

LA REGENERACIÓN DE PINARES MEDITERRÁNEOS NATURALES CON ESPECIAL REFERENCIA A *PINUS NIGRA* SSP. *SALZMANNII*

R. Alejano Monge

Dpto. de Ciencias Agroforestales. E.P.S. de la rábida. Universidad de Huelva. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (huelca-España). Correo electrónico: ralejano@uhu.es

Resumen

En este texto se revisan los principales factores que afectan a la regeneración natural de los pinares mediterráneos, particularizando para cada especie y haciendo especial referencia a *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*.

Palabras clave: *Regeneración natural, Pinus, Región mediterránea, Factores ambientales, Selvicultura, Competencia*

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE LOS PINARES MEDITERRÁNEOS

"... si el monte ha alcanzado un grado de perfección suficiente, si se ha llegado a crear espesura y cubierta para el suelo, el pino se niega a reproducirse en esas condiciones; es necesario dar luminosidad al terreno, rastrillar y descubrir el suelo para que germinen los piñones y vivan las jóvenes plantitas, hay que quitar los techos y las alfombras de palacio para que el vagabundo colonizador se sienta en su campamento, en su ambiente propio de vida, único que quiere para colocar en él su descendencia"

CEBALLOS, 1947

La regeneración natural forma parte de un proceso más complejo como es la Sucesión ecológica, en la que se materializa la Dinámica vegetal. Su conocimiento es fundamental para prever ésta, y el conocimiento de la dinámica debe ser a su vez la base de la que parte cualquier decisión en la Gestión de los bosques. Para facilitar el estudio de la regeneración ésta se

analiza de forma independiente, pero evidentemente está vinculada al resto de las fases de desarrollo de los bosques. Así, si consideramos las etapas definidas por OLIVER & LARSON (1990) a través de las cuales se transforman las comunidades a partir de una perturbación mayor, la regeneración natural sería básica en la *fase de establecimiento del rodal* y en la *fase de regeneración del sotobosque*, anterior a la última *fase de madurez del rodal*. Siguiendo el modelo de evolución del monte arbolado natural para especies intolerantes definido por MADRIGAL (1992), la regeneración determina la *fase de colonización* que sigue a una perturbación.

El estudio de la regeneración natural de forma genérica implica analizar las fases de fructificación, diseminación, nacimiento y desarrollo de los regenerados, y tratar de conocer cuáles son los factores que influyen en las mismas, cuantificando en lo posible esta influencia. Esto supone grandes complicaciones, debido a los numerosos factores influyentes, a su variabi-

lidad en las áreas de estudio y a la interrelación existente entre ellos, lo que dificulta la generalización de los resultados.

Para el estudio de estos factores que influyen en la regeneración natural de los pinares mediterráneos, voy a dividirlos en una serie de grupos, que se enumeran a continuación, y que se desarrollarán a lo largo de esta ponencia con diferentes citas y ejemplos para las formaciones que nos ocupan, siendo más prolífica en ejemplos relativos a *Pinus nigra*. Los grupos de factores son: clima, factores del medio físico, suelos y litología, luz, competencia intra e interespecífica, ganadería, tratamientos selvícolas, micorrización, factores intrínsecos de la especie, de los individuos y de la masa e incendios.

Clima

El clima influye de forma global en la posibilidad de que una especie habite en un determinado enclave (contribuye a definir su estación), y por lo tanto pueda regenerarse. Su influencia se extiende a todas las fases del proceso de regeneración, con un papel importante en el fenómeno de la vecería.

Para *Pinus sylvestris*, ROJO et al. (1994) consideran que este es el principal factor que afecta a su regeneración natural, afirmando que se trata de una especie vecera, con dos años de cada siete con buena cosecha. DONÉS et al. (1997) afirman que la posibilidad de implantación del regenerado de esta especie está muy ligada a la vecería y a la existencia de lluvias durante el primer verano, conjunción que tarda varios años en darse.

