

# Regeneración natural posincendio del alerce europeo

José Vázquez Morís<sup>1</sup>,  
Giorgio Vacchiano<sup>2</sup>,  
Roberta Berretti<sup>3</sup>,  
Renzo Motta<sup>4</sup>,  
Davide Ascoli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dr. Ingeniero de Montes, DISAFA, Universidad de Turín

<sup>2</sup> Dr. Ciencias Forestales, DISAA, Universidad de Milán

<sup>3</sup> Dr. Ciencias Forestales, DISAFA, Universidad de Turín

<sup>4</sup> Profesor de Ecología Forestal y Silvicultura, DISAFA, Universidad de Turín

El alerce europeo (*Larix decidua*) domina el paisaje forestal en los valles internos de los Alpes occidentales. A pesar de su importancia, su respuesta a los incendios forestales apenas ha sido estudiada. En este trabajo se examina la hipótesis de que el alerce europeo es una especie resiliente al fuego. Para ello se establecieron 200 parcelas en nueve bosques de alerce afectados por incendios, en los cuales se estudió la regeneración natural. En parcelas con gravedad moderada y alta de fuego la regeneración fue satisfactoria aunque muy variable, lo que causó diferentes tipos de sucesión, mayoritariamente hacia masas puras y mixtas de alerce. El fuego tuvo un impacto positivo en la regeneración de alerce, ya que bajas coberturas de copas y distancias cortas a árboles supervivientes proporcionaron condiciones óptimas para su regeneración natural. Concluimos que el alerce europeo muestra un alto grado de resiliencia a los incendios de gravedad mixta.

*Palabras clave: Alpes; resiliencia; gravedad del fuego; sucesión*

## LOS BOSQUES DE ALERCE EN LOS ALPES OCCIDENTALES

El alerce europeo (*Larix decidua*) es una conífera caducifolia cuya área de distribución natural abarca principalmente los Alpes. En España se usa como especie ornamental en parques y jardines, aunque también se ha usado en plantaciones forestales. En el mundo existen diez especies del género *Larix* (Farjon, 2017), con numerosas subespecies e híbridos, que dan lugar a clasificaciones taxonómicas que pueden resultar contradictorias. El alerce europeo es la única especie del género *Larix* natural en Europa; el resto se encuentra en zonas boreales y cordilleras de América del Norte y Asia.

El alerce es una de principales especies arbóreas de los Alpes y domina el paisaje forestal en los valles internos de los Alpes occidentales. Las actividades silvopastorales tradicionales han tenido una gran influencia en la distribución y estructura de los actuales bosques de alerce. Muchos de estos bosques se mantenían con estructuras regulares y abiertas (< 300 pies/ha) gracias a la explotación de sus pastos, a la vez que se extraía madera y leña (Garbarino et al., 2011). El alerce era una especie muy apreciada, y se favorecía directamente mediante la plantación y protección de su regeneración con cercados o indirectamente eliminando la regeneración de especies competidoras.

Sin embargo, el uso silvopastoral se ha reducido drásticamente durante el último siglo, y esto ha llevado a que otras especies arbóreas dominen en el estrato inferior (Motta y Dotta, 1995). Los bosques de alerce siguen teniendo una importancia capital en los Alpes occidentales debido a su gran relevancia económica, paisajística, turística, recreativa, hidrológica, ambiental y la protección para las personas, edificios e infraestructuras contra avalanchas de nieve, caídas de rocas y corrimientos de tierra.

### ECOLOGÍA DEL FUEGO EN EL ALERCE

El alerce europeo es una especie heliófila y pionera de rápido crecimiento juvenil, a la vez que presenta una gran longevidad. Generalmente los bosques de alerce de los Alpes repre-

sentan un estadio de sucesión hacia otros tipos de bosque, tanto en el piso montano (800 a 1800 m) como en el piso subalpino (1.800 a 2.400 m) (Dotta y Motta, 2000). El piso montano no es la estación óptima para el alerce, donde normalmente está ligado a un uso intenso del territorio en el pasado o a eventos renovadores naturales como las avalanchas y corrimientos de tierra. En el piso subalpino la dinámica forestal es mucho más lenta, por lo que su sustitución por otras especies puede durar siglos (Motta y Lingua, 2005).

