

REGENERACIÓN DEL GÉNERO *PINUS* TRAS INCENDIOS

J. A. Vega Hidalgo

Dpto. Protección Ambiental. Centro de Investigaciones Forestales y Amb. Lourizán. Xunta de Galicia. Apartado 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: javega@inia.es

Resumen

En este trabajo se analizan algunos de los factores que parecen ejercer un papel más determinante en la regeneración post-incendio de *Pinus*. Se resalta la influencia de la serotinia y la abundancia de semillas como elementos clave en el proceso. Las modificaciones en el lecho de germinación producidas por el incendio con repercusiones en la regeneración son también comentadas. Se resumen los diferentes modelos existentes que tratan de ligar atributos vitales del género *Pinus*, con influencia clave en la regeneración, con las características de los regímenes de fuego y la productividad del sitio. Se discute la posición de los pinos ibéricos en esos modelos concluyendo que en algunos casos su inclusión es problemática. Se presenta un breve panorama de la situación de la regeneración de los pinares españoles tras incendio constatándose respuestas muy diferentes según especies. Finalmente, se comenta el papel de las intervenciones selvícolas tempranas en la potenciación de la regeneración natural de los pinares afectados por incendios.

Palabras clave: *Pinus*, Regeneración, Incendio, Regeneración post-incendio, Serotinia, Atributos vitales

INTRODUCCIÓN

La incorporación de nuevos individuos por semilla a una masa forestal destruida por el fuego, de forma que se asegure su persistencia es un proceso complejo y dependiente de numerosos factores; algunos de ellos son todavía poco conocidos y otros presentan una gran variabilidad. El resultado final es usualmente una predicción muy pobre de la regeneración post-incendio, lo que dificulta la planificación de acciones de restauración de la vegetación después del fuego. En las líneas siguientes se exponen algunos de los condicionantes que afectan a

la regeneración de los pinares quemados, se discuten las conexiones entre adaptación al fuego y regeneración y se presenta información sobre la respuesta de la regeneración de las especies de pino ibéricas al fuego.

FUENTE DE SEMILLA

Un factor esencial en la evaluación en la capacidad de regeneración post-incendio de los pinares es la disponibilidad de semilla en la zona quemada, gobernada por el tamaño de los bancos aéreos y del suelo y las condiciones meteo-

rológicas después del fuego. Esa cantidad de semilla es función de la especie, la edad, densidad de la masa y de las condiciones climáticas durante la floración y fructificación que condicionan las cosechas de piñas maduras anteriores al fuego. Pero, especialmente la vecería, la época de diseminación en relación a la fecha del incendio y la presencia de serotinia son factores de gran importancia en la disponibilidad de semilla a partir de un incendio.

En las especies de pino provistas de conos serotinos, el número de piñas y la edad hasta la que las semillas conservan su viabilidad son factores críticos para la regeneración después del incendio (TINKER et al., 1994; TAPIAS et al., 1997a; AGEE, 1998; KEELEY & ZEDLER, 1998; TAPIAS Y GIL, 2000). El fuego, al provocar la termodehiscencia de las piñas, libera una gran cantidad de semillas, proporcionando una ventaja sustancial en la regeneración a las estirpes que poseen esa característica.

La serotinia ha sido ampliamente estudiada en Norteamérica desde que TOWER (1909) Y CLEMENTS (1910) señalaran su presencia en *P. contorta* y *P. banksiana*, habiendo sido ligada a diferentes aspectos del régimen de fuegos, especialmente a la intensidad, el tamaño y el período de recurrencia de incendios (PERRY & LOTAN, 1977; GILL, 1981; MUIR & LOTAN, 1985; GAUTHIER et al., 1996). Entre los pinos ibéricos, *P. halepensis* manifiesta este carácter en prácticamente todas sus procedencias (GIL et al., 1996) y asimismo *P. pinaster* en bastantes de ellas (TAPIAS et al., 1997a; TAPIAS Y GIL, 2000). MARTÍN BOLAÑOS & VICIOSO (1956, 1957) la consideraron ya como una adaptación al fuego, habiendo sido evaluada posteriormente por ALÍA (1989), GIL et al. (1990), PRADA (1992), SÁNCHEZ (1993), TAPIAS et al. (1997a), TAPIAS (1998) Y TAPIAS & GIL (2000). *P. radiata* también la presenta (VEGA, 1978a) aunque menos marcadamente.

Las altas temperaturas generadas por el fuego pueden afectar a la viabilidad y germinación de la semilla de *P. halepensis*, *P. pinaster* y *P. sylvestris* (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 1995; REYES Y CASAL, 1995; DE LAS HERAS et al., 1997; NUÑEZ Y CALVO, 1997; REYES Y CASAL, 1997A; SARACINO et al., 1997) habiéndose encontrado resultados algo contradictorios entre

los ensayos de laboratorio y las muestras recogidas de campo.

Los patrones temporales y espaciales de diseminación post-incendio han sido analizados en varios ámbitos para *P. halepensis* (DE LAS HERAS et al., 1997; SARACINO et al., 1997). Por otra parte, la viabilidad de la semilla dispersada va disminuyendo en *P. halepensis* rápidamente con el tiempo (DE LAS HERAS et al., 1997). Sin embargo, en *P. pinaster* los testimonios recogidos entre los técnicos forestales en nuestro país indican que la regeneración puede originarse bastantes meses después del fuego y aparecer en diferentes etapas, especialmente en sitios fríos.

