



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.776>

Artículo

Regeneración natural de pino y encino bajo diferentes niveles de perturbación por incendios forestales

Pine and oak natural regeneration under different levels of forest fire disturbance

Ana Graciela Flores Rodríguez¹, José Germán Flores Garnica^{2*}, Diego Raymundo González Eguiarte¹, Agustín Gallegos Rodríguez¹, Patricia Zarazúa Villaseñor¹, Salvador Mena Munguía¹, Mónica Edith Lomelí Zavala² y Eliceo Ruíz Guzmán¹

Abstract

The behavior of forest fires varies due to various factors, where the level of severity conditions the response that ecosystems will have to fire, such as the ability of natural regeneration. Not much has been studied in this regard in Mexico, which has limited restoration strategies. Therefore, a comparative analysis of the natural regeneration of trees in three height ranges (0–0.30 m, 0.31–1.0 m and 1.1–3.0 m) was made, considering an experimental design with two factors: 1) different conditions of severity of the fire (without fire, moderate fire, extreme fire); and 2) three regions of pine-oak forests (*Sierra de Quila*, *Bosque La Primavera* and *Sierra de Tapalpa*). For the comparative analysis ANOVA and Tukey test were generated, based upon an experimental factorial design (region and severity). Results suggest that there is a significant difference between the conditions of severity of the fires and between the regions, for the height range of 0 to 0.30 m, with a greater regeneration in areas with moderate fires. This is highlighted, in *Tapalpa* where an average 160 000 ha⁻¹ individuals are estimated. In regard to the other regeneration strata (0.31–1.0 m and 1.1–3.0 m) no significant differences were found between the severities of fire conditions, only on the regeneration of pine. It is concluded that the occurrence of a moderate fire can lead to a higher incidence of natural regeneration.

Key words: fire, intermediate disturbance, fire regime, resilience, vegetation response, severity of forest fires.

Resumen

El comportamiento de los incendios forestales varía por diversos factores, entre los cuales el nivel de severidad condiciona la respuesta que tendrán los ecosistemas ante el fuego, como la capacidad de regeneración natural. En México, poco se ha estudiado al respecto, lo que ha limitado las estrategias de restauración. En este contexto, se realizó un análisis comparativo de la respuesta de la regeneración natural del arbolado en tres intervalos de altura (0–0.30 m, 0.31–1.0 m y 1.1–3.0 m), con un diseño experimental con dos factores: 1) diferentes condiciones de severidad del incendio (sin incendio, incendio moderado, incendio extremo); y 2) tres regiones de bosques de pino-encino (*Sierra de Quila*, *el Bosque La Primavera* y *la Sierra de Tapalpa*). Para el análisis comparativo se realizaron un ANOVA y una prueba de *Tukey*, con base en un diseño experimental factorial (región y severidad). Los resultados sugieren que existe una diferencia significativa entre las condiciones de severidad de los incendios y entre las regiones, para el intervalo de altura de 0 a 0.30 m, y se observa una mayor regeneración en las áreas con incendios moderados. Esto se confirma en *Tapalpa*, donde se estiman 160 000 individuos ha⁻¹ en promedio. En relación a los otros estratos de regeneración (0.31–1.0 m y 1.1–3.0 m) no se obtuvieron diferencias significativas entre las condiciones de severidad del fuego, solo en la regeneración de pino. Se concluye que la ocurrencia de un incendio moderado puede propiciar una mayor incidencia de regeneración natural.

Palabras clave: Fuego, perturbación intermedia, régimen del fuego, resiliencia, respuesta de la vegetación, severidad de incendios forestales.

Fecha de recepción/Reception date: 25 de mayo de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 14 de septiembre de 2020

¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México.

*Autor por correspondencia; correo-e: flores.german@inifap.gob.mx

Introducción

Los incendios son factores de perturbación a los cuales están expuestos los ecosistemas forestales año tras año, en todo México. En muchos casos afectan grandes extensiones del territorio nacional (Jardel *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2013), lo que provoca daños económicos, como pérdida de recursos maderables y otros de tipo ambiental (Rodríguez *et al.*, 2012), entre los cuales destacan las emisiones de diversos gases.

Sin embargo, es importante considerar que no todos los incendios forestales son iguales y que los ecosistemas no responden de la misma manera ante ese impacto. Por ejemplo, para las especies adaptadas al fuego como *Pinus douglasiana* Martínez, *P. durangensis* Martínez, *P. oocarpa* Schiede ex Schlecht. *P. devoniana* Lindl. (Rodríguez-Trejo y Fulé, 2003) y *P. hartwegii* Lindl. (Rodríguez-Trejo, 2001) este es un elemento que garantiza su permanencia (Madrigal *et al.*, 2011). Desde dicha perspectiva, el fuego tiene un papel relevante en la dinámica de casi todos los bosques y pastizales, ya que actúa como un componente que reinicia el ciclo de sucesión ecológica (Fitch, 2006). No obstante, esa dependencia también se relaciona con la severidad y frecuencia de los incendios (Alexander, 1982), las que condicionan los procesos y la temporalidad de la recuperación de los sistemas biológicos (Varner *et al.*, 2009).

Asimismo, se debe considerar que existe una relación entre la severidad y la cantidad de materia orgánica (combustible) que se consume; lo que a su vez, define la capacidad de recuperación de los mismos (Montorio *et al.*, 2014). Por ejemplo, una alta severidad se asocia con niveles bajos de recuperación de la vegetación y, por lo tanto, a factores de degradación como altas tasas de erosión y alteraciones en la respuesta hidrológica del suelo (Neris *et al.*, 2016).