Con respecto a *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*, MACKAY (1919) considera la vecería de la especie determinante para lograr su repoblado natural, afirmando que se precisa una sucesión de lluvias mansas o nevadas abundantes en invierno o primavera y además que la sequía estival ni se anticipe ni se prolongue en demasía. BARNOLA Y ESTEVE (1957) apuntaban a la influencia de la sequía estival en la falta de regenerado. RUBIO JIMENO (1963) considera como factores determinantes de la regeneración de pino salgareño en la Sierra de Cazorla, la vecería de la especie y la vecería de lluvias en verano y principios de otoño y afirma que el clima, y en concreto las otoñadas secas influyen en gran medida en la importante pérdida de plantas en el primer verano. El mismo autor concluye

que la germinación de esta especie comienza cuando se alcanzan temperaturas medias superiores a un cierto nivel, que cifra alrededor de 5°C, y no se detiene aunque bajen estas.

ALEJANO (1997) llega a las siguientes conclusiones con respecto a la influencia del clima en la regeneración natural del pino salgareño, sin que los datos permitan cuantificar esta influencia:

- el incremento de precipitaciones estivales en el año de iniciación de las yemas florales incide de forma positiva en la presencia de regenerado
- cuanto menor es la "K" (cociente del área del climodiagrama en que 2 veces la temperatura media anual es mayor que la precipitación anual total y el área en que 2 veces la temperatura anual total es menor que la precipitación anual total) en el año del nacimiento del regenerado mayor es el número de los mismos.

CIANCO et al. (2000) consideran que la precipitación es el factor ecológico más importante para la regeneración del *Pinus pinea*. Si durante el periodo de caída de la semilla no llueve, la germinación es prácticamente inexistente. También YAGÜE (1997) afirma que la producción de conos en pino piñonero, especie vecera, está muy relacionada con la pluviometría

Factores del medio físico

Los factores del medio físico (altitud, pendiente, orientación...) contribuyen a definir la estación que ocupa la especie y son también por lo tanto determinantes de la regeneración.

Es muy escasa la bibliografía referente a la influencia de este grupo de factores en la regeneración, aunque de forma general los diferentes autores aluden a la influencia de la exposición; así como de la pendiente, que determina las fuerzas erosivas y el tipo de suelo de la ladera.

GARCÍA DÍAZ (1957) Y BARNOLA Y ESTEVE (1957) ven en las pendientes fuertes y exposiciones de solana un impedimento para la regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*. ALEJANO (1997) se basa en su estudio en las Sierras Béticas para afirmar que existe una dominancia de orientaciones de componente norte en las parcelas con mejor regenerado.

Litología, Suelos

La litología en algunos casos, y sobre todo los suelos (profundidad, pH, fertilidad, textura, materia orgánica, etc.), son un factor muy influyente en la regeneración natural de los pinos mediterráneos, con las interacciones que se detallan a continuación.

Para *Pinus sylvestris* DONÉS et al. (1997) afirman que los valores del espesor de mantillo en las zonas regeneradas dentro de su área de estudio varían entre 0,67 y 9,67 cm. GONZÁLEZ MARTÍNEZ Y BRAVO (1997) consideran que la textura del suelo influye en la regeneración, de forma que la preparación del terreno es imprescindible en los tramos con contenido en arena inferior al 80%. MONTERO (1987) (citado por ROJO et al., 1994) considera que en bosques de pino silvestre del Sistema Central existe un exceso de acumulación de pinocha en la superficie que contribuye a incrementar la mortalidad estival de los diseminados que nacen en primavera. Según tres estudios sobre regeneración de pino silvestre en el monte Cabeza del Hierro de la provincia de Madrid (MORILLO, 1987; RUBIO, 1987; SANTOS, 1987, citados por ROJO et al. 1994) las zonas con buena regeneración tienen capas de pinocha entre 4 y 7 cm de espesor y 10 cm es el límite de profundidad que puede establecerse como indicador de buena o mala regeneración.