La ecología del fuego en el alerce europeo es muy poco conocida. Por lo general se consideró que el alerce europeo ocupaba zonas del paisaje forestal que raramente ardían. No obstante, otras especies de alerce habitan en ecosistemas donde los incendios son más frecuentes. Por ejemplo,

el fuego es fundamental en la dinámica de los bosques de alerce occidental (*Larix occidentalis*) en Estados Unidos (Schmidt y Shearer, 1995) y de alerce siberiano (*Larix sibirica*) en Siberia (Schulze et al., 2012). Ambas especies se consideran resistentes al fuego por la presencia de rasgos como la corteza gruesa, que protege el cámbium de temperaturas letales, y una fuerte poda natural que dificulta el ascenso del fuego a las copas (Pausas, 2012). Además, estos alerces encuentran en el ambiente posincendio condiciones adecuadas para su regeneración natural, con un suelo desprovisto de vegetación y mucha luz tras la muerte de la cobertura arbórea.

El cambio climático está interactuando con el abandono rural para cambiar el régimen de incendios en los Alpes occidentales. Mayores tem-

Foto nº. 1. Bosque de alerce en otoño en los Alpes italianos



José Vázquez Morís



Jose Vázquez Moris

Foto n.º 2. Gravedad del fuego alta

peraturas, periodos sin nieve más largos, sequías más frecuentes así como olas de calor más intensas están aumentando el riesgo de incendios (Valese et al., 2014). Además, el abandono de actividades tradicionales como el pastoreo está contribuyendo a la expansión de la superficie forestal y a una mayor carga de combustible en los bosques alpinos. Un cambio en el régimen de incendios es aparente desde hace décadas, y en los últimos años estamos asistiendo a un escenario donde los grandes incendios son más frecuentes y la superficie quemada alcanza cotas más altas (Valese et al., 2014). El objetivo de este estudio fue examinar la resiliencia del alerce europeo al fuego para conocer cómo estos bosques responden al fuego y si se regeneran con éxito tras los incendios. En Moris et al. (2017) se recoge de forma más detallada la metodología y los resultados.

### TRABAJO DE CAMPO

Se eligieron nueve incendios forestales que afectaron a bosques de alerce, uno en Francia y el resto en Italia, uno en el valle de Aosta y

siete en Piemonte (Tabla 1). Se establecieron de forma aleatoria entre 20 y 25 parcelas por incendio, sumando un total de 200 parcelas. Se excluyeron las áreas intervenidas tras

Tabla 1. Peso medio de semilla de diferentes especies forestales y comparación con *Eucalyptus nitens*

Localidad	Área (ha)	Fecha	Parcelas	Altitud (m) <sup>1</sup>
Pragelato	207	11.11.2007	22	1890-2191
L'Argentière	245	07.07.2003	25	1575-1823
Bognanco	60	18.01.2002	25	1720-2034
Sampeyre	720	05.03.1990	20	1731-2025
Arnad	371	11.03.1990	24	1598-1787
Crevoladosola	582	25.03.1990	20	1305-1649
Usseaux	125	05.02.1981	21	1737-2005
Mompantero	220	11.12.1980	21	1711-1937
Sampeyre	108	16.11.1973	22	1688-1905

<sup>1</sup> Rango de elevación de las parcelas, no de los incendios. Fuente: Moris et al. (2017)

**Tabla 2.** Resumen de la regeneración natural posincendio del alerce europeo en tres clases de severidad del fuego

Severidad del fuego	Número de parcelas	Mínimo (pies/ha)	Máximo (pies/ha)	Media (pies/ha)	Des. est. (pies/ha)	Media (%)	Des. est. (%)
Baja	60	0	4333	364	933	22	38
Moderada	69	0	20690	1677	3302	56	42
Alta	71	0	15739	1819	3240	52	38

