



¿Cómo se regenera el pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.) en la Sierra de Teleno (León, España)?

Kevin L. Romeo, Rayo Pinto, Reyes Tárrega, *[Leonor Calvo](mailto:leonor.calvo@unileon.es)

Área de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León (España)

*Autor de correspondencia: leonor.calvo@unileon.es

Resumen

Los cambios en las condiciones climáticas y en el uso del suelo han provocado un aumento en la recurrencia y severidad de los incendios en zonas propensas al fuego como los ecosistemas mediterráneos dominados por pinos. Los pinares de La Sierra del Teleno (León) se han visto históricamente afectados por numerosos incendios, destacando por su extensión los ocurridos en los años 1998 y 2012. El objetivo de este estudio es determinar el efecto de la recurrencia del fuego sobre el potencial reproductor de la especie arbórea dominante, pino resinero, en la Sierra del Teleno. Se seleccionaron zonas quemadas por un solo incendio en los últimos 30 años, ocurrido en 2012, y zonas quemadas por dos incendios, uno en 1998 y otro en 2012. En estas zonas de estudio se realizaron muestreos de la comunidad vegetal (cobertura de las especies de matorral) y de la población de pinos (características morfológicas del pino resinero, características de las piñas y propiedades de los piñones). Además, se estudió la viabilidad germinativa de los piñones. Los resultados ponen de manifiesto que la cobertura de las especies de matorral es mayor en zonas quemadas dos veces frente a las quemadas una sola vez. La cobertura de pinos presenta el patrón opuesto. Tanto las características morfológicas de los pinos (edad, altura y diámetro) como las características reproductivas (número de piñas y tamaño de las mismas) son significativamente mayores en las zonas quemadas una sola vez. Así mismo, las zonas que han sufrido un solo incendio tienen mayores porcentajes de germinación de sus semillas. En general, se ha observado que los pinos más desarrollados (de 6 años) son los que producen piñas de mayor tamaño, que a su vez albergan los piñones más grandes y con mayores posibilidades de germinar.

Palabras clave: grandes incendios, adaptaciones, pino marítimo, recurrencia y severidad

Introducción

El fuego es uno de los principales elementos modeladores de la diversidad ecológica en los ecosistemas mediterráneos¹. Las condiciones climáticas (caracterizadas por las sequías estivales), edáficas, geomorfológicas y biogeográficas influyen en que de forma natural haya incendios en estos ecosistemas². A estos factores de origen natural debemos sumar las interacciones con el hombre como elementos clave para entender el aumento histórico en la recurrencia y severidad de los incendios³. En general, en aquellas áreas que sufren una alta

recurrencia de incendios se produce una disminución de la superficie ocupada por comunidades arboladas y aumentan los matorrales. Al mismo tiempo se ha encontrado que hay una disminución de su resiliencia (capacidad de recuperación después de una perturbación) al incendio, incluso en ecosistemas localizados en áreas propensas al fuego⁴.

En España, entre los ecosistemas más afectados por los incendios destacan los dominados por pinos resineros (*Pinus pinaster* Ait.),

representando el 33% del total de incendios⁵. Una de las zonas con dominio de pinos resineros donde se concentra la mayor recurrencia de incendios es el pinar de la Sierra del Teleno (León). Entre los incendios que se pueden destacar en los últimos años, están los ocurridos en 1991 (donde se quemaron 1400 ha), 1997 (400 ha), 1998 (aproximadamente 3000 ha) y 2012 (un total de 11000 ha)⁶. Esta alta recurrencia (número de incendios que afectan a una misma zona) ha determinado que esta población de pino resinero haya desarrollado una serie de adaptaciones que le permitan sobrevivir a los efectos del incendio^{7,8}. Entre estas estrategias se encuentran: (i) desarrollo de cortezas de mayor grosor (Figura 1.A), (ii) aumento en la proporción de conos seróticos (piñas que únicamente liberan sus piñones cuando se ven sometidas a altas temperaturas) (Figura 1.B), y (iii) producción de semillas viables a una edad más temprana⁹.