LECHO DE GERMINACIÓN

Varios factores que actúan sobre el microambiente del lecho de germinación y potencialmente críticos para la supervivencia de las plántulas se ven modificados por el incendio.

Dependiendo de la intensidad y severidad del fuego, se produce una puesta en luz del sotobosque, cambiando sus condiciones de temperatura y humedad y las de protección de la semilla frente a la predación por aves y roedores. Ello puede afectar de forma grave a la disponibilidad de semilla y la supervivencia inicial de las plántulas (THANOS & SKORDILIS, 1986; THANOS et al., 1989). El banco inicial de semillas del suelo parece jugar un papel menos relevante que el aéreo en la regeneración de los pinos (DASKALAKOU & THANOS, 1996; VALDEBUENA Y TRABAUD, 1993).

El fuego deposita en el suelo una capa de cenizas que cuando es muy abundante puede afectar negativamente a la plántula debido a su toxicidad (THOMAS & WEIN, 1990, 1993; NE'EMAN et al., 1993; REYES Y CASAL, 1997b). Ello puede tener repercusiones importantes en los patrones espaciales y temporales de regeneración, especialmente cuando interactúa con el tipo de sustrato y la pauta de lluvias post-incendio. El aporte de cenizas tiene otros aspectos que pueden ser, en cambio, positivos para esos primeros estadios de la vida de la planta, como el aumento de nutrientes fácilmente disponibles, la mejora de pH en suelos

ácidos, incremento de la actividad microbiana, nitrificación y amonificación expandidas temporalmente que, a su vez, pueden influir favorablemente en el crecimiento de los brinzales. La flora micorrícica puede verse muy afectada inicialmente por el fuego pero usualmente se produce una rápida recolonización (HONRRUBIA et al., 1996) favoreciéndose así la asimilación de nutrientes por las plántulas y una mejora en la absorción de agua.

Los lugares más severamente quemados pueden ser ventajosos para la regeneración post-incendio, ya que en ellos puede inicialmente demorarse la reinvasión del resto de la vegetación y limitarse así la competencia a los brinzales de pino (MORENO & OECHEL, 1991, 1992; FERRANDIS et al., 1997). Sin embargo la respuesta es muy variable ya que muchas especies de matorral presentan una estimulación en su germinación como consecuencia de un choque térmico (ARIANOUTSOU & MARGARIS, 1981; TRABAUD & OUSTRIC, 1989; VALDEBUENA et al., 1992). Otras veces, el retraso en la competencia se ve favorecido por incendios más suaves que provocan una caída intensa de hoja desde los árboles y la falta de luz producida reduce temporalmente la germinación de otras especies, la erosión y el arrastre de semillas (VEGA Y DÍAZ FIERROS, 1987). Los incendios de alta intensidad pueden también eliminar o reducir el efecto alelopático de polifenoles y otras sustancias contenidas en la hojarasca y el matorral que parecen inhibir la germinación y el crecimiento de coníferas (MALLIK & ROBERTS, 1994), favoreciéndose así la instalación de los brinzales, pero al mismo tiempo pueden causar otros efectos negativos para la regeneración. La hidrofobicidad originada en el suelo (DE BANO et al., 1979), la falta temporal de protección de éste y la disminución de la transpiración tras el fuego propician usualmente la generación de escorrentía superficial y erosión en los incendios de alta intensidad. Estas provocan la pérdida de semilla y su redistribución espacial, dando lugar a regenerados cubriendo muy desigualmente el terreno, formando típicamente manchas en lugares más llanos y fondos de ladera.

RÉGIMEN DE FUEGO

En el contexto del papel ejercido por el fuego en la evolución del género *Pinus*, el *régimen de fuego* aparece como un elemento esencial para explicar muchos de sus atributos vitales; éstos afectan a la supervivencia y fecundidad de los individuos y a las épocas y lugares en los que una especie puede tener éxito tras el fuego.

Los rasgos más esenciales de ese régimen son la *frecuencia e intensidad*. La *frecuencia* se convierte en una potente fuerza selectiva cuando el intervalo de recurrencia del fuego es más corto que la edad de producción de semilla y la *intensidad* del fuego es también decisiva porque determina el grado de daño de los tejidos expuestos al calor y la posibilidad de fuegos de copas, ambos con repercusión en la regeneración.

MODELOS DE INTERACCIÓN ENTRE EL FUEGO Y BOSQUES DE PINOS

Según KNIGHT et al. (1994), los pinos han explotado ambientes propensos al fuego, modificando evolutivamente a lo largo de millones de años diferentes etapas de su ciclo y atributos vitales. Se considera que las adaptaciones al fuego que presenta este género no son el resultado de la sola presencia o ausencia del fuego, sino más bien la consecuencia de combinaciones específicas de factores del régimen de fuego. Se cree que los rasgos adaptativos más conectados a la regeneración tras el fuego por semilla serían la serotinia y la precocidad en la fructificación mientras que la gruesa corteza y la capacidad de rebrote de algunas especies parecen mecanismos de resistencia pasiva.