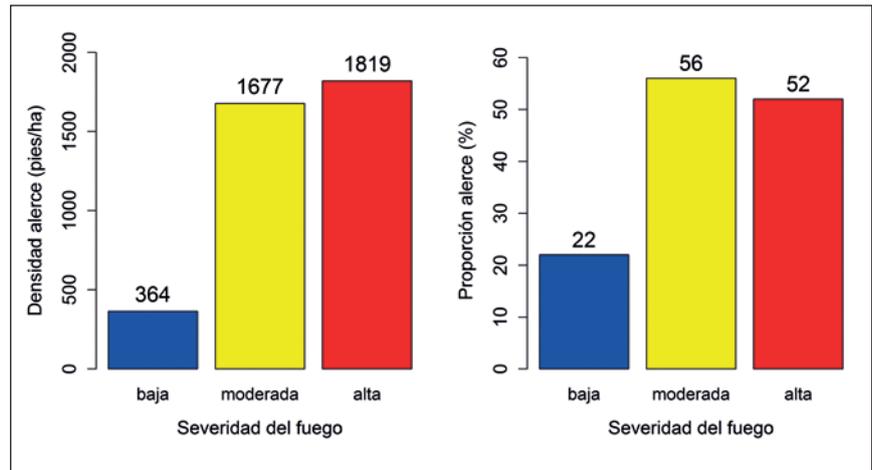
Des. est. = desviación estándar. Fuente: Moris et al. (2017)

el fuego (plantaciones y cortas). Las mediciones se realizaron en 2015 en parcelas circulares de 12 m de radio. Se midieron los diámetros normales de todos los pies vivos y muertos, la longitud y diámetros de los fustes caídos al suelo, y se contaron todos los tocones con el fin de conocer la densidad arbórea previa al incendio. Asimismo, se midió la distancia desde el centro de la parcela al alerce adulto vivo más cercano, y se tomó una foto hemisférica para estimar la cobertura de copas. Por otra parte, se estableció una subparcela circular de 6 m de radio desde el centro de la parcela donde se identificaron las especies arbóreas y se contó la regeneración presente tras los incendios.

Las parcelas se clasificaron en tres clases de gravedad del fuego: baja, moderada y alta. La gravedad del fuego describe los efectos inmediatos de los incendios sobre la vegetación y el suelo. Una de las formas más comunes de cuantificar la gravedad del fuego es a través de la mortalidad arbórea causada por el incendio. Usamos el porcentaje de árboles muertos en la parcela para definir tres clases de gravedad: baja, cuando la mortalidad arbórea es menor del 40 %, moderada, cuando se sitúa entre el 40 y 80 % y alta cuando es mayor del 80 %.

### REGENERACIÓN NATURAL POSINCENDIO

La regeneración natural posincendio fue muy heterogénea, tanto en densidad como en composición específica (Tabla 2). La especie más abundante fue el alerce, con densidades desde 0 hasta 20.690 pies/ha. La regeneración de alerce fue más abundante en las clases de gravedad del fuego moderada y alta (Fig. 1). La densidad media no llegó a los 400



**Fig. 1.** Valores medios de regeneración natural posincendio del alerce europeo en tres clases de severidad del fuego.

Fuente: Moris et al. (2017)

pies/ha en gravedad baja, mientras que superó los 1600 pies/ha en las clases moderada y alta. Asimismo, la abundancia relativa de alerce con respecto a la regeneración total de especies arbóreas fue mayor en las clases de gravedad moderada y alta (Fig. 1), siendo superior al 50 %, mientras que la proporción solo alcanzó el 22 % en la clase de gravedad baja. Estos resultados sugieren que el fuego tiene un efecto positivo en la regeneración natural del alerce europeo.