Por otra parte, si el incendio no es tan severo, el fuego resulta benéfico para los organismos vivos (Juárez-Martínez y Rodríguez-Trejo, 2004), ya que influye en el desarrollo biológico, reproductivo, en la composición y estructura de la vegetación dentro de los ecosistemas adaptados al fuego (Márquez *et al.*, 2005).

Así, la presencia del fuego tiene tanto impactos negativos, como positivos sobre los bosques. Dentro de los primeros, causa la muerte de los árboles y elimina la cubierta vegetal; lo que facilita la erosión durante el primer año después de la perturbación, en particular (Bodí *et al.*, 2012). Entre los impactos positivos, algunas especies se favorecen por la apertura del dosel por donde penetra la luz solar, debido a la muerte de los árboles y arbustos, lo cual beneficia el crecimiento de especies intolerantes a la sombra (Juárez-Martínez y Rodríguez-Trejo, 2004). Otro aspecto positivo del fuego es la eliminación de la materia orgánica que cubre el suelo; con ello, se propicia la germinación y el establecimiento de las plántulas (Márquez *et al.*, 2005).

En especies de pinos como *P. greggii* Engelm. ex Parl., *P. attenuata* Lemmon y *P. patula* Schiede ex Schlecht. et Cham. (Rodríguez-Trejo y Fulé 2003), el fuego promueve la apertura de los conos serótinos para la liberación de las semillas, lo que propicia la regeneración natural (Vega, 2003). Sin embargo, dicho proceso es afectado por el fuego y se considera complejo, pues depende de una gran número de factores poco estudiados (Vega, 2003). No obstante, existen evidencias de que el fuego favorece una abundante regeneración natural, específicamente, en ecosistemas de coníferas, donde se ha observado que en las áreas incendiadas es más intensa que en las no incendiadas (Juárez-Martínez y Rodríguez-Trejo, 2004; Pérez-Gorostiaga *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2014); aunque con frecuencia el periodo de establecimiento, puede ser prolongado (Shatford *et al.*, 2007), o variar según las características de las masas forestales (De las Heras *et al.*, 2011).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en determinar si existe influencia del nivel de severidad de los incendios forestales en la regeneración natural de un bosque de pino-encino.



Materiales y Métodos

Área de estudio

La evaluación de la respuesta de la regeneración natural por grado de severidad se determinó en tres diferentes ecosistemas de bosque de pino-encino, los cuales se definieron en función de aspectos generales como: vegetación, clima, estructura, densidad y composición de especies. De esta forma, se consideraron tres diferentes condiciones, ubicados en tres regiones (Figura 1): Bosque La Primavera (20°36'34.50" N - 103°35'57.00" O), Sierra de Quila (20°17'53.60"N - 104° 2'47.24"O) y Sierra de Tapalpa (19°57'50.80" N - 103°47'0.70" O), regiones forestales que han sido afectadas por incendios forestales de diferente magnitud.

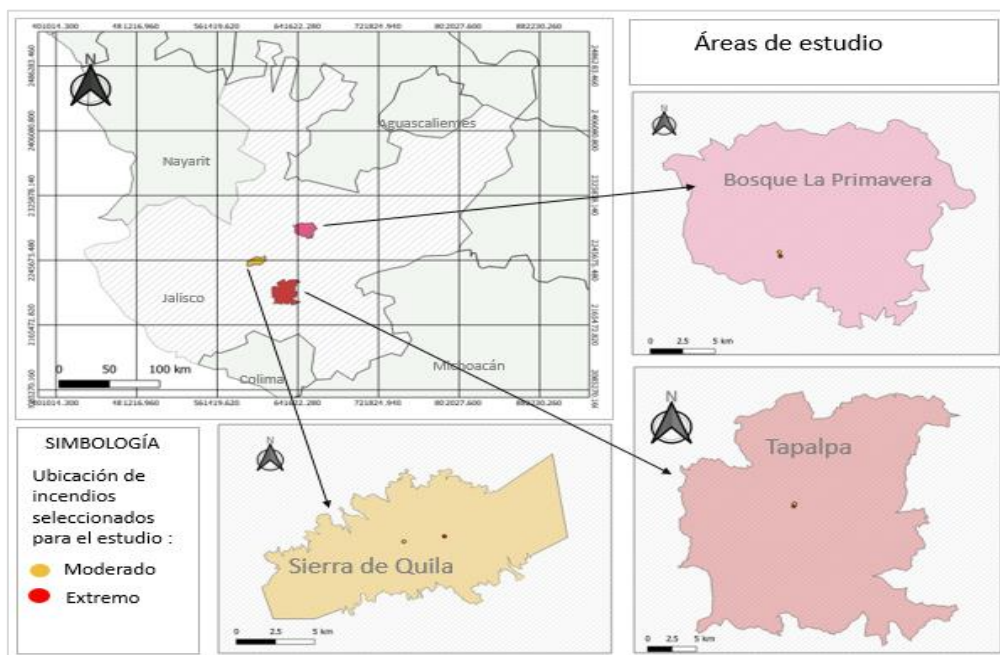


Figura 1. Localización de las regiones forestales y de los incendios seleccionados para el estudio.

En cada una de estas áreas se georreferenciaron los incendios forestales ocurridos en los últimos cinco años, a partir de información proporcionada tanto por el personal del Área de Protección de Flora y Fauna La Primera y del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila, como de las bases de datos referentes a incendios forestales de la Comisión Nacional Forestal (Conafor, 2020) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Gobierno del Estado de Jalisco (Semadet, 2018).