Varios intentos se han efectuado tratando de correlacionar régimen de fuego y ciertos atributos vitales exhibidos por las pináceas con clara repercusión en la regeneración post-incendio. El de MC CUNE (1988) clasificó los 34 taxa de pinos norteamericanos en base a diversos caracteres, agrupándolos en cinco modos adaptativos al fuego. El grupo más resiliente al fuego presenta una clara precocidad reproductora (edad media de individuos portadores de semilla 6-8 años) con semillas pequeñas y ligeras, a menudo en conos serotinos. En un estudio similar,

RICHARDSON *et al.* (1990) consideraron los factores que más contribuían al potencial invasor de los pinos exóticos en S. Africa y concluyeron que las especies de mayor éxito (*P. halepensis*, *P. pinaster* y *P. radiata*) son resilientes al fuego por disponer de pequeñas semillas aladas de bajo peso, cortos períodos juveniles, grado de serotinia de moderado a alto y relativamente pobre tolerancia al fuego de los adultos.

La aproximación de AGEE (1998) considera tres regímenes de fuego, respectivamente de baja, moderada y alta severidad. En el primero de ellos, los intervalos de retorno del fuego son los más cortos y la relación negativa de retroalimentación entre ocurrencia del fuego y energía del combustible da lugar a incendios de baja intensidad. Los árboles adultos mueren por el fuego raramente. Cuando el intervalo de retorno aumenta, la intensidad también lo hace y la severidad del fuego puede crecer hasta niveles que originan, de hecho, el reemplazamiento de la masa. Agee considera como especie típica del régimen de baja intensidad *Pinus ponderosa*. En el de fuego de moderada severidad incluye a *P. sylvestris* y *P. contorta*, considerando a *P. halepensis* y *P. banksiana* como prototipos de pinos sometidos a regímenes de fuego de alta severidad.

KEELEY & ZEDLER (1998) han tratado de relacionar la historia vital en el género *Pinus* con la productividad del sitio y los períodos de retorno del incendio. De las cinco pautas de interacción entre productividad del sitio e intervalo de recurrencia del fuego consideradas, los autores citados consideraron cuatro situaciones típicas. La ubicación de nuestros taxa en algunos casos es muy clara mientras que en otros presenta dificultades, ya que algunas de las especies comparten caracteres de varios de los grupos citados.

a) Ambientes con fuegos no predecibles .

El factor dominante en este caso es la medida de la dispersabilidad de la semilla, especialmente el ratio longitud del ala/peso semilla. Algunas características de *P. pinea* y su régimen de fuego sugieren su posible inclusión en este grupo.

b) Ambientes con fuegos predecibles de reemplazamiento de la masa.

La preponderancia de especies serótinas y rebrotadoras es característica de este

grupo. Probablemente, la precocidad de fructificación y escasa longevidad han sido seleccionadas por intervalos de retorno de fuego bajos a moderados. Corta longevidad y pobre poda natural pueden haber sido seleccionadas para favorecer la inflamabilidad e incrementar la probabilidad de fuegos de reemplazamiento. *P. halepensis*, *P. pinaster*, *P. radiata* y *P. canariensis*. parecen participar de algunos de estos rasgos.

c) El tercer grupo está constituido por los ambientes con fuegos de sotobosque que aclaran la masa. En esas condiciones parecen poder incluirse también *P. canariensis*, *P. nigra*, *P. pinea* y ciertas estirpes de *P. pinaster*.

d) Finalmente, los sitios productivos donde los fuegos son infrecuentes producen un régimen de fuegos de copa de alta intensidad, reemplazadores de la masa y poco predecibles. Entre ellos podría considerarse *P. sylvestris*.

Las especies autóctonas de la Península y de Canarias, junto al introducido *P. radiata* se encuentran dentro del rango de la mayor parte de los atributos vitales de las especies consideradas en el estudio de KEELEY & ZEDLER (1998). Casi todas las poblaciones de *P. pinaster* y *P. halepensis* muestran serotinia, de acuerdo con el criterio de LAMONT *et al.* (1991), siendo en realidad especies polimórficas para este rango. GIL *et al.* (1990) destacaron la presencia de este carácter en poblaciones de *P. pinaster*. TAPIAS (1998) estudió doce procedencias de *P. pinaster* y encontró niveles de serotinia en casi todas ellas. Sin embargo, *P. pinea*, *P. nigra*, *P. sylvestris* y *P. uncinata* no muestran este rasgo. Las piñas en *P. radiata* permanecen cerradas a la madurez pero abren tardíamente después de unos años, con los cambios extremos de temperatura y pueden hacerlo también después de los incendios. *P. canariensis* presenta también algún grado de serotinia. Frecuentemente esta característica va asociada a una fructificación precoz (MC CUNE, 1988), lo que se supone también una clara adaptación al fuego (TAPIAS, 1976, 1998; VÁZQUEZ, 1991). *P. canariensis* presenta un característico rebrote de cepa, fuste y ramas tras el incendio lo mismo que otros pinos del SE de Norte América y Centro.