### SUCESIÓN POSINCENDIO

La resiliencia al fuego se puede describir a través de la regeneración posincendio. Las áreas quemadas con gravedad baja no resultan preocupantes para los gestores forestales. Sin embargo, un rodal afectado con gravedad alta se considera resiliente solo si se regenera satisfactoriamente. Se examinó la regeneración natural en las parcelas de gravedad alta para clasificar las trayectorias de sucesión tras el paso de fuego (Fig. 2). Un 24 % de las parcelas con gravedad alta mostraban una regeneración de alerce superi-

or a 2.000 pies/ha y un 8 % tenía entre 1.000 y 2.000 pies/ha. Un 20 % presentaba menos de 1.000 pies/ha, pero el alerce representaba más del 50 % de la densidad total de regeneración. Esto quiere decir que un 52 % de las parcelas se encuentran en sucesión hacia masas de alerce, y por ello podrían clasificarse como resilientes. En un 28 % de las parcelas la regeneración indicaba una sucesión mixta, con densidades de alerce inferiores a 1.000 pies/ha y menos del 50 % de la densidad total. Solo un 20 % de las parcelas no poseían regeneración de alerce: el 13 % mostraba únicamente regeneración de otras especies, y en el 7 % restante la regeneración arbórea estaba ausente. En la mayor parte de parcelas con sucesión mixta o hacia otros tipos de bosque, la regeneración estaba dominada por especies como *Pinus sylvestris*, *Pinus uncinata*, *Betula pendula* y *Populus tremula*. En resumen, la mayor parte de las parcelas mostraron una sucesión hacia masas puras y mixtas de alerce, aunque con densidades variables, corroborando la hipótesis de que el alerce europeo es

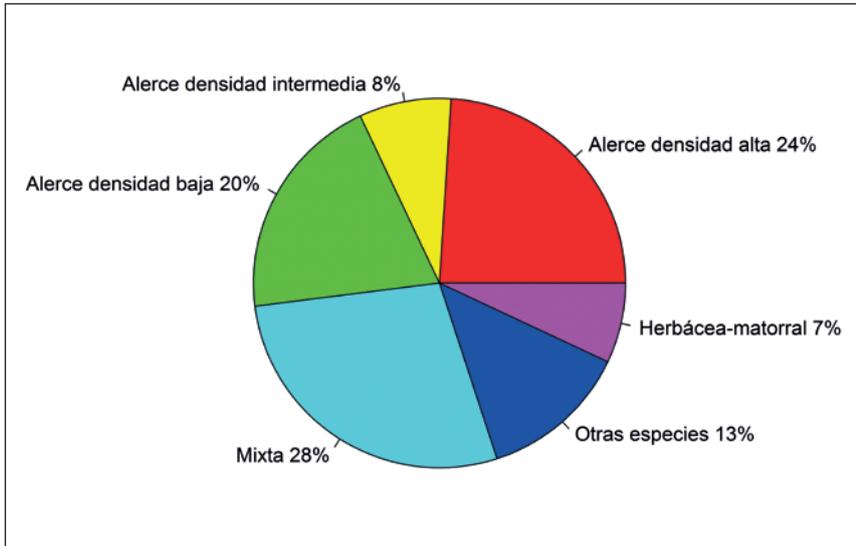


Fig. 2. Proporción de parcelas por clases de sucesión posincendio en áreas de gravedad del fuego alta. Fuente: Moris et al. (2017)

resiliente a los incendios de gravedad mixta.

#### VARIABLES QUE CONTROLAN LA REGENACIÓN NATURAL

Para evaluar la relación de ciertas variables con la regeneración na-

tural de alerce usamos una técnica conocida como *random forest*. Esta técnica permite estimar la importancia de las variables explicativas y generar gráficos de dependencia parcial que muestran el efecto de una variable particular tras integrar la influencia del

resto de variables (Fig. 3). Se observó que la densidad de la regeneración de alerce disminuyó con la continentalidad del clima, aunque su abundancia relativa aumentó. Por lo tanto, en áreas más continentales y de mayor altitud las densidades del regenerado fueron menores, aunque estaban más dominadas por el alerce dado que está mejor adaptado a condiciones climáticas duras que otras especies.