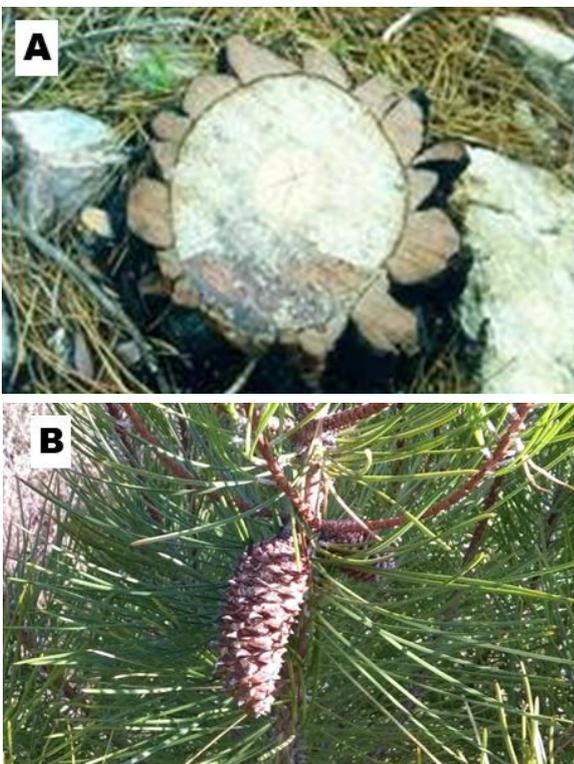


Figura 1. (A) Aumento en el grosor de la corteza del pino resinero. (B) Cono serótico de un individuo de la población de pino resinero de la Sierra del Teleno.

Existen numerosos estudios^{7,9} que han encontrado que la recuperación de esta población es muy buena, sin necesidad de aplicar medidas de gestión post-incendio a corto plazo, debido a esos caracteres adaptativos de la misma. Sin embargo, no se conoce muy bien cómo es la respuesta de esta población frente a situaciones nuevas de mayor recurrencia de incendios, ya que podría ocurrir que la población de pinos regenerada, después de un primer incendio, se encontrara en situación de no producir suficientes semillas frente al siguiente incendio. Por lo tanto, el objetivo de este estudio científico es analizar el efecto de la recurrencia del fuego en la capacidad reproductiva de la población de pino resinero situada en la Sierra del Teleno.

Material y métodos

El estudio se ha realizado en la Sierra del Teleno, situada en el suroeste de la provincia de León. El trabajo de campo se llevó a cabo en zonas afectadas por el incendio de 2012, donde se quemaron 11000 ha, y el incendio de 1998, que afectó a 3000 ha. Con el fin de analizar el efecto de la recurrencia de los incendios se seleccionaron 4 áreas de estudio: (i) dos de ellas en áreas quemadas una sola vez durante el incendio ocurrido en 2012 denominadas como recurrencia uno (R1) (Figura 2.A) y (ii) las otras dos situadas en el área quemada 2 veces, denominadas recurrencia dos (R2), afectadas por el incendio de 2012 y el de 1998 (Figura 2.B).

La distribución de los incendios nos permitió seleccionar zonas de muestreo próximas (Figura 3), situación gracias a la cual podemos establecer la recurrencia del fuego como único factor de variación.

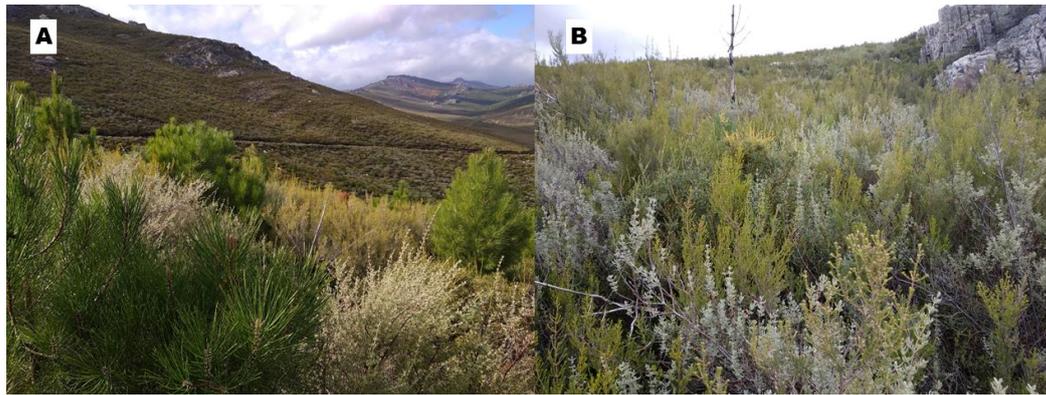


Figura 2. (A) Zonas de muestreo R1, tomada 6 años después del último incendio. (B) Zona de muestreo R2, tomada 7 años después del último incendio.