Evaluación de severidad

Después de ubicar los incendios forestales en cada una de las regiones, la selección de la condición de severidad de los mismos se determinó mediante recorridos en campo y la observación directa del estado de la vegetación local; de ello, resultaron las siguientes áreas (Figura 2):

Áreas sin incendios. Sitios en los que no se ha verificado ningún incendio forestal o que han pasado más de cinco años desde el último evento, y ya se reestableció la estructura del bosque.

Área con incendio moderado. Bosques en los que el incendio ocurrió una temporada de lluvias antes de la toma de datos, donde el fuego no afectó en su totalidad la estructura del bosque; se advierte un escorchado (altura de la marca del fuego en el fuste) por debajo de la mitad de la altura total del árbol, y la copa puede mostrar daño parcial.

Área con incendio extremo. Lugares en los que el fuego estuvo presente una temporada de lluvias antes de la toma de datos y destruyó casi en su totalidad la estructura y composición del bosque; aquí el escorchado supera la mitad de la altura total del árbol, y la copa tiene afectación parcial o total.





A = Sin incendio; B = Incendio moderado; C = Incendio extremo.

Figura 2. Ecosistemas de bosque de pino-encino con las tres condiciones de severidad de incendios.

Diseño experimental

Se trabajó con un diseño experimental factorial, compuesto por dos factores: 1) Regiones (Bosque La Primavera, Sierra de Quila y Tapalpa); y 2) Condiciones (sin incendio, incendio moderado e incendio extremo). Lo anterior, dio un total de nueve tratamientos, de los cuales se consideraron tres repeticiones (sitios) que se eligieron de manera aleatoria dentro de cada una de las condiciones de severidad por región, lo que resultó en 27 sitios de muestreo.

Evaluación de sitios

En los 27 sitios se realizó el inventario (conteo de individuos y toma de datos dendrométricos) del arbolado en pie y de la regeneración; se utilizó una unidad de muestreo de forma circular de 400 m², en la cual se registraron los siguientes datos de los ejemplares adultos ($DN \geq 7.5\text{cm}$): altura total, con un hipsómetro Laser (*Forestry Pro Niko 8381*); diámetro normal y diámetro de copa, con una cinta diamétrica (*Forestry Suppliers Inc. 283d*); altura de quemado, con un flexómetro (*Urrea 1599LSW*); porcentaje de copa quemada, determinado con la delimitación estimada de forma visual del área de la copa con muerte regresiva, al que se le asignó un porcentaje.

En cada sitio de muestreo, también se ubicaron círculos más pequeños en donde se contabilizó y midió la regeneración del arbolado en tres diferentes intervalos de altura de la siguiente manera: a) la regeneración inmediata posterior al incendio, para la cual se consideró a los individuos emergentes con alturas inferiores a 0.30 m, que se contaron y midieron en tres sub sitios de 5 m², orientados a 0°, 120° y 240° y a 5.64 m del centro; b) la regeneración con una altura de 0.31 m a 1.0 m que se midió en un círculo de 100 m²; y c) la regeneración con más años de vida, con alturas de 1.1 m a 3.0 m en un área de 200 m² (Figura 3).

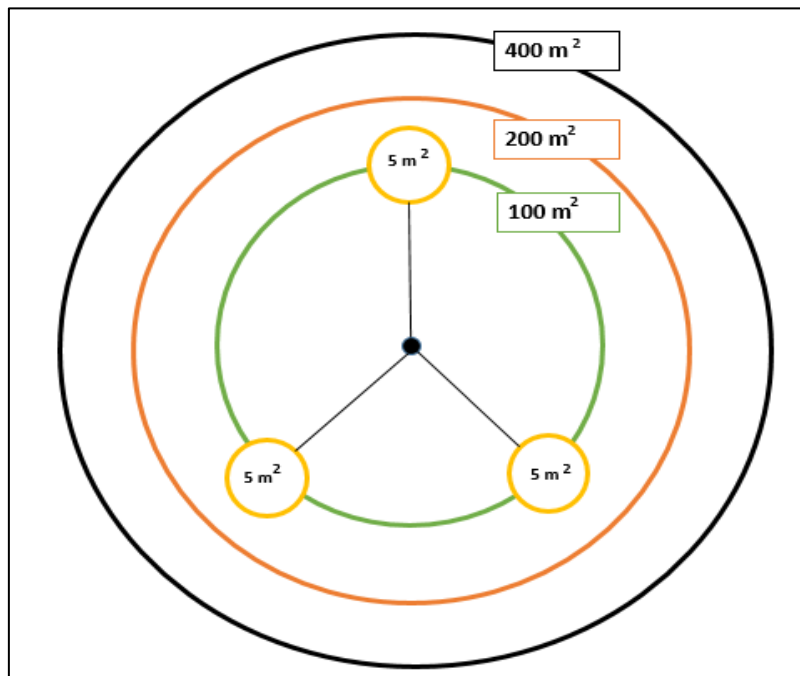


Figura 3. Forma de sitio de muestreo para la toma de datos: a) regeneración de 0 a 0.30 m (5 m²); b) regeneración de 0.31 a 1.0 m (100 m²); c) regeneración de 1.1 a 3.0 m (200 m²) (Flores *et al.*, 2019).



Análisis de datos

La información de campo se ordenó en una base de datos de manera organizada y sistemática para su evaluación, y se aplicó un análisis de varianza ($p=0.05$) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y una prueba de *Tukey* ($p= 0.05$). Este análisis se hizo por separado para cada uno de los intervalos de altura de la regeneración, mediante el programa estadístico *InfoStat* (Balzarini *et al.*, 2008).