La regeneración de alerce disminuyó con la cobertura de copas y con la distancia al alerce adulto más cercano (Fig. 3). Asimismo observamos que la mortalidad óptima para la regeneración fue en torno al 80 %, es decir, una gravedad entre moderada y alta. Dado que el alerce es una especie heliófila, anemócora y pionera, estos niveles de gravedad son adecuados porque aumentan fuertemente la cantidad de luz que llega al suelo, la presencia de árboles supervivientes asegura que las distancias de dispersión de semillas no son muy grandes, y probablemente la intensidad del fuego es suficiente para re-



Foto 4. Gravedad del fuego baja

Jose Vazquez Moris

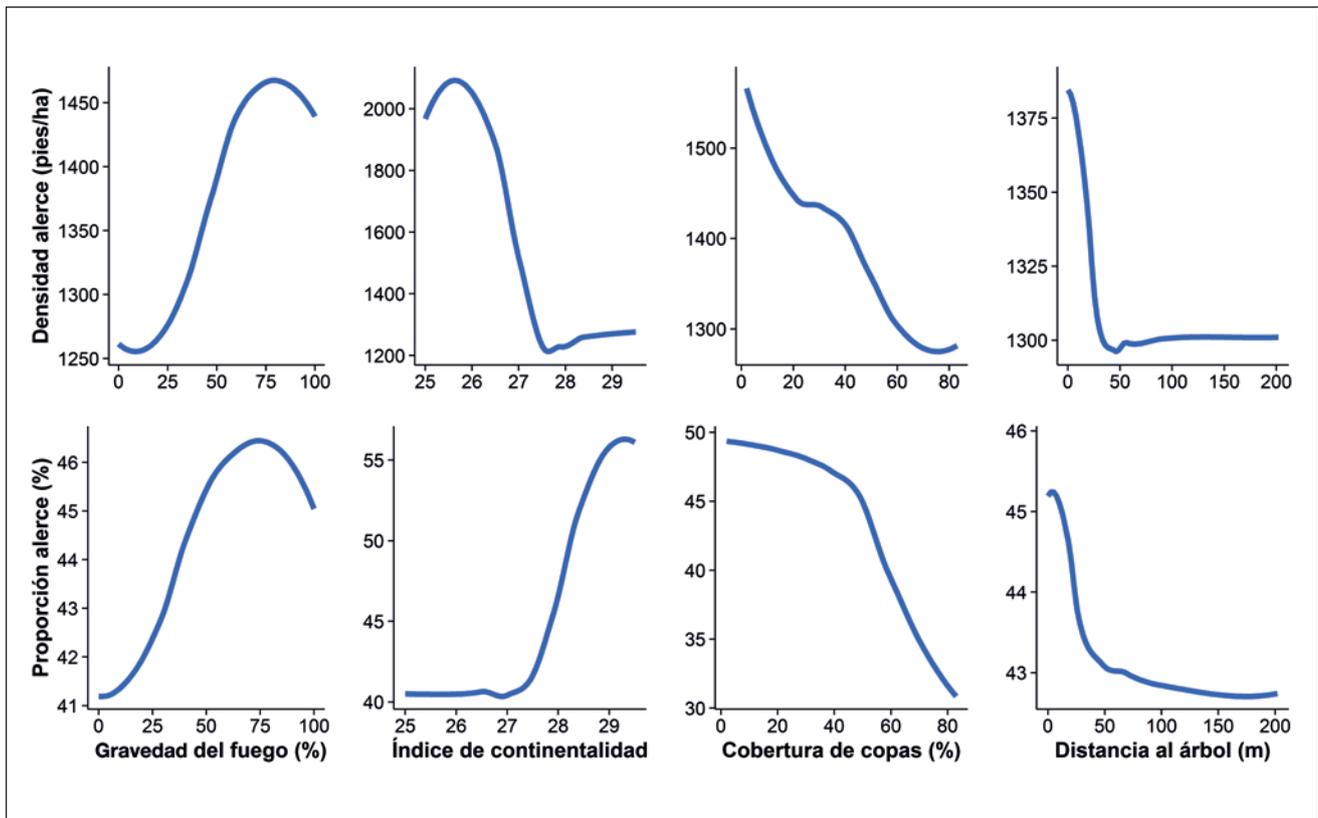


Fig. 3. Dependencia parcial para variables que explican la regeneración natural posincendio del alerce europeo. Fuente: Moris et al. (2017)

ducir la vegetación inferior y exponer parte del suelo mineral durante varios años.