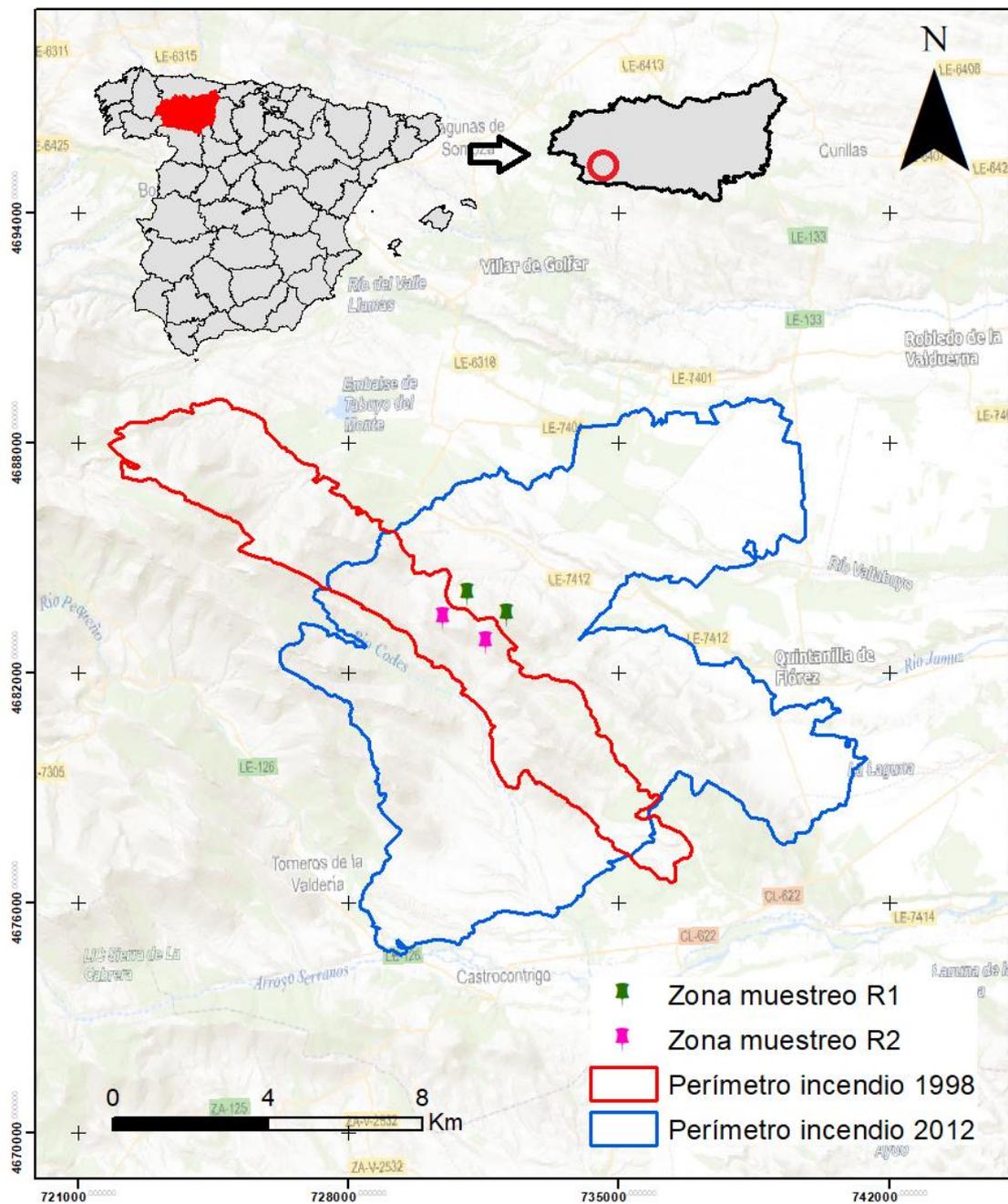


Figura 3. Localización de la zona de estudio con la delimitación de los perímetros de los incendios ocurridos en 1998 y 2012.