Resultados

Regeneración de 0 a 0.30 m

Tapalpa fue la región en donde se registró la regeneración más alta de pino con altura menor a 0.30 m, y la presencia de plántulas en las tres condiciones evaluadas (sin incendio, incendio moderado e incendio extremo), así como el mayor número de individuos (160 000 plántulas en promedio por ha^{-1}) en el área de incendio moderado. En el Bosque La Primavera se calcularon 22 806 individuos en promedio por ha^{-1} para la zona de incendio moderado, 20 393 para el área de incendio extremo y ninguno en la correspondiente a sin incendio. Finalmente, en la Sierra de Quila solo se estimaron 12 061 individuos en promedio por ha^{-1} en el área de incendios moderados (Figura 4).

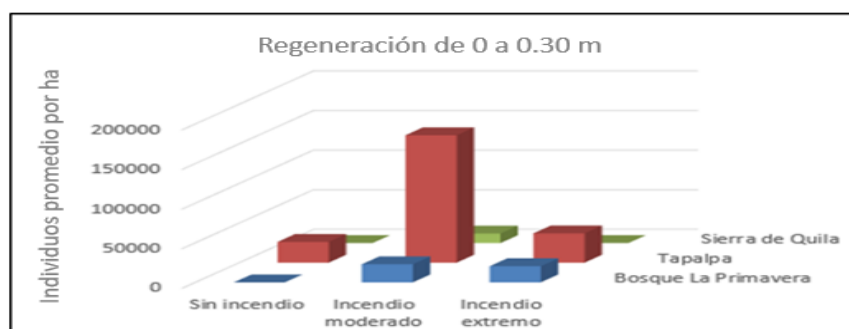


Figura 4. Comparación del número de individuos de pino de 0 a .30 m, por región y por condición.

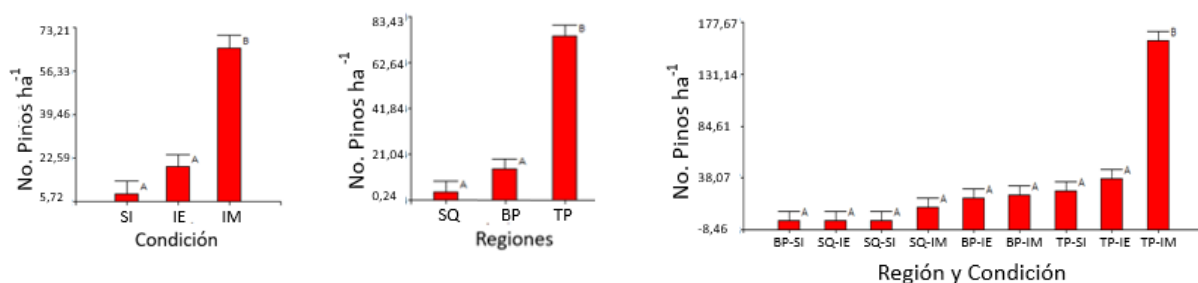
Por su parte la regeneración de encino, para este intervalo de altura fue nula. El análisis de varianza mostró diferencia significativa, tanto para la región como para la condición y la interacción región por condición, ($p < 0.05$); lo que indica un grado muy bajo de error (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de Varianza de los factores y su relación con los individuos de pino de 0 a 0.30 m.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	183 313.44	8	22 914.18	37.34	<0.0001
Región	78 834.38	2	39 417.19	64.24	<0.0001
Condición	48 848.06	2	24 424.03	39.80	<0.0001
Región*Condición	55 631.00	4	13 907.75	22.67	<0.0001
Error	44 179.59	72	613.61		

Los resultados de la prueba de *Tukey* evidenciaron que ocho de los nueve tratamientos no son estadísticamente diferentes y que solo existe una diferencia significativa entre las condiciones de severidad de los incendios y entre las regiones de muestreo para Tapalpa, con la condición de incendio moderado (Figura 5).



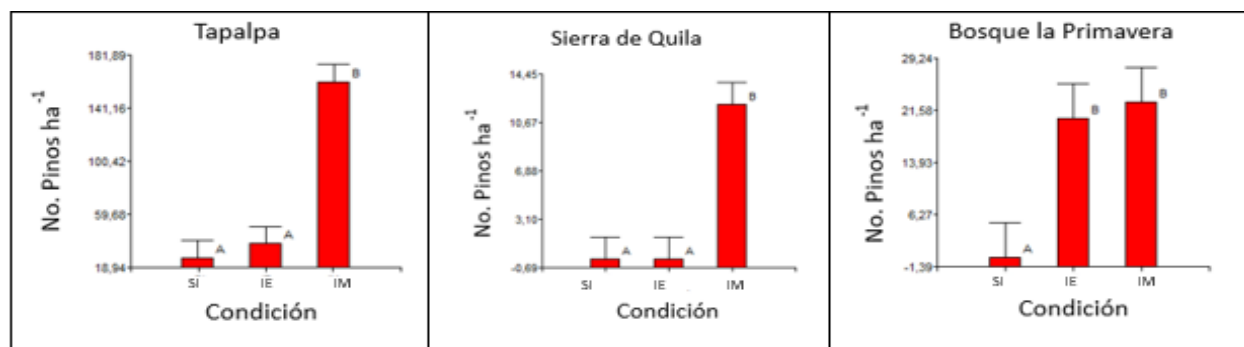


SI = Sin incendio; IE = Incendio extremo; IM = Incendio moderado; BP = Bosque La Primavera; SQ = Sierra de Quila; TP = Tapalpa. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Figura 5. Intervalos de medias de la regeneración de pino con alturas de 0 a 0.30 m, en las tres diferentes regiones y condiciones de severidad.