Los factores edáficos son frecuentemente analizados como responsables de la distribución de la regeneración del *Pinus nigra* ssp. *salzman-*

nii. Así, RUBIO JIMENO (1963), afirma que los análisis de suelos realizados en las parcelas muestreadas de las Sierras de Cazorla y Segura, mostraron que aquellas con buena regeneración tenían una concentración de carbonatos del 2 al 2,5%, mientras que donde no prendía el repoblado natural se obtenían cantidades del 3,5 al 13%, y donde la repoblación artificial agarraba pero no crecía, se llegaba al máximo citado. El contenido en caliza activa, indicaba también unas cifras superiores en las parcelas sin regenerado que en aquellas que lo poseían. Muestras de buen regenerado daban un pH ligeramente ácido o neutro (6,5 a 7) y las que no regeneraban, neutro o ligeramente alcalino (7 a 7,2).

En su tesis doctoral, ALEJANO (1997) analizó una muestra de los 20 cm. más superficiales de suelo en sus parcelas de ensayo. En este trabajo se trató de diferenciar los factores que afectan a la presencia de diseminado (considerando como tal las plántulas del año) y los que afectan a la presencia de regenerado (mayores del año y menores de 7,5 cm. de diámetro a un tercio de la altura desde su base). Los datos obtenidos llevan a la autora a afirmar que la textura arenosa tiene una influencia positiva en la presencia de diseminado (el 78,5% de las parcelas muestreadas con presencia de diseminado el porcentaje de arena es superior al 30%) y de regenerado (un 84% de las parcelas con mejor regenerado tienen en el suelo porcentajes de arena mayores del 30%, existiendo un máximo para parcelas con

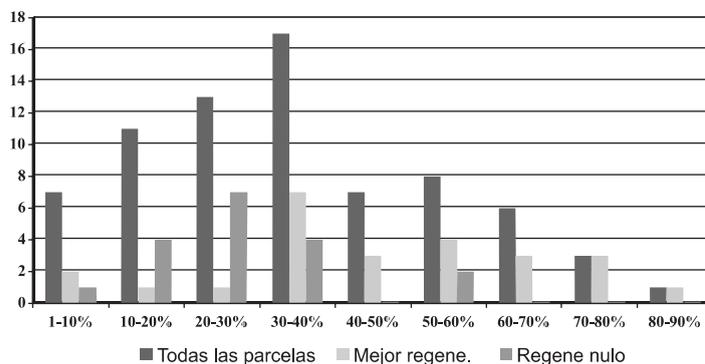


Figura 1. Distribución del porcentaje de arena de los 20 cm superficiales de suelo, en relación con el nº de regenerado (ALEJANO, 1997).

un porcentaje entre 30 y 40; también se comprueba la relación inversa, un 66,6% de parcelas sin regeneración tiene en el suelo porcentajes de arena menores del 30%, y un 84% de parcelas con mejor regeneración tiene porcentajes de arcilla menores del 20%) (figura 1).

Siguiendo con los datos de suelo del estudio anterior la autora observa que una elevada concentración de nitrógeno (nitrógeno total en %) puede considerarse negativa para el regenerado, que aparece en mayor cuantía en parcelas con baja concentración de este nutriente en el suelo (valores de 0,1 a 0,2 %, los más bajos del rango). Niveles altos de nitrógeno podrían además favorecer efectos indirectos como la expansión de las gramíneas que al producir encespedamiento impedirían, o influirían negativamente en la aparición de diseminado. Las parcelas con buen regenerado se concentran donde los valores de calcio de cambio oscilan entre 14 y 20 meq/100 gr, mientras que en parcelas sin regeneración, los valores de esta variable están por encima de 20. También el porcentaje de materia orgánica parece influir negativamente en la presencia de regeneración, de forma que un 32% de las parcelas con buena regeneración tiene porcentajes de materia orgánica entre un 5 y un 7%. Al aumentar el porcentaje de materia orgánica, el número de regenerados disminuye, de forma que las parcelas con buena regeneración y porcentajes de materia orgánica mayores del 11% representan un 20% del total muestreado (figura 2).