Recientemente el estudio de TAPIAS Y GIL (2000) sobre la clasificación de los pinos españoles por sus atributos vitales relacionados con el fuego, en base a los trabajos de MC CUNNE (1988) Y KEELEY & ZEDLER (1998), ha diferenciado cuatro grupos principales de especies.

- I) **Resilientes al fuego** incluyendo *P. pinaster* y *P. halepensis*. Son frecuentes los incendios de gran intensidad en sus poblaciones. Poseen un elevado porcentaje de conos serótinos, semillas pequeñas y reproducción precoz. Los individuos maduros tienen baja tolerancia al fuego. La regeneración post-incendio es generalmente muy abundante.
- II) **Resistentes al fuego**. Poseen características que aumentan la probabilidad de que los árboles maduros sobrevivan al fuego. Son altos, con corteza gruesa, largas acículas y yemas gruesas. Tienen conos grandes con apófisis pronunciadas, semillas grandes con alas largas y son tardías en iniciar la fructificación. En este grupo incluyen al pino canario, especie con capacidad de rebrote del tronco o del cuello de la raíz y que también presenta piñas serótinas. La regeneración está asegurada.
- III) **Tolerantes al estrés**. Representadas por *P. pinea*, con marcada resistencia a la sequía y sotobosque escaso que favorece fuegos poco intensos, semillas grandes sin ala funcional, crecimiento lento y tardía en iniciar la fructificación. La regeneración post-incendio es más problemática.
- IV) **Especies de montaña, mesofíticas y relativamente tolerantes a la sombra** (*P. nigra*, *P. sylvestris* y *P. uncinata*). Viven en lugares con menor frecuencia de incendios o éstos son poco intensos, no disponen de conos serótinos, comienzan la fructificación a mayor edad que las otras especies. La regeneración post-fuego puede ser más variable (*P. sylvestris*) y muy problemática (*P. nigra*).

De todas formas, ninguna de estas clasificaciones parece satisfactoriamente encuadrar a todas las especies españolas. Así, por ejemplo, algunas procedencias de *P. pinaster* muestran la capacidad de resistir a fuegos de moderada intensidad (VEGA, 1999) mientras que otras no manifiestan esa característica.

ALGUNAS REFLEXIONES GENERALES SOBRE LA REGENERACIÓN DE PINOS ESPAÑOLES DESPUÉS DE INCENDIO

Aunque, en general, nuestros pinos muestran una regeneración aceptable después de los incendios, existen diferencias notables entre especies y territorios.

En masas mixtas de *P. nigra* y *P. sylvestris*, SERRADA et al. (1994) observaron que esta última especie tiende a sustituir al laricio después de los incendios. Este hecho es atribuido a que la segunda de esas especies requiere períodos más cortos de regeneración, posee mayores cosechas de semilla, presenta un temperamento de media luz, algo más robusto que el del laricio, y un mayor crecimiento en las primeras edades.

En *P. sylvestris*, la competencia interespecífica debida a matorrales acidófilos, así como la presencia de gramíneas encespedantes y la existencia de una gruesa capa de humus bruto (5-10 cm) pueden ser factores limitantes de la regeneración natural (GONZÁLEZ-MARTÍNEZ Y BRAVO OVIEDO, 1997). El tapiz herbáceo corto y cerrado supone una barrera entre la semilla y el suelo mineral difícil de superar (ROJO et al., 1994). Un incendio poco intenso al actuar sobre esos factores podría facilitar la instalación de *P. sylvestris*.

Más al Sur, en la Sierra de Cazorla, la presencia de pinocha puede ayudar a la regeneración de *P. nigra*, siempre que no se acumule en grandes cantidades (ALEJANO et al., 1997; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, 1997), así que su destrucción excesiva por el fuego puede perjudicar la regeneración. Existen testimonios de dificultades de recolonización natural después del incendio para *P. nigra* (TRABAUD & CAMPANT, 1991). En la comarca de Berguedá, BRONCANO Y RETANA (1997) encontraron una falta de regeneración en *P. nigra* durante el primer año después del fuego, contrastando con la respuesta de *P. halepensis*. También MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al. (1996), en Albacete y Murcia, en áreas mezcladas de pino laricio y negral observaron ausencia de regeneración de la primera especie después de incendios.

Como contraste, *P. halepensis* presenta habitualmente una buena regeneración tras esa perturbación. La germinación es muy abundante en el otoño después del fuego y parece prolongarse

dos años (HERRANZ et al., 1991). MAY (1990) observó una buena expansión de la especie en la Sierra de Cazulas después del incendio de 1971 aunque posteriormente, otros fuegos en la misma zona y una fuerte presión del ganado han destruido la población completamente. El pastoreo excesivo tras el enorme incendio de la Sierra de Almajara ha eliminado casi toda su regeneración. En zonas de baja precipitación como la sierra de Alcaraz, esta especie coloniza típicamente las solanas con poco matorral, pero es desplazada en las umbrías cuando áquel es denso (MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 1996). Sin embargo, en otras áreas del S y E, *P. halepensis* muestra una rápida recolonización, e incluso expansión, debido posiblemente a la conjunción de serotinia, adaptación a las condiciones más xéricas, robustez de temperamento y posibilidad de crecimiento en sustratos básicos después del incendio. Con ello está desplazando a *P. pinaster* y *P. nigra* spp. *salzmanii* en muchas de sus áreas originales tras incendios en donde *P. halepensis* o no estaba presente o tenía un papel subordinado. No obstante, los bajos intervalos de retorno del fuego en masas de áreas mediterráneas, inferiores a la edad de maduración, han acabado con la especie en algunos de sus hábitats. Esto es particularmente más marcado en las zonas del SE. Varios años de sequía continuada después de los grandes incendios de 1994, ha dificultado la regeneración en sus estaciones más difíciles.