Al analizar cada una de las regiones por separado, se advirtió una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el número de individuos de pino de las áreas sin incendio e incendio extremo, comparadas con las de incendio moderado, en las cuales se reúne el mayor número de individuos de regeneración. Sin embargo para el Bosque La Primavera, la tendencia es un poco diferente, ya que no existieron diferencia significativa entre la presencia de pinos de alturas pequeñas y las áreas de incendio extremo y las de incendio moderado; aunque, se confirmó una diferencia significativa en las áreas sin incendio, en donde la regeneración fue menos abundante (Figura 6).





SI = Sin incendio; IE = Incendio extremo; IM = Incendio moderado. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Figura 6. Intervalos de medias por región de la regeneración de pino con alturas de 0 a 0.30 m, en las tres condiciones de severidad.

Regeneración de 0.31 a 1 m

En esta categoría la regeneración no fue tan abundante como la de alturas más pequeñas; ahí la densidad promedio máxima fue de 167 individuos por ha^{-1} correspondientes al área sin incendio del Bosque La Primavera, seguido de un promedio de 67 individuos por ha^{-1} para la de Tapalpa. Respecto a las áreas de incendio extremo del Bosque La Primavera y Tapalpa, la de incendio moderado en Tapalpa y el área sin incendio en Sierra de Quila no registraron la presencia de ningún individuo de regeneración de pino (Figura 7).



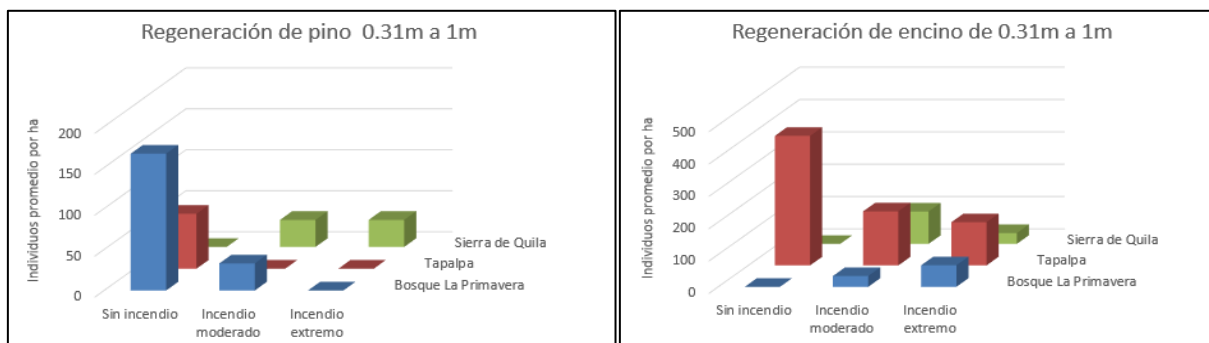


Figura 7. Comparación del número de individuos de pino y de encino de 0.31 a 1 m, por región y condición.

La regeneración de encino resultó más numerosa que la de pino, y en la región de Tapalpa en el área sin afectación por incendio en particular, se observó la mayor cantidad, con un promedio de 400 individuos por ha^{-1} . No obstante, para el Bosque La Primavera y Sierra de Quila en las áreas sin presencia de fuego no se registró ningún individuo de regeneración de encino (Figura 7).

A pesar de verificarse un mayor número de individuos de regeneración de pino con alturas de 0.31 m a 1 m, en las áreas sin incendio, tanto para el Bosque La Primavera como para Tapalpa, los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre las condiciones de severidad del fuego, ni entre las regiones de estudio, solo con respecto a la regeneración de pino. Por lo tanto, en los análisis estadísticos también se incluyó la regeneración de encino de los sitios de muestreo. Tampoco se reveló una diferencia significativa entre la regeneración y las diferentes condiciones de afectación por fuego ($p > 0.05$) (Cuadro 2).



Cuadro 2. Análisis de Varianza de los factores y su relación con los individuos de pino y encino de 0.31 a 1 m.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	432 556.07	8	54 069.51	0.58	0.7807
Condición	72 133.63	2	36 066.81	0.39	0.6844
Región	183 111.19	2	91 555.59	0.98	0.3933
Región*Condición	177 311.26	4	44 327.81	0.48	0.7528
Error	1 675 868.00	18	93 103.78		

Regeneración de 1.1 a 3.0 m

La regeneración de pino de mayor altura fue la más escasa en todas las regiones y las condiciones, con un máximo de 17 individuos de pino en promedio por hectárea, únicamente registrada para el área sin incendio de Tapalpa y de incendio extremo en Sierra de Quila (Figura 8).