Luz

La luz que llega al suelo directamente o a través del calor que aporta generalmente se considera el elemento determinante en la renovación de las especies forestales (BISCHOFF, 1987). La luz es además uno de los factores estudiados que el selvicultor puede manejar con más facilidad.

ROJO *et al.* (1994) consideran que el *Pinus sylvestris* es una especie heliófila (una radiación cercana al 100% es óptima para el crecimiento del pino silvestre, y una radiación cercana al 35% produce la máxima tasa de germinación, según ROUSSEL, 1972). Su ciclo de sucesión se basa en la existencia de una perturbación y la consiguiente colonización de zonas abiertas con las etapas definidas por MADRIGAL (1992) para este tipo de masas. ROJO (1994) afirma que la experiencia ha demostrado que cuando se abre una pista, un cortafuegos o un arrastradero se produce un inmediato y pujante regenerado. Esto puede deberse a que la puesta en luz repentina realiza un efecto similar a la mineralización total de la pinocha al dejar la tierra mineral al descubierto, pero también considera que la iluminación lateral de los árboles de los bordes puede originar las condiciones de media luz que precisan los brinzales de la especie para instalarse y desarrollarse.

DONÉS *et al.* (1997) afirman que el inicio de la regeneración del pino silvestre va siempre ligado a la existencia de un hueco con área asimétrica y densidad menor que la de la masa de

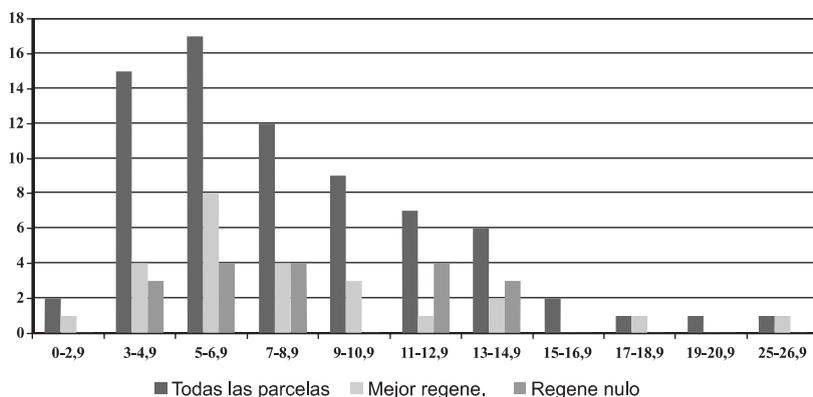


Figura 2. Distribución del porcentaje de materia orgánica presente en los 20 cm. superficiales de suelo, en relación con el nº de regenerado (ALEJANO, 1997).

alrededor. En concreto afirman que valores de masa próximos a 40 m²/ha asociados a huecos con valores de áreas basimétricas inferiores a 29,5 m²/ha favorecerán en gran manera la existencia de regenerado, lo que se corresponde con cifras de 285 pies/ha y 209 pies/ha respectivamente. Para el pinar de Navafría se consideró que con áreas basimétricas menores de 12- 15 m²/ha se conseguía la repoblación, lo que se correspondía con densidades de 87-108 pies/ha (MARTÍNEZ DEL PISÓN, 1948; ROJO, 1994).

ALEJANO (1997) considera que el área basimétrica incide significativamente en el número de regenerados existentes en las parcelas de ensayo de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*. Así un 92,5 % de las parcelas con buena regeneración tienen áreas basimétricas menores de 50 m²/ha, y en un 33 % de estas últimas el valor de esta variable oscila entre 20 y 30 m²/ha (figura 3). La misma autora llega a la conclusión de que las parcelas con mejor regeneración se instalan en zonas del monte con fracción de cabida cubierta¹ entre un 40 y un 60 %, y el tamaño medio de huecos adecuado para la regeneración es de 200- 300 m²/ha.

