org/10.21704/rea.v21i1.1872>



- Gómez, M. F. F., & Rodríguez, T. D. A. (2021). Fuego, mortalidad y rebrotación en especies forestales de la Sierra Norte de Puebla. *Madera y Bosques*, 27(3), 1-15. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732148>
- Gutiérrez, M. G., Orozco, M. E. H., Ordóñez, J. A. B., & Camacho, S. J. M. (2013). Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 92-107. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322015000300007
- Leverkus, A. B., Castro, J., & Rey, B. J. M. (2014). Regeneración post-incendio de la encina en pinares de repoblación mediterráneos. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 23(2), 48-54. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-2.07>
- Martínez, G. C., & Baeza, J. I. (2022). La regeneración del bosque después de un incendio. *Inventio*, 18(44), 1-11. <https://10.30973/inventio/2022.18.44/9>
- Minervini, M. G., Morras, H. J. M., & Taboada, M. A. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo: Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28(1), 12–27. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2018000100012
- Peña R., V. M. y C. Bonfil. 2003. Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de encinos (*Quercus liebmanii* Oerst. y *Quercus magnoliifolia* Née) en la región de la montaña (Guerrero), México. *Botanical Sciences* 72:5-20.
- Rocha-Guzmán, N. E., González-Laredo, R. F., Vázquez, C.B.D., Moreno-Jiménez, M. R., Gallegos, I. J. A., Gamboa, G. C., Flores-Rueda, A. G. (2019). Oak Leaves as a New Potential Source for Functional Beverages: Their Antioxidant Capacity and Monomer Flavonoid Composition. *Academic press*, 381-411, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00011-X>.
- Romahn de la Vega, C. F., & Ramírez, M. H. (2010). *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo. México, DF, 312 p. <http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/dendrometria.pdf>.
- Rosales, R. J. A., Esquivel, S. E. A., Acevedo, T. M. A., González, O. M., & Cartes, R. E. (2018). Situación pre y post-incendio, de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, Región del Maule, Chile. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(38), 55–68. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3997>
- Rosero-Cuesta, J., & Osorio, G. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. *Cuaderno Activa*, 5, 59–67. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/130>.
- Servicios Técnicos Forestales (STF). (2020). *Programa de manejo nivel avanzado. Agua Blanca, Nejapa de Madero, Oaxaca*.
- Stavi, I. (2019). Wildfires in grasslands and shrublands: A review of impacts on vegetation, soil, hydrology, and geomorphology. *Water (Switzerland)*, 11(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/w11051042>

- Urretavizcaya, M. F. (2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Revista Bosque*, 31(2), 140-149. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002010000200007.
- Vega, A. A., Corral-Rivas, S., Corral-Rivas, J. J., & Diéguez-Aranda, U. (2022). Modelación de las estructuras diamétricas en bosques naturales de Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 75–101. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1187>
- Yildiz, O., Esen, D., Sarginci, M., & Toprak, B. (2010). Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia* Ten) ecosystems. *Journal of Environmental Biology*, 31(2), 11–13.
- Zavala, C. (2000). El fuego y la presencia de encinos. *Ciencia Ergo Sum*, 7(3), 269-276. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10401909.pdf>.