P. pinaster presenta una buena regeneración en la mayoría de las estaciones aunque en el S y E, en las laderas de solana, está cediendo terreno a *P. halepensis*, especialmente en estirpes no serótinas. La fuerte sequía de 1993, 1994 y 1995 prácticamente ha diezmado también sus poblaciones en masas inicialmente mixtas. El pastoreo después del incendio ha sido un factor negativo en extensas áreas del S y del SE. La reinstalación por plantación ha dado frutos irregulares. En algunos casos los individuos viejos de esta especie pueden sobrevivir a incendios frecuentes, probablemente de moderada intensidad. VEGA (1999) encontró en los pinares de *P. pinaster* (grupo magrebí) de la ladera N de Sierra Bermeja un período medio de retorno del fuego de 14,5 años entre 1817 y 1991 y abundantes cohortes producidas tras esos fuegos aunque otros muchos pulsos de regeneración no

estuvieron asociados a incendios. En Galicia los fuegos muy repetidos están convirtiendo en rasos una gran extensión de pinar, a pesar de la pronta fructificación de la especie, como el IFN ha mostrado; por otro lado, en las zonas costeras, *E. globulus*, más adaptado a fuegos con períodos cortos de retorno, fuerte diseminación, rebrote de cepa y grandes crecimientos, se ha expandido a costa del área inicial de *P. pinaster* (VEGA, 1978 b).

P. sylvestris es una especie menos adaptada al fuego que las tres anteriores y usualmente también está soportando una incidencia de incendios menor por los hábitats en donde se encuentra. Su regeneración es peor que la del primer grupo de especies citado, aunque su temperamento de media luz, y ausencia de durmancia de la semilla le ayuda al establecimiento inicial.

P. nigra, una especie poco adaptada al fuego y de temperamento más delicado, está acusando los mayores problemas de regeneración después del fuego, especialmente en sus estaciones del Sistema Ibérico y SE (Cuenca, Albacete y Teruel), colabora a ello la escasa presencia de piña y la vecería frecuente. En estos sitios, *P. pinaster* y *P. halepensis* están desplazando claramente al pino laricio, mientras que más hacia al Norte, *P. sylvestris* se muestra más adaptado al fuego.

P. radiata no presenta problemas especiales de regeneración en Galicia y Asturias, siempre que los períodos de retorno del fuego no sean inferiores a 12-15 años. La serotinia de la especie y el rápido crecimiento le ayudan a no perder territorio (VEGA et al., 1978 a); en comparación con *P. pinaster* presenta una regeneración mejor y en masas inicialmente mixtas le toma la delantera.

P. pinea no está sufriendo una presión de incendios comparable a las especies anteriores y sus fuegos, de menor intensidad, y más espaciados, permiten sobrevivir a bastantes individuos dotados de gruesa corteza, aunque en las estaciones más productivas, el matorral se hace más denso y provoca su mortalidad. La regeneración por semilla, en estos casos, es más problemática.

P. canariensis sobrevive bien después de los incendios si bien la regeneración por semilla post-fuego no es tan abundante como en otras especies.

TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS POSTERIORES AL INCENDIO

Las labores de corta y saca posteriores al incendio no parecen suponer, en general, una amenaza a la regeneración; más bien incluso la favorecen, al facilitar el contacto de la semilla con el suelo mineral, siempre que el diseminado sea abundante; el caso más típico es *P. halepensis* (HERRANZ et al., 1997). Sin embargo, cuando los fuegos han sido muy intensos, en fuertes pendientes, con suelos someros, y diseminación escasa, la saca puede limitar la regeneración apreciablemente. Los gestores tendrán que sopesar las diferentes situaciones y decidir en consecuencia.

Dos situaciones se presentan con frecuencia en relación con la regeneración post-incendio al cabo de un cierto tiempo después del fuego. O bien ésta ha fallado total o parcialmente, o resulta excesiva y es preciso actuar para disminuir la enorme competencia que se produce en el regenerado. Conviene llevar a cabo acciones culturales tempranas de ayuda a la regeneración. Se plantea así el aclareo de individuos en lugares de muy alta densidad, el desbroce selectivo de matorral, la siembra o plantación (SERRADA, 1993, GARCÍA-SALMERÓN, 1991) según la situación post-fuego. Estos tratamientos pueden mecanizarse abriéndose fajas con tractor y procediéndose al triturado de los restos (RODRÍGUEZ-SOALLEIRO et al., 1997). Esta alternativa es más económica que el aclareo y roza manuales aunque con una apariencia más artificial en la masa resultante.