### CONCLUSIONES

Nuestros resultados ayudan a conocer mejor la ecología del fuego del alerce europeo. Al igual que sus parientes americanos y asiáticos, el alerce europeo posee adaptaciones al fuego, como una corteza gruesa (Frejaville et al., 2013), que aumentan la supervivencia al fuego en los árboles maduros, los cuales constituyen legados biológicos tras los incendios que aseguran la dispersión de semillas sobre las áreas quemadas con mayor gravedad. De hecho los bosques de alerce en los Alpes occidentales han ardido con mayor o menor frecuencia desde la última glaciación (Blarquez y Carcaillet, 2010). Los resultados ponen de manifiesto que el alerce posee un alto grado de resiliencia a los incendios de gravedad mixta. En las áreas que ardieron con gravedad moderada y alta la regeneración natural fue satisfactoria, dando lugar a diferentes tipos de sucesión, mayoritariamente hacia

masas puras y mixtas de alerce. En incendios de gravedad mixta el fuego tiene un impacto positivo en la regeneración, ya que las estructuras abiertas, el suelo desnudo y las distancias cortas a árboles madre proporcionan unas condiciones óptimas para que el alerce pueda regenerarse de forma natural.

Hallamos que la distancia a la fuente de semilla es un factor limitante para la regeneración posincendio del alerce. No se ha podido explorar con más profundidad este aspecto porque muchas de las áreas de alta gravedad fueron tratadas con posterioridad al fuego. Desde un punto de vista selvícola, la severidad del fuego baja apenas tiene influencia en la dinámica del alerce, mientras que la gravedad moderada aclara la masa y favorece la regeneración. Las áreas de gravedad baja y moderada no necesitan una gestión activa tras los incendios en las zonas investigadas. Por su parte, muchas áreas de gravedad alta tampoco necesitan una intervención dados los buenos niveles de regeneración natural. Por lo tanto, la aplicación de cortas, sa-