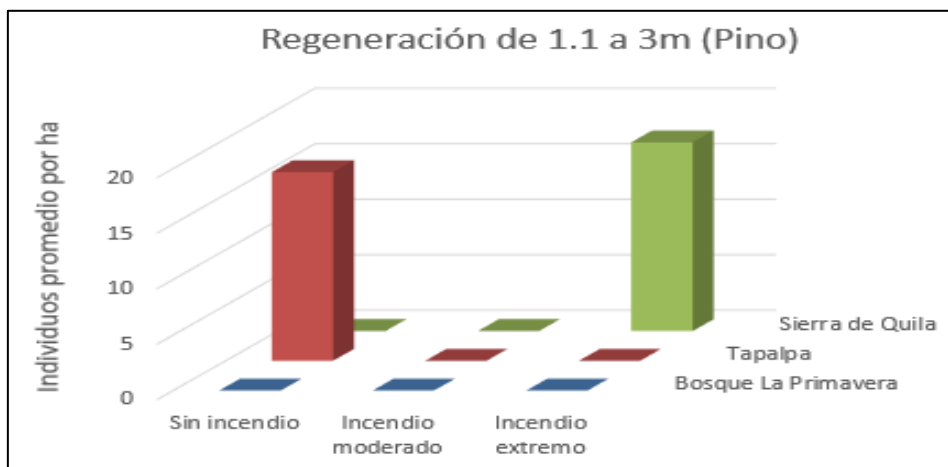


Figura 8. Comparación del número de individuos de pino de 1.1 a 3 m, por región y condición.

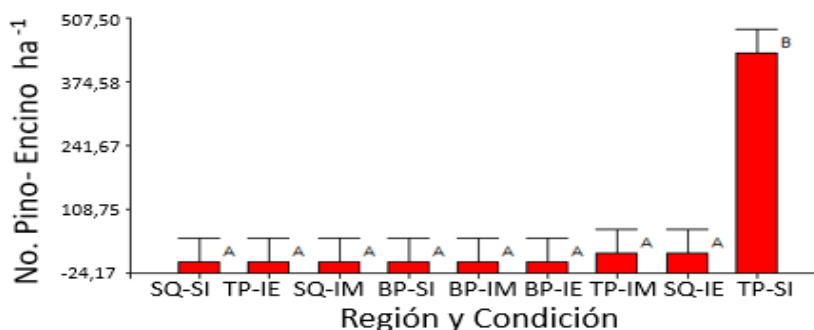
En cuanto al análisis estadístico relativo a la regeneración con alturas de 1.1 a 3 m, no se obtuvieron diferencias significativas entre las condiciones de severidad del fuego, solo referente a la regeneración de pino en las regiones. No obstante, al considerar tanto la regeneración de pino como la de encino, se observó una diferencia significativa en la presencia de individuos jóvenes en el estrato de 1.1 a 3 m, tanto para las condiciones como para las regiones; con un valor de $p < 0.05$, lo que indicó un grado aceptable de error (Cuadro 3).



Cuadro 3. Análisis de Varianza de los factores y su relación con los individuos de pino y encino de 1.1 a 3 m.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo	492 407.41	8	61 550.93	8.21	0.0001
Condición	115 740.74	2	57 870.37	7.72	0.0038
Región	130 185.19	2	65 092.59	8.68	0.0023
Región*Condición	246 481.48	4	61 620.37	8.22	0.0006
Error	135 000.00	18	7 500.00		

Sin embargo, la prueba de *Tukey* evidenció que esta diferencia solo correspondió a la región de Tapalpa y en el área sin incendio (Figura 9), en donde se calcularon 433 individuos ha⁻¹ en promedio.



SI = Sin incendio; IE = Incendio extremo; IM = Incendio moderado; BP = Bosque La Primavera; SQ = Sierra de Quila; TP = Tapalpa. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Figura 9. Intervalos de medias de la regeneración de pino y encino con alturas de 1.1 m a 3.0 m.

Discusión

En cuanto a la regeneración de menor altura (de 0 a 0.30 m) se apreció una alta tasa de individuos en áreas con afectación moderada de incendios forestales, lo cual también lo consignaron Juárez-Martínez y Rodríguez-Trejo (2004), quienes determinaron en áreas incendiadas de Oaxaca mayor regeneración de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., que en las no incendiadas. Esto puede relacionarse con la disminución considerable de la capa de hojarasca y fermentación acumulada en el suelo forestal. Aunque no se evaluó ese aspecto en el presente trabajo, la cobertura del suelo fue muy evidente en la región Sierra de Quila en donde la capa de hojarasca y fermentación en las áreas no afectadas por incendios superaban en algunas zonas los 20 cm de profundidad y en las que no se registró ningún individuo de regeneración de ninguna altura. Mientras que, en las áreas con presencia de un incendio moderado, la capa de hojarasca no superaba los 5 cm, lo que permitió que las plantas emergentes lograran crecer y fijarse al suelo (Figura 10); esto abre la posibilidad de continuar el estudio con respecto a la evaluación de las variables ambientales afectadas por el incendio que pueden influir en el proceso.



Figura 10. Profundidad de la capa de cobertura del suelo en Sierra de Quila. Izquierda área sin incendio. Derecha área con incendio moderado, en donde se puede apreciar un brote joven de pino.

La relación de la cobertura de suelo (capa de hojarasca y fermentación) con la regeneración natural de pino después de incendios forestales, se ha visto en especies como *Pinus pinaster* Ait. y se relaciona con la densidad inicial y la supervivencia de los ejemplares, aunado con otros factores como la pedregosidad del terreno y la erosión (Madrigal *et al.*, 2005). Además, aunque los combustibles forestales protegen el sustrato, es fundamental que la capa que cubre el piso forestal se reduzca para que las semillas entren en contacto directo con el suelo y la vegetación se desarrolle (Flores y Moreno, 2005; Márquez *et al.*, 2005).