En cada zona de estudio se establecieron 5 transectos de 20 m x 1 m (Figura 4.A). En cada transecto se establecieron 10 unidades de muestreo de 1m² distribuidas de forma alterna. En cada unidad se estimó la cobertura visual de pino resinero y de las especies de matorral presentes en el sotobosque. La similitud en la riqueza de especies en ambas zonas nos llevó a descartar dicho parámetro. Se asumió cada uno de estos transectos como unidad de réplica experimental (Figura 4.B).

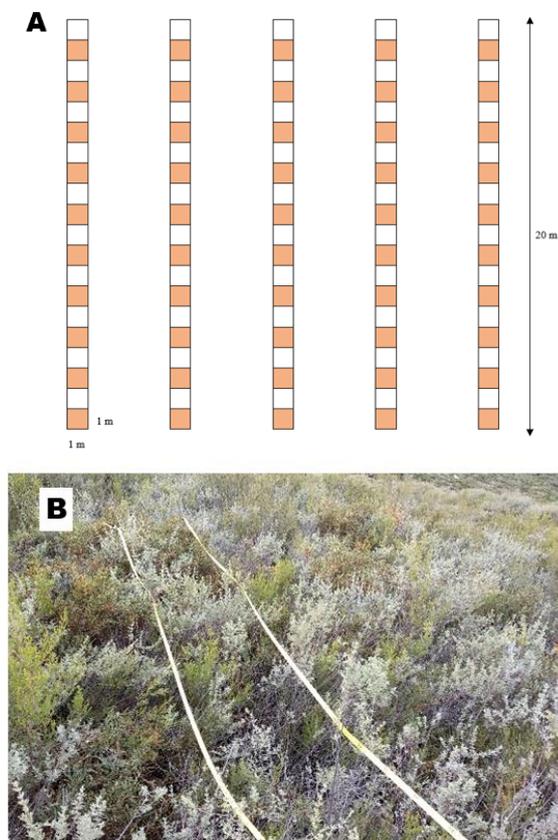


Figura 4. A) Esquema de muestreo. B) Transectos de 20 metros de longitud dentro de los cuales se establecieron de forma alterna las unidades de muestreo de 1m².

Con el fin de determinar el efecto de la recurrencia del incendio en las características morfológicas de los pinos se seleccionamos 10 ejemplares por transecto, de los cuales se registraban su altura, diámetro en la base del tronco y edad. La edad de los ejemplares se determinó realizando un conteo del número de internudos presentes en el tronco.

El análisis de los efectos de la recurrencia en las características reproductoras se llevó a cabo mediante la recogida de todas las piñas que se encontraban en los pinos seleccionados. De cada piña se determinó su peso, diámetro y longitud. Una vez realizadas estas mediciones, se obtuvieron los piñones de cada piña, sometiéndolas a calentamiento de 65 °C en una estufa de aire caliente durante 15 días, siguiendo la metodología establecida en estudios previos¹⁰. De cada piñón se registró su peso, grosor, diámetros máximo y mínimo y la viabilidad, para lo cual se dispusieron en placas de Petri. Semanalmente se regaron con agua destilada y se contabilizaba los piñones germinados. (Figura 5.A). El seguimiento se realizó durante un periodo de 30 días en condiciones controladas de luz y temperatura.



Figura 5. A) Cámara de germinación dentro de la cual se encuentran las placas Petri con los piñones para estudiar su germinación.

Resultados

Cobertura visual

El estudio de la cobertura en el sotobosque mostró una mayor cobertura de pino resinero (Figura 6.A) en las zonas afectadas por el fuego en una única ocasión, mientras que la cobertura de matorral (Figura 6.B) era mayor en aquellas áreas afectadas dos veces por el fuego.