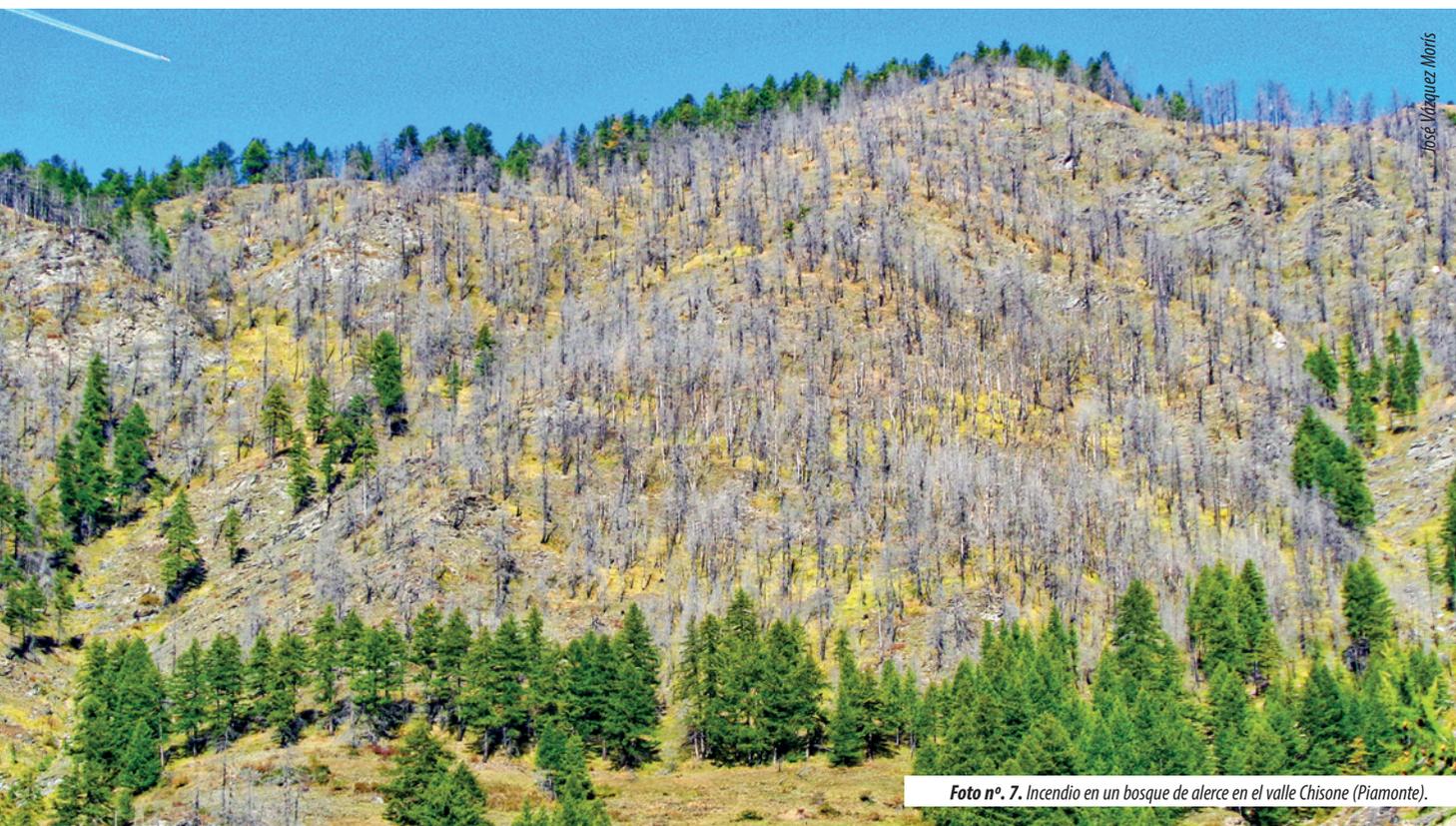
ca de madera muerta y plantaciones artificiales no son recomendables en todas las áreas afectadas dado que sus costes son altos y no se asegura una regeneración mayor y más diversa que la natural (Marzano et al., 2013). Sin embargo, en algunos casos pueden ser necesarias ciertas intervenciones, como por ejemplo para recuperar la función protectora lo antes posible, ya que la dinámica de la regeneración natural puede ser demasiado lenta (Berretti et al., 2011). En estos casos, la necromasa se mantiene *in situ*. Los fustes se cortan a una altura de 1 m y se colocan perpendiculares o diagonales a la máxima pendiente, de forma que se construyen numerosas empalizadas dispuestas a lo largo de la ladera que frenan la caída de rocas, mantienen el manto de nieve y reducen la erosión del suelo.

Al igual que sucede con el alerce europeo, los incendios en masas españolas de pino silvestre no han recibido demasiada atención, y en general se considera una especie poco resiliente a los incendios de gravedad alta (Vega Hidalgo, 2003;



Jose Urquiza Moris

**Foto n.º 5.** Abundante regeneración post-incendio de alerce.



Jose Urquiza Moris

**Foto n.º 7.** Incendio en un bosque de alerce en el valle Chisone (Piamonte).



Foto nº. 6. Sin regeneración posincendio.

Pausas et al., 2008). No obstante, la ecología del fuego en el pino silvestre no es muy diferente a la del alerce europeo, aunque este último es más resistente a los incendios. Ambas especies son veceras, no serótinas y heliófilas, por lo que dependen de la dispersión aérea de semillas, y la cubierta densa de herbáceas y la sequía estival limitan su regeneración. En consecuencia, las variables que limitan la regen-

eración del alerce puede que sean semejantes a las que controlan la regeneración natural posincendio en masas españolas de pino silvestre. El grado de resiliencia del pino silvestre a los incendios de gravedad mixta no debería ser bajo, si bien como ocurre en los Alpes la regeneración de pino silvestre tras los incendios puede ser lenta y muy variable en densidad (Beghin et al., 2010; Vacchiano et al., 2013).