Con respecto al factor luz es interesante añadir la variabilidad de temperamento del pino salgareño en las distintas franjas altitudinales de la zona estudiada (con altitudes variables en función de otros factores ecológicos tales como suelo, orientación...), variabilidad que indudablemente influye en la presencia de regeneración. Así, a grandes

rasgos se observan tres zonas de comportamiento diferente: el denominado piso superior de montaña (por encima de 1600 m), la zona de media montaña (entre 1200 y 1600 m), y la baja montaña (por debajo de 1200 m). Es en la media montaña donde el *Pinus nigra* se comporta de forma tradicional, como especie de media luz/media sombra, mientras que en la alta montaña se comporta como especie heliófila, y en la baja montaña como oportunista, es decir aprovechando huecos que se abren en la masa por diferentes circunstancias y donde las frondosas, que se encuentran en su óptimo ecológico en estas zonas, no pueden entrar (ALEJANO Y MARTÍNEZ, 1999).

En un estudio sobre la regeneración natural de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* en el sur de Francia (TRABAUD et al., 1991) se observa que el tamaño de huecos con más regeneración es de 50 m², seguido de los huecos de 150 m², disminuyendo la regeneración para aperturas de la masa mayores.

En su trabajo sobre regeneración natural de repoblaciones de *Pinus nigra* ssp. *nigra* en el valle de Bidenti (Forli), PRETO (1983) afirma que la regeneración es escasa y no asegura la perpetuación de las masas y considera que esta dificultad se debe en gran parte a la falta de tratamientos selvícolas encaminados a reducir la excesiva densidad para crear condiciones favorables de iluminación del suelo. Sus conclusiones se resumen a continuación: la regeneración

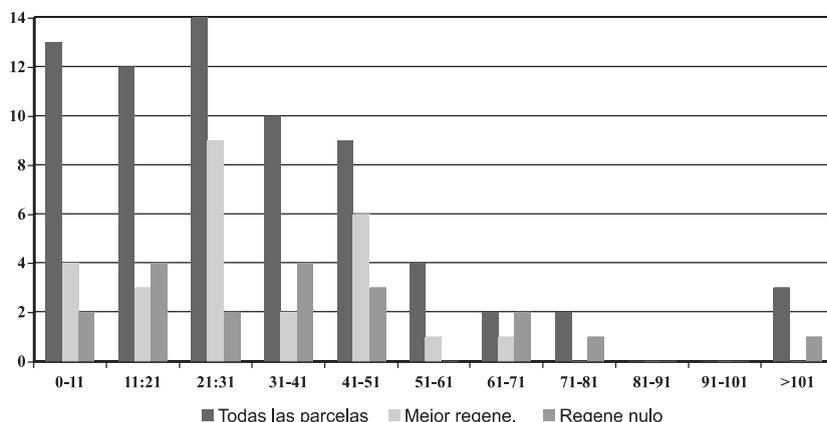


Figura 3. Distribución del área basimétrica en las parcelas en función del regenerado (ALEJANO, 1997).

es menor cuanto mayor es la densidad de la masa, considerando que la regeneración en zonas con más de 30 m²/ha de área basimétrica es totalmente esporádica; la fracción de cubierta y el volumen adecuados para una buena regeneración oscila entre 20-40% y 99-112 m³/ha respectivamente; la diversidad en todos los sentidos (en cuanto a número de estratos verticales ocupados por las copas, distribución de edades y especies) favorece la regeneración. Así, donde las copas ocupan más de un estrato vertical pueden alcanzarse buenas regeneraciones con áreas basimétricas mayores de 35 m²/ha.

El pino piñonero es una especie considerada heliófila, por lo que en principio no cabe esperar regeneración bajo cubierta, pero esta afirmación es discutible puesto que la luz no es el único factor y se ve atenuado por otros factores (CIANCIO et al. 2000). Observaciones de LOISEL (1967) en el sur de Francia le llevan a afirmar que este pino se encuentra en condiciones favorables para regenerarse cuando hay una cubierta de matorral que protege a la semilla frente a los cambios de temperatura del suelo, insolación y pérdidas de humedad. También MASETTI & MECUCCINI (1991) han observado que las mejores condiciones de germinación se dan en formaciones de romero y brezo, y no en zonas abiertas.