Por otra parte, este incremento de la regeneración de pino después de un incendio moderado se puede atribuir, simplemente, a la liberación de las semillas; debido a que las altas temperaturas deshidratan los tejidos de los conos y favorecen su liberación, como sucede con *Pinus halepensis* Mill. (Barbero *et al.*, 1987), *P. banksia* Lamb. (Chandler *et al.*, 1983) y *P. brutia* Ten. (Lotan, 1975). Asimismo, las tasas de germinación de especies como *Pinus sylvestris* L. y *P. pinaster* no son afectadas por la temperatura provocada por los incendios forestales (Reyes y Casals, 2000).

Por otra parte, es muy notoria la diferencia entre el establecimiento de la regeneración pequeña (0 a 0.30 m), la cual fue muy abundante, en comparación al de la regeneración de mayor tamaño (de 0.31 a 1 m y de 1.1 a 3 m); esto se explica por la frecuencia de los incendios, ya que si se presenta un incendio cada dos a tres años en el mismo lugar, se afecta la regeneración ya establecida y propicia, quizás, la emergencia de nuevas plántulas, pero elimina la que estaba presente con anterioridad, lo cual evita una continuidad del ciclo de crecimiento del bosque. Si la frecuencia de los incendios es más prolongada, habría el tiempo suficiente para el establecimiento de la regeneración y su supervivencia. Un ejemplo de esto, en ecosistemas mexicanos, es el parque ecológico de Chipinque (Nuevo León), en donde existe una cobertura de copa de 100 % y una sobreposición de copas en bosques de encino y pino, después de 12 años de la ocurrencia de un incendio (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2011). En el estado de Jalisco, específicamente en el Bosque La Primavera, algunas áreas afectadas por incendios después de cinco años exhiben una exitosa

regeneración de *Pinus oocarpa*, especie que muestra adaptaciones al impacto frecuente del fuego (Sánchez *et al.*, 2014).

Por lo anterior, para futuros trabajos es importante considerar, además de la regeneración inmediata posterior a un incendio, la supervivencia de esta regeneración a lo largo del tiempo y la frecuencia con la que los incendios impactan al ecosistema.

Conclusiones

La ocurrencia de incendios moderados propicia una mayor incidencia de regeneración natural pequeña (0 a 0.30 m) de pino en las tres áreas de estudio.

La presencia de regeneración media (0.31 a 1.0 m) y alta (1.1 a 3 m) es más abundante en las áreas sin incendio, por lo cual es recomendable monitorear tanto su frecuencia como la supervivencia y adecuada densidad de la regeneración con el transcurso de los años.

El uso del fuego de forma controlada, a través de quemas prescritas, podría emular las características de un incendio moderado y así considerarse como una medida de mitigación del impacto negativo de los incendios forestales, de tal modo que se tienda a generar efectos positivos del fuego en la regeneración natural.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del personal del APFF La Primavera y del APFF Sierra de Quila, así como al técnico forestal Luis Evelio Colín Recillas para la ejecución de este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Ana Graciela Flores Rodríguez: desarrollo de los análisis estadísticos, interpretación de resultados, estructura y redacción del manuscrito; José Germán Flores Garnica: interpretación de resultados, estructura y redacción del manuscrito; Diego Raymundo González Eguiarte: desarrollo de los análisis estadísticos e interpretación de resultados; Agustín Gallegos Rodríguez, Patricia Zarazúa Villaseñor y Salvador Mena Munguía: análisis de la información, revisión de procesos y del documento; Mónica Edith Lomelí Zavala y Eliceo Ruíz Guzmán: procesamiento de la información de campo.

Referencias

Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M. Pando-Moreno, O. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. 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. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.05.032.

Alexander, M. E. 1982. Calculating and interpreting forest fires intensities. *Canadian Journal of Botany* 60: 349-357. Doi: 10.1139/b82-048.

Balzarini, M. G., L. González, M. Tablada, F. Casanoves, J. A. Di Rienzo y C. W. Robledo. 2008. *Manual del Usuario*. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 336 p.

Barbéro, M., R. Loisel, P. Quézel, D. M. Richardson and F. Romane. 1998. Pines of the Mediterranean Basin. *In*: Richardson, D. M. (ed.). *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. pp. 153-170.

- Bodí, M. B., A. Cerdá, J. Mataix S. y S. H. Doerr. 2012. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *Boletín Asociación de Geógrafos Españoles* 58: 33-55. Doi: 10.21138/bage.2058.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2020. Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal. Comisión Nacional Forestal. <https://snigf.cnf.gob.mx/> (21 de junio de 2020).
- Chandler, C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud and D. Williams. 1983. Fire in Forestry Volume I. Forest fire behavior and effects. J. Wiley and Sons. New York. New York, NY, USA. pp. 171-2202.
- De las Heras, J., R. Alfaro-Sánchez, E. J. Hernández-Tecles, J. Hedo y D. Moya. 2011. Restauración y manejo de pinares de pino carrasco tras incendio en el sureste de la península ibérica. *Boletín del CIDEU* 10: 63-79.
- Fitch, H. S. 2006. Ecological succession on a natural area in northeastern Kansas from 1948 to 2006. *Herpetological Conservation and Biology* 1(1): 1-5. herpconbio.org/volume_1/issue_1/Fitch_2006.pdf (15 de abril de 2020).
- Flores G., J. G. y D. A. Moreno G. 2005. Modelaje espacial de la influencia de combustibles forestales sobre la regeneración natural de un bosque perturbado. *Agrociencia* 39(3):339- 349.
- Flores G., J. G., A. G. Flores R., M. E. Lomelí Z., E. Ruíz G. y J. M. García B. 2019. Caracterización de la regeneración en áreas impactadas por incendios forestales del estado de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, CIRPAC-INIFAP. Tepatitlán, Jal., México. 52 p.
- Gómez M., L. P., J. G. Flores G., L. R. Centeno E., V. Guerra C., J. Xelhuantzi C., A. A. Chávez D. y J. Cerano P. 2013. Sitios Permanentes de Investigación en incendios forestales (Guía Técnica para la Evaluación y Monitoreo). Folleto Técnico Núm.1. INIFAP-CIRPAC. Tepatitlán, Jal., México. 100 p.