La utilización del potencial de regeneración natural de nuestros pinos tras incendios se está abriendo camino entre los técnicos forestales. Esto no ocurría hace 20 o 25 años. Las grandes superficies quemadas en nuestro país, difíciles de repoblar en poco tiempo, han sido un factor importante en ese cambio de mentalidad, también propiciado por la observación de la mejor instalación de las plantas de semilla, el deseo de mantener los recursos genéticos existentes, y la valoración de una selvicultura más natural, menos intensiva. Las labores de desbroce, aclareo y podas tempranas, parecen también aconsejables en muchas masas nacidas de regeneración

si queremos aprovechar esta poderosa fuerza puesta en juego después de los incendios.

BIBLIOGRAFÍA

- AGEE, J.K.; 1998. Fire and pine ecosystems. In: D.M. Richardson (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*: 193-218. Cambridge University Press. Cambridge.
- ALEJANO, R.; ALVAREZ L.; MADRIGAL, A. Y MARTÍNEZ, E.; 1997. Regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* en las Sierras Béticas. En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, IV: 15-20. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- ALÍA, R.; 1989. *Mejora genética de Pinus pinaster* Ait.: *Estudio de procedencias*. Tesis doctoral. ETS Ingenieros de Montes., U.P.M. Madrid.
- ARIANOTSOU, M. & MARGARIS, N.S.; 1981. Early stages of regeneration after fire in a phrygic ecosystem (east mediterranean). I. Regeneration by seed germination. *Biologie Ecologie méditerranéenne* 8: 119-128.
- BRONCANO, M. J. Y RETANA, J.; 1997. Importancia de la depredación de semillas en la regeneración postincendio del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, V: 85-89. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- CLEMENTS, F. E.; 1910. The life history of lodgepole pine burn forests. *USDA Forest Service. Bull.* 79. 56 p.
- DASKALAKOU, E. N. & THANOS, C.N.; 1996. Aleppo pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. *Int. J. Wildl. Fire* 6 (2): 59-66.
- DE BANO, L.F.; RICE, R.M. & CONRAD, C.E.; 1979. *Soil heating in chaparral fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion and runoff*. USDA. Agr. For. Serv. Range Exp. Sta. Berkeley. PSW-145. 21 págs.
- DE LAS HERAS, J.; LÓPEZ, R.; GÓMEZ, E.; CORCOLES, D.; ALFARO, H. Y FERRANDIS, P.; 1997. Efecto de un fuego controlado sobre la diseminación y viabilidad de semillas de

- Pinus halepensis* Miller. En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, V: 139-142. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- FERRANDIS P., TENDERO J.A. Y HERRANZ, J.M.; 1997. Efecto de un fuego experimental sobre el banco de semillas edáfico en un pinar de *Pinus halepensis* Miller. En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, V: 173-177. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- GARCÍA SALMERÓN, J.; 1991. *Manual de repoblaciones forestales-I*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- GAUTHIER, S.; BERGERON, Y & SIMON, J.P. 1996. Effects of fire regime on the serotiny level of jack pine. *J. Ecol.* 84(4): 539-548.
- GIL, L.; GORDO, J.; ALÍA, R.; CATALÁN, G. Y PARDOS, J.A.; 1990. *Pinus pinaster* Ait. en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. *Ecología. Fuera de Serie* 1: 469-495.
- GIL, L.; DÍAZ-FERNÁNDEZ, P.M.; JIMÉNEZ, M.P.; ROLDÁN, M.; ALÍA, R.; AGUNDEZ, L.; DE MIGUEL, I.; MARTÍN, S. Y DE TUERO, M.; 1996. *Regiones de procedencia de Pinus halepensis* Mill. D.G. Conserv. Natur. 113 págs. + mapas.
- GILL, A.; 1981. *Fire adaptative traits of vascular plant*. USDA Forest Service. Gen. Tech. Report: WO-26.
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ, S.C. Y BRAVO OVIEDO, F.; 1997. Estudio y caracterización de la regeneración del pino silvestre (*Pinus sylvestris* L) en masas forestales del Alto Valle del Ebro. En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, IV: 297-302. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- HERRANZ J.M.; DE LAS HERAS J.Y MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; 1991. Effect of aspect on the recovery of the natural vegetation after the fire in the valley of the River Tus (Yeste, Albacete). *Ecología* 5: 111-123.
- HERRANZ J.M.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J.; DE LAS HERAS J. Y FERRANDIS, P.; 1997. Efecto de la corta y extracción de madera quemada sobre la regeneración natural de *Pinus halepensis* Mill. en el Valle del Río Tus (Yeste, Albacete). En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, V: 197-202. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- HONRRUBIA, M.; TORRES, P.; DÍAZ, G.; BARRENO, E.; MORTE, A.; SÁNCHEZ, F.; PÉREZ, P.Y SÁNCHEZ, J.A.; 1996. Efecto de las micorrizas en la restauración de las zonas afectadas por incendios forestales en la Comunidad Valenciana. En: R. Vallejo (ed.), *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*: 345-387. Fundación Centro de Estudios Ambientales el Mediterráneo. Valencia.
- KEELEY, J.E. & ZEDLER, P.H.; 1998. Evolution of life histories in *Pinus*. In: D.M. Richardson (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*: 219-242. Cambridge University Press. Cambridge.
- KNIGHT, D.H.; VOSE, J.M.; BALDWIN, V.C.; EWEL, K.C. & GRODZINSKA, K.; 1994. Contrasting patterns in pine forest ecosystems. In: H.L. Gholz, S. Linder, y R.E. McMurtie (eds.), *Environmental constraints on the structure and productivity of Pine Forest Ecosystems: A comparative analysis*: 9-19. Munksgaard. Copenhagen.
- LAMONT, B.B.; WITKOWSKI, E.T.F. & ENRIGHT, N.J.; 1993. Post-fire litter microsites: safe for seeds, unsafe for seedlings. *Ecology* 74(2): 501-512.
- MALLIK, A. U. & ROBERTS, B.A.; 1994. Natural regeneration of *Pinus resinosa* on burned and unburned sites in Newfoundland. *J. Veg. Sci.* 5(2): 179-186.
- MARTÍN BOLAÑOS, M. Y VICIOSO, C.; 1956. Estudio de razas y variedades en los pinos españoles. *Anales IFIE* 1: 13-24.
- MARTÍN BOLAÑOS, M. Y VICIOSO, C.; 1957. Estudio de razas y variedades en los pinos españoles. *Anales IFIE* 2: 9-15.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, F.; OROZCO BAYO, E. Y SELVA DENIA, M.; 1997. Estudio de la regeneración del *Pinus nigra* Arnold en la Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén). En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, II: 413-416. Gráficas Pamplona. Pamplona.

- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; MARÍN, A.; HERRÁNZ, J.M.; FERRANDIS P. Y J. DE LAS HERAS, J.; 1995. Effects of high temperatures on germination of *Pinus halepensis* Mill. and *P. pinaster* Aiton subsp. *pinaster* seeds in southeast Spain. *Vegetatio* 116(1): 69-72
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.J.; HERRÁNZ, J.M.; GUERRA, J. & TRABAUD, L.; 1996. Natural recolonization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton in burnt forests of the Sierra de Alcaraz-Segura mountain system. (SE Spain). *Ecología Mediterránea* 22: 17-24.
- MAY, T.; 1990. Vegetation development and surface runoff after fire in a catchment of southern Spain. In: J.G. Goldammer y M.J. Jenkins (eds). *Fire in ecosystem dynamics: Mediterranean and Northern perspectives*: 117-126. SPB Academic Publishing. The Hague.
- MC CUNE, B.; 1988. Ecological diversity in North American pines. *Am. J. Bot.* 75: 353-368.
- MORENO, J. M. & OECHEL, W.C.; 1991. Fire intensity effects on germination of shrubs and herbs in Southern California chaparral. *Ecology* 72: 1993-2004.
- MORENO, J. M. & OECHEL, W.C.; 1992. Factors controlling postfire seedling establishment in Southern California chaparral. *Oecología* 90: 50-60.
- MORENO, J. M. & W.C. OECHEL, W.C.; 1994. Fire intensity in chaparral. In: J.M. Moreno & W.C. Oechel (eds.), *The role of fire in Mediterranean type Ecosystems*. Ecological Studies 107: 26-45, Springer-Verlag. New York.
- MUIR, P. S. & LOTAN, J.E.; 1985. Disturbance history and serotiny of *Pinus contorta* in western Montana. *Ecology* 66(5): 1658-1668.
- NE`EMAN, G.; MEIR, I. & NE`EMAN, R.; 1993. The effect of ash on the germination and early growth of shoots and roots of *Pinus*, *Cistus* and annuals. *Seed Sci. Tech.* 21(2): 339-349.
- NÚÑEZ, M. R. Y CALVO, L.; 1997. Efecto de la temperatura en la germinación de *Pinus sylvestris* y *Pinus halepensis*. En: F. Puertas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, V: 325-329. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- PERRY, D. A. & LOTAN, J.E.; 1977. *Opening temperatures in serotinous cones of lodgepole pine*. USDA Forest Service. Research Note INT-228. 6pp.
- PRADA, A.; 1992. Viabilidad y letargo en semillas de conos serotinos de *Pinus pinaster* Ait. de la procedencia Sierra del Teleno (León). *Montes* 28: 59-60.
- REYES, O. Y CASAL, M.. 1995. Germination behaviour of 3 species of the genus *Pinus* in relation to high temperatures suffered during forest fires. *Ann. Sci. For.* 52(4): 385-392.
- REYES, O. Y CASAL, M.. 1997a. Efecto del fuego sobre la apertura de conos de *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*. En: F. Puertas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, II: 527-532. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- REYES, O. Y CASAL, M.. 1997 b. Efecto de las cenizas sobre el comportamiento germinativo de *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* y *Eucalytus globulus*. En: F. Puertas y M. Rivas (eds.), *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, II: 527-532. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- RODRÍGUEZ, R.; ÁLVAREZ, J. G.; CELA, M.; MANSILLA, P.; VEGA, P.; GONZÁLEZ, M.; RUÍZ, P.; VEGA, G.; CASTILLÓN, P.; ÁLAVAREZ, P.Y RIGUEIRO, A.; 1997. *Manual de silvicultura del pino pinaster*. Proxecto Columella. KRK Ediciones. Oviedo.
- ROJO, A.; MONTERO, G. Y ORTEGA, C.; 1994. Natural regeneration in *Pinus sylvestris* L.. *Inv. Agrar.: Sist. Rec. For., Fuera de serie*, 3: 107-125.
- SÁNCHEZ, M.; 1993. *Estudio comparativo del carácter serotino de las piñas de Pinus pinaster y Pinus halepensis del sur de España*. Proyecto Fin de Carrera. ETS Ingeniería de Montes. Madrid.
- SARACINO, A.; PACELLA, R.; LEONE, V. & BORGHETTI, M.; 1997. Seed dispersal and changing seed characteristics in a *Pinus halepensis* Mill. forest after fire. *Plant Ecology* 130(1): 13-19.
- SERRADA, R.; 1993. *Apuntes de repoblaciones forestales*. E.U. de Ingeniería Técnica