Competencia intra e interespecífica

La competencia de las plántulas entre sí y con individuos de otras especies tiene una importante influencia en distintas fases del proceso de regeneración: en la germinación, supervivencia y posterior desarrollo de los regenerados.

La presencia de herbáceas produce, de acuerdo con MONTERO (1987) (citado por ROJO et al., 1994) un doble efecto sobre la regeneración de *Pinus sylvestris*: como barrera física y como competencia por tener potentes sistemas radicales.

Respecto a la influencia de la competencia con otras especies en la regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii*, CAPPELLI (1972) atribuye la dificultad de la misma a la presencia abundante de gramíneas, y en concreto de *Brachypodium pinnatum*, que reduce las condiciones de iluminación por debajo de las mínimas requeridas por la especie para regenerarse; no permite a la raíz de la plántula alcanzar el suelo mineral; y en caso de que lo consiga, su

supervivencia está limitada por la competencia hídrica y trófica con el *Brachypodium*.

Analizando la competencia entre especies ALEJANO (1997) llega a una relación entre la presencia/ausencia de especies herbáceas encespedantes (en concreto *Brachypodium retusum*, *Brachypodium phoenicoides* y *Oryzopsis paradoxum*) y la presencia/ausencia de regeneración de pino salgareño, en el sentido que cuando aparecen estas especies la regeneración se ve impedida o limitada de forma considerable. La influencia negativa del *Brachypodium retusum* puede interpretarse también como indicadora de condiciones estacionales de mayor xericidad, que resultan menos adecuadas para la regeneración de esta conífera.

DE LAS HERAS et al. (1999) afirman que en la regeneración post fuego de *Pinus halepensis* se produce una importante competencia entre éste y el *Cistus monspeliensis*, lo que afecta a sus sistemas radicales. La eliminación del matorral de jara implica una disminución de la mortalidad natural de las plántulas de pino carrasco y un incremento del crecimiento de las mismas durante el primer año posterior a la extracción y especialmente durante los seis primeros meses. Pero parece que esta competencia no compromete la regeneración, puesto que en el artículo se afirma que existen fuertes densidades de este pino después del fuego.

KONSTANTINIDIS & CHATZPHILIPPIDIS (1994) en su estudio sobre regeneración de pino carrasco después de incendios concluyen que esta especie adelanta en regeneración a las especies que brotan, sobre todo en los peores sitios, mostrando un crecimiento importante que le ayuda a superar el crecimiento de los arbustos que brotan.

Ganadería.

"...nacem espesos y lozanos los pinitos que sólo necesitarían para criarse y reemplazar a los que con prisa tan codiciosa se sacan de estas montañas, que se les librara por algunos años de la vista del ganado, que se les dejara desarrollarse hasta que su altura les defendiera del diente de las cabras"

LAGUNA, 1891

La importancia de este factor referente a la regeneración natural es nombrada por numerosos autores, especialmente en el medio mediterráneo, aunque en pocos casos se cuantifica.

ROJO et al. (1994) analizan la influencia de este factor en la regeneración de *Pinus sylvestris*, diferenciando situaciones en distintas bandas altitudinales. Consideran que la solución del problema es sencilla en su planteamiento pero difícil de llevar a la práctica