Jardel P., E. J., R. Ramírez V., F. Castillo N., S. García R., O. E. Balcázar M., J. C. Chacón M., y J. E. Morfín R. 2006. Manejo del fuego y restauración de bosques en la reserva de la biosfera sierra de Manantlán, México. *In: Flores-Garnica, J. G. y D. A. Rodríguez-Trejo (Eds.). Incendios Forestales. Mundi Prensa-Conafor. México D. F., México. pp. 214-242.*

Juárez-Martínez, A. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2004. Efecto de los incendios forestales en la regeneración de *Pinus oocarpa var. ochoteranae*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(2): 125-130.

Lotan, J. E. 1975. The role of cone serotiny in lodgepole pine forests. *In: Baumgartner, D. M. (ed.). Proceedings, Symposium on Management of Lodgepole Pine Ecosystems. 9-10 October 1973. Washington State University. Pullman, WA, USA. pp. 471-495.*

Madrigal, J., C. Hernando, E. Martínez, M. Guijarro, y C. Díez. 2005. Regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. en la Sierra Guaderrama: modelos descriptivos de los factores influyentes en la densidad inicial y la supervivencia. *Investigaciones Agrarias: Sistemas de Recursos Forestales* 14(1): 36-51.

Madrigal, J., C. Hernando y M. Guijarro 2011. El papel de la regeneración natural en la restauración tras grandes incendios forestales: el caso del pino negral. *Boletín del CIDEU* 10: 5-22.

Márquez L., M. A., E. Jurado, y C. López G. 2005. Efecto del fuego en el establecimiento de *Arctostaphylos pungens* HBK, en ecosistemas templados semihúmedos de Durango, México. *Madera y Bosques* 11(2): 35-48.

Doi: 10.21829/myb.2005.1121255.

Montorio L., R., F. Pérez C., A. García M., L. Vlassova y J. De la Riva F. 2014. La severidad del fuego: revisión de conceptos, métodos y efectos ambientales. *In:* Arnáez, J., P. González-Samperiz, T. Lasanta y B. Valero-Garcés (Eds.). Geología, cambio ambiental y paisaje, homenaje al profesor José María García Ruiz. Instituto Pirenaico de Ecología, Universidad de La Rioja. La Rioja, España. pp. 427-440.

Neris, J., J. C. Santamarta, S. H. Doerr, F. Prieto, J. Aguallo P. and P. García V. 2016. Post-fire soil hydrology, water erosion and restoration strategies in Andosols: a review of evidence from the Canary Islands (Spain). *iForest-Biogeosciences and Forestry* 9(4): 1-10. Doi: 10.3832/ifor1605-008.

Pérez-Gorostiaga R., P., J. A. Vega H., T. Fonturbel L., C. Fernández F. y E. Jiménez C. 2009. Efectos de la severidad del fuego forestal en el suelo sobre la germinación y supervivencia inicial de plántulas de *Pinus pinaster* Ait. *In:* S.E.C.F.-Junta de Castilla y León (eds.). Memorias del 5º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Castilla y León, España. pp. 2-10.

Reyes, O y M. Casals. 2000. Comportamiento reproductivo tras fuego de especies forestales de Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 9:109-114.

Rodríguez-Trejo, D. A. 2001. Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 7(2): 145-151.

Rodríguez-Trejo, D. A. and P. Z. Fulé. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *International Journal of Wildland*. 12(1):23-37. Doi: 10.1071/WF02040.

Rodríguez S., F., J. R. Molina M. y M. Castillo S. 2012. Aproximación metodológica para la evaluación del impacto ecológico de los incendios forestales mediante el uso de teledetección especial, aplicación mediante el uso de imágenes Modis. *In:* González-Cabán, A. (ed.). Memorias del 4º Simposio Internacional Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales. United States Department of Agriculture and Forest Service. México, D.F., México. pp. 305-319.

Sánchez D., M., A. Gallegos R., G. A. González C., J. C. Castañeda G. y R. G. Cabrera O. 2014. Efecto del fuego en la regeneración de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 5 (24):126-143.

Doi: 10.29298/rmcf.v5i24.325.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (Semadet). 2018. Datos históricos de incendios forestales. <https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/datos-historicos-de-incendios-forestales> (18 de abril de 2020).

Shatford, J. P. A., D. E. Hibbs and K. J. Puettman 2007. Conifer regeneration after forest fire in the Klamath-Siskiyou: how much, how soon? Journal of Forestry 105(3): 139-146. Doi: 10.1093/jof/105.3.139.

Varner, J. M., F. E. Putz, J. J. O'Brien, J. K. Hiers, R. J. Mitchell and D. R. Gordon. 2009. Post-fire tree stress and growth following smoldering duff fires. Forest Ecology and Management (258): 2467–2474. Doi: 10.1016/j.foreco.2009.08.028.

Vega H., J. A. 2003. Regeneración del género *Pinus* tras incendios. In: Actas de la IIIa Reunión sobre regeneración natural IV reunión sobre ordenación de montes Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 15:59-68.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.