- Forestal. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- SERRADA, R.; DOMÍNGUEZ, S.; SÁNCHEZ, M.I. Y RUIZ, J.; 1994. El problema de la regeneración natural del *Pinus nigra* Arn. *Montes* 36: 52-57.
- TAPIAS, R.; 1998. Estudio de las adaptaciones al fuego del *P. pinaster* Ait. de la Sierra del Teleno. Tesis Doctoral. E.T.S.M. Universidad Politécnica de Madrid.
- TAPIAS, R.; BERTOMEU, M.; GIL, L Y PARDOS, J.A.; 1997 a. El papel evolutivo del fuego como factor de selección natural en masas de pinos mediterráneos. Estudio de los conos serótinos y la floración precoz. *En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97, V: 455-459.* Gráficas Pamplona.
- TAPIAS, R.; GIL, L. Y PARDOS, J.A.; 1997 b. Influencia de tratamientos selvícolas y la calidad de la estación en la floración a edades tempranas de regenerados de incendio de *Pinus pinaster* Ait. De la Sierra del Teleno (León). *En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97, V: 461-466.* Gráficas Pamplona.
- TAPIAS, R. Y GIL, L.; 2000. Adaptación reproductiva de las especies forestales ante el fuego. *En: R. Vélez (ed.), La Defensa contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias: 4.36-4.66.* Mc-Graw Hill. Madrid.
- THANOS, C. A. Y SKORDILIS, A.; 1986. The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* seeds. *Seed Sci. Technol.* 15: 163-174.
- THANOS, C.A.; MARCOU, S.; CHRISTODOULAKIS, D. & YANNITSAROS, A.; 1989. Early post fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos island (Greece). *Acta Oecologica/Oecologia Plantarum.* 10(1): 1: 79-94.
- THOMAS, P. A. & WEIN, R.W.; 1990. Jack pine establishment on ash from wood and organic soil. *Can. J. For. Res.* 20(12): 1926-1932.
- THOMAS, P. A. & WEIN, E.W.; 1993. Amelioration of wood ash toxicity and jack pine establishment. *Can. J. For. Res.* 24(4): 748-755.
- TINKER, D.B.; ROMME, W.H.; HARGROVE, W.W.; GARDNER, R.H. & TURNER, M.G.; 1994. Landscape scale heterogeneity in lodgepole pine serotiny. *Can. J. For. Res.* 24: 897-903.
- TOWER, G. E.; 1909. A study of the reproductive characteristics of lodgepole pine. *Proc. Soc. Am. For.* 4: 84-106.
- TRABAUD, L & CAMPANT, C.; 1991. Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp *salzmannii* (Dunal) Franco après incendie. *Biol. Conserv.* 58: 329-343.
- TRABAUD, L. & OUSTRIC, J.. 1989. Heat requirements for seed germination of three *Cistus* species in the Garrigue of southern France. *Flora* 183: 321-325.
- VALDEBUENA, L.& TRABAUD, L.; 1993. Study of the seed bank in a burnt plantation of *Pinus radiata*. *Studia Oecologica* 10-11: 359-365.
- VALDEBUENA, L.; TÁRREGA, R. & LUIS, E.; 1992. Influence of heat on seed germination of *Cistus laurifolius* and *Cistus ladanifer*. *Int. J. Wildl. Fire* 2: 15-20.
- VÁZQUEZ FREIRE, R.; 1993. *Caracterización del banco de semillas contenidas en piñas serotinas en los pinares de P. pinaster Ait. de la Sierra del Teleno (León).* Proy. Fin Carrera. E.T.S. Ingenieros de Montes. UPM. Madrid.
- VEGA, J.A.; 1978a. Influencia del fuego en los hábitos regenerativos de *P. pinaster* y *P. radiata* en Galicia. *Monografía ICONA* 20: 47-49.
- VEGA, J. A.; 1978b. Utilización del fuego controlado en las comunidades vegetales de Galicia. *Bol. Est. Cent. Ecología* 7(14): 1-19.
- VEGA, J.A.; 1999. Historia del fuego de *P. pinaster* en la la cara Norte de Sierra Bermeja. *En: E. Araque (ed.), Incendios históricos: una aproximación multidisciplinar: 279-312.* Universidad Internacional de Andalucía. Gráficas La Paz. Torredonjimeno-Jaén.
- VEGA, J.A. & DIAZ-FIERROS, F.; 1987. Wildfire effects on soil erosion. *Ecología Mediterránea* XII(4): 119-125.