En su tesis doctoral sobre regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* en las Sierras Béticas, ALEJANO (1997) afirma que el uso ganadero supone un conflicto para la persistencia de las masas en determinadas áreas, si no se controla la carga y se protegen los tramos en regeneración, La misma autora observa que en zonas altas donde las cargas ganaderas son importantes, la especie ha desarrollado mecanismos de protección para perpetuarse. Así es frecuente en estos enclaves de las cordilleras Béticas la asociación entre pinos muy longevos y de grandes copas (como consecuencia de su desarrollo en masas de densidades bajas) y sabinas y enebros rastreros que crecen bajo su sombra. En el centro de estas matas se regeneran numerosas especies (madreselvas arbóreas, rosas, majuelos, arces, agracejos...) buscando la protección frente al diente del ganado, y entre ellas es frecuente ver también al pino salgareño. El hozado del jabalí, con levantamiento y remoción de horizontes superficiales dejando al descubierto la tierra mineral, origina una verdadera "bina", que con el tiempo puede ocupar superficies importantes. Este fenómeno se ve incrementado por el aumento de las poblaciones observado en la mayoría de los montes.

PICARD et al. (1994) en un estudio sobre la influencia de las poblaciones de ciervos sobre la regeneración de los abetares de los Vosgos, concluyen que no mejora la regeneración natural solamente impidiendo el acceso de animales, ya que la vegetación adventicia también aprovecha este cerramiento desarrollándose con fuerza. En zonas cercadas desaparecen hasta un 52% de los diseminados y en las no cercadas siempre más de un 64% y hasta un 82%.

Tratamientos selvícolas

La influencia humana es determinante en la regeneración de las especies en la medida en que es capaz de modificar factores como la luz, presencia de vegetación adventicia, presencia de ganado, etc., a través de diferentes tipos de actuaciones.

ROJO et al. (1994) analizan la influencia de las cortas a hecho y del aclareo sucesivo (métodos más frecuentemente usados) sobre la regeneración de *Pinus sylvestris*, y concluyen que las cortas a hecho no son un buen método para conseguir la regeneración "estrictamente" natural de esta especie, ya que esta requeriría una preparación intensa del suelo y las semillas de este pino precisan para germinar y desarrollarse una ligera cubierta en sus primeras edades. Con respecto al aclareo sucesivo afirman que la dificultad estriba en conocer qué densidades deben dejarse en la masa en cada una de las fases de este tratamiento, y afirman que el método ha fracasado a menudo en lo referente a obtener la regeneración natural debido a su incorrecta aplicación e incluso a su "no" aplicación.

SERRADA et al. (1994) llegan a la conclusión de que la regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* en el sistema Ibérico está impedida por el tratamiento de los montes mediante aclareo sucesivo con periodos de regeneración cortos (20 años); y afirman que periodos de regeneración mayores permiten una mejor regeneración. Esta misma idea fue ya defendida por GARCÍA DÍAZ (1945, 1957). El autor considera como medida de prudencia no pasar de la corta diseminatoria mientras no se haya logrado el diseminado en el tramo o parte del tramo en cortas de reproducción, puesto que lo contrario sería "agravar la situación del monte para tratar de salvar el método de tratamiento".

En su tesis doctoral ALEJANO (1997) comprueba al analizar la evolución histórica de la ordenación del monte Navahondona a través de su inventario, que en el periodo 1893-1979 el número de pies se ha incrementado pasando de 901.596 en el proyecto original a 1.011.800 en la 5ª Revisión (1979) habiéndose extraído en este periodo un total de 524.000 pies. Las existencias han pasado de 884.656,369 m³ a 765.005,81 m³ habiéndose extraído 849.943,03 m³ Esto supone que se ha producido una renovación de la masa, y por lo tanto que los aprovechamientos de los montes no son solo compatibles con su regeneración, sino beneficiosos para la misma, evidentemente siempre que se usen criterios racionales. A esta conclusión se llega también al contrastar los datos de las parcelas muestreadas estratificándolos por usos principales del suelo, resultando que

el número de regenerados es significativamente mayor en la zona caracterizada por la existencia de aprovechamientos hasta hoy, que en las parcelas incluidas en el Área de Reserva del Parque Natural de Cazorla, Segura y Las Villas.