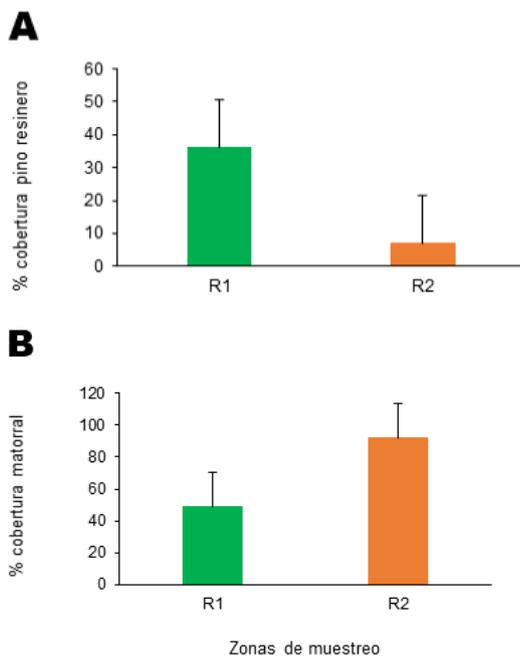


Figura 6. (A) Cobertura media de pino resinero y error típico en las zonas quemadas en una única ocasión (R1) y quemadas en dos ocasiones (R2). (B) Cobertura media de matorral y error típico en las zonas quemadas en una única ocasión y quemadas en dos ocasiones.

Características morfológicas de los pinos

Los principales resultados encontrados ponen de manifiesto el efecto de la recurrencia en las características morfológicas de los pinos regenerados. Una recurrencia de 2 incendios en los últimos 14 años reduce significativamente su altura, diámetro y edad (Figura 7).

Es decir, los pinos más pequeños son los situados en la zona afectada en dos ocasiones por la acción del fuego.

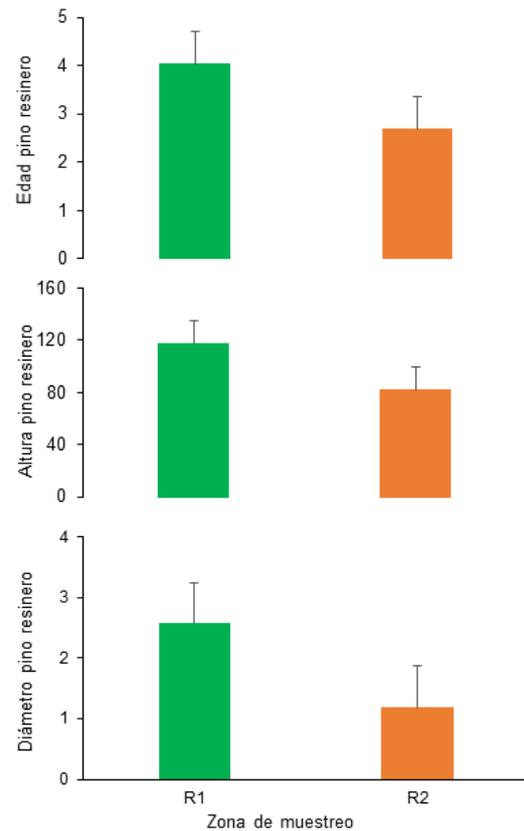


Figura 7. Edad (años), altura (cm) y diámetro medio (cm) de los ejemplares de pino resinero (valores medios y error típico) en las situaciones R1 (quemada en una única ocasión en los últimos 30 años) y R2 (quemada en dos ocasiones en los últimos 14 años).

Número de piñas

El número medio piñas encontradas por transecto es significativamente mayor en la zona afectada por un único incendio que en la zona donde el fuego ha actuado en dos ocasiones (Figura 8.A).

Los árboles situados en la zona afectada por dos incendios producir un menor número de piñas (56 piñas encontradas en la zona quemada una vez frente a 3 en la zona quemada dos veces), sin embargo, las piñas encontradas en la zona quemada en dos ocasiones presentan un mayor tamaño (Figura 8.B).