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado gracias a una beca predoctoral concedida por la *Compagnia di San Paolo* al primer autor. Agradecemos a Simone Ravetto Enri, Michele Lonati, Riccardo Perinetti, Elisa Perotti, Sara Martelletti, Fabio Meloni y Emanuele Sibona su ayuda en el trabajo de campo. También a la editorial Springer por autorizar el uso de las tablas y figuras incluidas en este trabajo, publicadas originalmente en la revista *New Forests* (Moris et al., 2017).

#### REFERENCIAS

- Beghin R, Lingua E, Garbarino M et al. 2010. *Pinus sylvestris* forest regeneration under different post-fire restoration practices in the northwestern Italian Alps. *Ecol. Eng.* 36: 1365–1372.
- Berretti R, Bottero A, Bruno E et al. 2011. *Foreste di protezione diretta. Disturbi naturali e stabilità nelle Alpi occidentali*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- Blarquez O, Carcaillet C. 2010. Fire, fuel composition and resilience threshold in subalpine ecosystem. *PLoS One* 5: e12480.
- Dotta A, Motta R. 2000. *Boschi di conifere montani. Indirizzi selvicolturali*. Regione Piemonte, Torino.
- Farjon A. 2017. *A handbook of the world's conifers (2 vols.): revised and updated edition*. Brill, Leiden.
- Frejaville T, Curt J, Carcaillet C. 2013. Bark flammability as a fire-response trait for subalpine trees. *Front. Plant Sci.* 25: 466.
- Garbarino M, Lingua E, Subirà MM, Motta R. 2011. The larch wood pasture: structure and dynamics of a cultural landscape. *Eur. J. For. Res.* 130: 491–502.
- Marzano R, Garbarino M, Marcolin E et al. 2013. Deadwood anisotropic facilitation on seedling establishment after a stand-replacing wildfire in Aosta Valley (NW Italy). *Ecol. Eng.* 51: 117–122.
- Moris JV, Vacchiano G, Ravetto Enri S et al. 2017. Resilience of European larch (*Larix decidua* Mill.) forests to wildfires in the western Alps. *New Forests* 48: 663–683.
- Motta R, Dotta A. 1995. Les mélèzeins des Alpes occidentales: un paysage à défendre. *Rev. For. Fr.* 47: 329–342.
- Motta R, Lingua E. 2005. Human impact on size, age, and spatial structure in a mixed European larch and Swiss stone pine forest in the Western Italian Alps. *Can. J. Forest Res.* 35: 1809–1820.
- Pausas JG. 2012. *Incendios forestales*. CSIC, Madrid.
- Pausas JG, Llovet J, Rodrigo A, Vallejo R. 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *Int. J. Wildland Fire* 17: 713–723.
- Schmidt WC, Shearer RC. 1995. *Larix occidentalis*: a pioneer of the North American West. En: Schmidt WC, McDonald KJ. (Comps.) *Ecology and management of Larix forests: a look ahead. Proceedings of an international symposium*, pp. 33–37. Ogdén.
- Schulze ED, Wirth C, Mollicone D et al. 2012. Factors promoting larch dominance in central Siberia: fire versus growth performance and implications for carbon dynamics at the boundary of evergreen and deciduous conifers. *Biogeosciences* 9: 1405–1421.
- Vacchiano G, Lonati M, Berretti R, Renzo M. 2013. Drivers of *Pinus sylvestris* L. regeneration following small, high-severity fire in a dry, inner-alpine valley. *Plant Biosyst.* 149: 354–363.
- Valese E, Conedera M, Held AC, Ascoli D. 2014. Fire, humans and landscape in the European Alpine region during the Holocene. *Anthropocene* 6: 63–74.
- Vega Hidalgo JA. 2003. Regeneración del género *Pinus* tras incendios. *Cuad. Soc. Esp. Gen. For.* 15: 59–68.