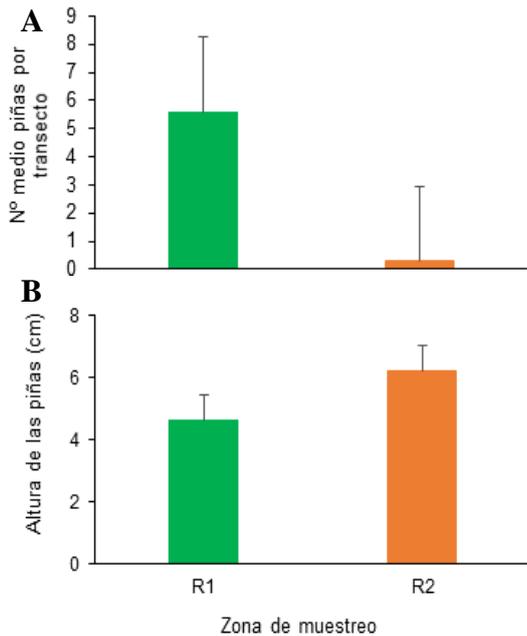


Figura 8. (A) Número medio de piñas por transecto y error típico en las zonas quemadas en una única ocasión (R1) y quemadas en dos ocasiones (R2). (B) Altura de las piñas (cm) en las zonas quemadas en una ocasión y quemadas en dos ocasiones.

Número, volumen, peso y porcentaje de viabilidad de los piñones

El número de piñones obtenido es muy superior en la zona afectada por el fuego en una única ocasión (1003 piñones) respecto a la zona afectada dos veces por el fuego (132 piñones). Cuando estos datos se comparan con el número de piñas, se observa una media de 53 piñones por piña en las zonas afectadas por un incendio y 44 piñones por piña cuando el fuego actúa en dos ocasiones.

Los piñones obtenidos de las piñas recogidas en la zona afectada por un único incendio presentan un mayor tamaño (Figura 9.A) y peso (Figura 9.B) respecto a los piñones pertenecientes a la zona quemada dos veces.

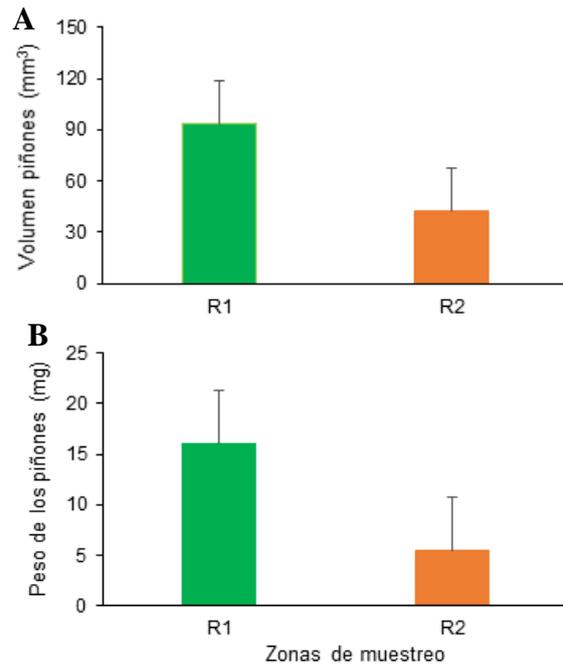


Figura 9. (A) Volumen de los piñones (mm³) y error típico en las zonas quemadas en una única ocasión (R1) y quemadas en dos ocasiones (R2). (B) Peso de los piñones (mg) en las zonas quemadas en una ocasión y quemadas en dos ocasiones.

También se ha encontrado que el porcentaje de piñones viables es mucho menor en la zona quemada en dos ocasiones por el fuego (2% de piñones viables) respecto a la zona quemada en una única ocasión (25%) (Figura 10).

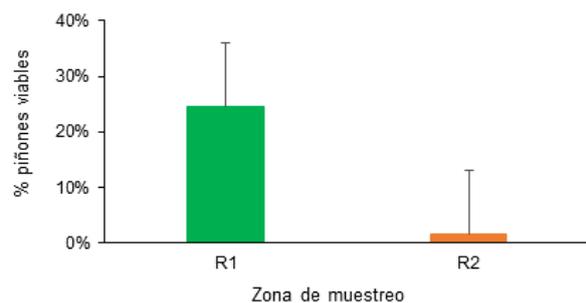


Figura 10. Porcentaje de piñones viables (valores medios y error típico) en las situaciones R1 (quemada en una única ocasión en los últimos 30 años) y R2 (quemada en dos ocasiones en los últimos 14 años).

Discusión

En general se ha observado que los pinos más grandes y de mayor edad son los que presentan mayor número de piñas, que a su vez tienen mayor número de semillas. Estas son más

grandes y tienen un porcentaje de germinación mucho mayor.

Por lo tanto, la recurrencia es un factor de gran relevancia en la recuperación de las poblaciones de pino resinero. Un estudio realizado por Tsitsoni¹¹, sobre *Pinus halepensis* Mill., establecía que en zonas de baja recurrencia la germinación del banco de semillas se veía favorecida, debido a la reducción en la competencia interespecífica e intraespecífica.

En nuestro caso, al igual que en el estudio antes mencionado, la población estudiada presenta una buena recuperación en las zonas que se han quemado una sola vez. Sin embargo; en aquellas que han sufrido dos incendios en los últimos años la recuperación del pinar se ve reducida, mientras la población de matorral se ve favorecida por esta situación. Esto se debe por una parte a los bajos requerimientos nutricionales de las especies de matorral presentes en esta zona¹², y por otra parte al efecto negativo de la recurrencia sobre las características reproductoras de pino resinero.

El efecto de la recurrencia se ve claramente en las características morfológicas de los pinos (edad, altura, diámetro), las cuales se relacionan con el número y tamaño de las piñas, características que a su vez están correlacionadas con las características reproductoras, tamaño^{13,14}, volumen, peso y viabilidad de los piñones^{15,16}.

En zonas de recurrencia uno encontramos una reserva de piñones en los conos serótinos con alta tasa de germinación y mayor cantidad de reservas (mayor volumen), mientras que en la zona de recurrencia dos encontramos un reservorio de piñones de menor número, con menor tasa de germinación y menor cantidad de reservas.

En este estudio se puede apreciar cómo la recurrencia condiciona la capacidad de recuperación tras un incendio pudiendo llegar a condicionar la dinámica de la vegetación y la pérdida de poblaciones arbóreas de interés si no se actúa. Es importante destacar que los ejemplares de pino resinero presentes en esta zona son capaces de producir semilla viable con únicamente 5 años de edad, una reducción notable respecto a los 15-20 años que los ejemplares de esta especie situados en otras zonas necesitan para alcanzar su madurez reproductiva¹⁸.

La modificación del régimen de incendios de los últimos años, debido al cambio global y los cambios de usos del suelo, principalmente por la despoblación de zonas rurales, hace que incluso poblaciones adaptadas al fuego puedan verse perjudicadas por estas nuevas condiciones. La variación de la dinámica de la vegetación, de un ecosistema dominado por especies arbóreas a uno dominado por matorrales, puede provocar una disminución en los recursos ecosistémicos, como pueden ser la disminución en la capacidad de secuestrar carbono atmosférico¹⁷, extracción de madera, de resina o recolección de setas, entre otros. Además, debido a que los ciclos forestales son más lentos que los humanos, estos efectos negativos no solo los sufriremos la actual generación sino también las generaciones venideras.

La gestión debe ir encaminada hacia la prevención de nuevos incendios y hacia una mayor eficacia en el uso de los recursos disponibles, usándolos para actuar sobre las zonas con mayor vulnerabilidad. Es importante que las medidas de gestión se apoyen en los

conocimientos científicos para poder hacer una mejor caracterización y localización de las zonas. El conocimiento de la resiliencia de las comunidades ante las perturbaciones nos permite prever su respuesta de modo que podamos actuar sobre ellas de forma más localizada y puntual para minimizar los daños con la menor cantidad de recursos posibles.

Una diferente recurrencia del fuego implica a su vez diferentes medidas de gestión. Mientras que en la zona afectada en una única ocasión por el fuego la alta densidad de nuevas plántulas de pino resinero hace necesario la extracción de algunos individuos para evitar que aumente el riesgo de incendios, en la zona afectada dos veces por el fuego se deben crear claros en las zonas de mayor densidad de matorral para permitir el correcto desarrollo de las plántulas de pino resinero que han logrado germinar.

Conclusiones

1ª.- En las zonas afectadas por un solo incendio en los últimos 30 años, la cobertura de los pinos es mayor, al igual que su tamaño, edad y tamaño de sus piñas. Así mismo, presentan piñones de mayor tamaño lo que favorece su germinación.

2ª.- La recurrencia de incendios con tiempos de retorno breves (14 años), impide que los pinos afectados por el incendio previo alcancen la madurez reproductiva plena antes de que el fuego actúe nuevamente sobre ellos. Esto reduce las posibilidades de regeneración del bosque, aumentando el tiempo necesario para que de forma natural se restablezca la situación previa a la acción del fuego.

3ª.- Tanto la severidad como la historia de fuegos, donde se incluye la recurrencia, deben ser tenidas

en cuenta a la hora de gestionar la recuperación de los ecosistemas.

Bibliografía

1. Heydari, M., Rostami, A., Najafi, F. y Dey, D.C. **Effect of fire severity on physical and biochemical soil properties in Zagros oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests in Iran.** *Journal of Forest Research* 28, 95-104 (2017).
2. Thom, D. y Seidl, R. **Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests.** *Biological Reviews*. 91(3), 760-781 (2016).
3. Fernández-García, V., Miesel, J., Baeza, M. J., Marcos, E. y Calvo, L. **Wildfire effects on soil properties in fire-prone pine ecosystems: indicators of burn severity legacy over the medium term after fire.** *Applied Soil Ecology* 135, 147-156 (2018).
4. Fernandes, P., Loureiro, C. y Botelho, H.S. **Fire behaviour and severity in a maritime pine stand under differing fuel conditions.** *Annals of Forest Science* 61, 537-544 (2004).
5. Pérez, B. y Moreno, J.M. **Fire-type and forestry management effects on the early postfire vegetation dynamics of a *Pinus pinaster* woodland.** *Plant Ecology* 134, 27-41 (1998).
6. Taboada, A., Tárrega, R., Marcos, E., Valbuena, L., Suárez-Seoane, S. y Calvo, L. **Fire recurrence and emergency post-fire management influence seedling recruitment and growth by altering plant interactions in fire-prone ecosystems L.** *Forest Ecology and Management* 402, 63-75 (2017).
7. Calvo, L., Santalla, S., Valbuena, L., Marcos, E., Tárrega, R. y Luis-Calabiug, E. **Post-Fire Natural Regeneration of a *Pinus pinaster* Forest in NW Spain.** *Plant Ecology* 197, 81-90 (2007).
8. Salvador, L., Alía, R., Agúndez, D. y Gil, L. **Genetic variation and migration pathways of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) in the Iberian peninsula.** *Theoretical and Applied Genetics* 100, 89-95 (2000).
9. Tapias, R., Climent, J., Pardos, J.A. y Gil, L. **Life histories of Mediterranean pines.** *Plant Ecology* 171, 53-68 (2004).
10. Reyes, O. y Casal, M. **Germination behaviour of 3 species of the genus *Pinus* in relation to high temperatures suffered during forest fires.** *Annals of Forest Science* 59, 327-334 (2002).
11. Tsitsoni, T. **Conditions determining natural regeneration after wildfires in the *Pinus halepensis* (Miller, 1768) forests of Kassandra Peninsula (North Greece).** *Forest Ecology and Management* 92, 199-208 (1997).
12. Taboada, A., Fernández-García, V., Marcos, E. y Calvo, L. **Interactions between large high-severity fires and salvage logging on a short return interval**



reduce the regrowth of fire-prone serotinous forests. *Forest Ecology and Management* 414, 54-63 (2018).

13. Arduini, I., Godbold, D.L. y Onnis, A. **Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait. seedlings.** *Tree Physiology* 15, 411-415 (1995).

14. Fernandes, P.M. y Rigolot, E. **The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.).** *Forest Ecology Management* 241, 1-13 (2007).

15. Álvarez, R., Valbuena, L. y Calvo, L. **Influence of tree age on seed germination response to environmental factors and inhibitory substances in *Pinus pinaster*.** *International Journal of Wildland Fire* 14(3), 277-284 (2005).

16. Escudero, A., Nuñez, Y. y Perez-García, F. **Is fire a selective force of seed size in pine species?** *Acta Oecologica* 21, 245-256 (2000).

17. Santana, V. M., González-Pelayo, O., Maia, P. A. A., Varela T., M. E., Valdecantos, A., Ramón Vallejo, V. y Keizer, J. **Effects of fire recurrence and different salvage logging techniques on carbon storage in *Pinus pinaster* forests from Northern Portugal.** *European Journal of Forest Research* 135(6), 1107-1117 (2016).

18. Tapias, R., Gil, L. y Pardos, J.A. **Respuesta al fuego de las semillas presentes en el suelo de un pinar de *Pinus pinaster* incendiado.** *Montes* 52, 115-120 (1998).