MARTÍNEZ SÁNCHEZ *et al.* (1996) en su estudio sobre la influencia de la corta y extracción de la madera quemada después de un incendio en un pinar de *Pinus halepensis* concluyen que transcurridos treinta meses tras el incendio, la corta y extracción de la madera quemada en el mismo no afecta significativamente a la densidad de plántulas de pino carrasco, al crecimiento de las mismas ni a la tasa de mortalidad de las plántulas supervivientes en comparación con zonas testigo donde no se cortó ni sacó la madera.

Micorrización

Durante un tiempo el diseminado no depende de micorrizas comportándose como una planta herbácea. Las micorrizas se instalan en el estadio de germinación, y su efecto positivo en la supervivencia y desarrollo del regenerado parece innegable. La rapidez y calidad de la micorrización está condicionada por factores ambientales como luz o tipo de humus, y algunos de los efectos que producen son: favorecer la asimilación de nutrientes, en especial nitrógeno, fósforo y potasio (LEPOUTRE, 1957-61) disminuyendo o atenuando carencias; estimular el crecimiento radicular en otoño y en verano o atenuar las condiciones de sequía permitiendo que el diseminado se beneficie inmediatamente de las precipitaciones tormentosas (PONGÉ *et al.*, 1994).

Factores intrínsecos de la especie, de los individuos y de la masa

Además de los factores externos, la regeneración de los pinares mediterráneos está influida por factores intrínsecos a la propia especie, masa o individuo concreto. Algunos de estos factores son los siguientes: antigüedad de la especie, distribución, diversificación, edad de la población, tipo de crecimiento, edad a la que empieza a producir semilla fértil, vecería de la especie, capacidad o potencialidad de cada individuo en concreto para fructificar, densidad de la masa, etc.

CEBALLOS Y RUIZ DE LA TORRE (1979) achacan los problemas de regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* especie a su actual diversificación y distribución fragmentada en pequeños

grupos disyuntos que derivan de la antigüedad de la especie, afirmando que procede de un grupo de pinos que ya existía en el Cretáceo Inferior.

Incendios

El fuego es un factor de diversidad que crea heterogeneidad espacial y permite la colonización por parte de nuevos individuos en los espacios que abre. Es un factor evolutivo fundamental en los ecosistemas mediterráneos, presionando a la vegetación para el desarrollo de estrategias de supervivencia, hasta tal punto que la regeneración de algunas especies depende íntimamente de esta perturbación (THANOS *et al.*, 1989)

Aunque en España *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* se consideran especies oportunistas con alta resiliencia a las perturbaciones, ambas especies presentan problemas de regeneración después de incendios, como se ha verificado en montes de Cataluña y Cuenca. Según ESCUDERO *et al.* (1997) la cubierta de la semilla protege al embrión por debajo de temperaturas de 70 °C, muy bajas para incendios, y el embrión sucumbe cuando la temperatura sube, lo que evidentemente puede afectar a su regeneración después del fuego.

De un interesante trabajo de TRABAUD & CAMPANT (1991) sobre la regeneración de *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* después de incendio en el Sur de Francia, obtenemos las siguientes afirmaciones: la especie no disemina justo después del fuego por lo que su regeneración sólo puede venir de la semilla enterrada en el suelo o de pies de edad productores de semilla; si hay alguna perturbación natural, en concreto los incendios, que dificultan la regeneración, esta puede quedar amenazada (con una frecuencia de un fuego cada 10 años, este puede convertirse en un agente de destrucción del pinar); las plántulas no resisten a la sequía del verano característica del clima mediterráneo ni a la competencia de otras especies (herbáceas y leñosas) que surgen después del fuego. Las dificultades edáficas (pendientes del 30 o 40%, roca madre dolomítica que forma arenas en superficie, etc.) y climáticas, suponen limitaciones hídricas que afectan a un 85% de las plántulas y son letales para los diseminados de 1 o 2 años.

Para GUARDIA (1988), la dificultad de *Pinus nigra* para regenerarse después de un incendio es consecuencia de las características de la propia

especie, más que del fuego en sí. Estas características son: fructificación irregular muy abundante cada 3-4 años y escasa en los restantes, complicándose con la sequía de verano y otoño; sus plántulas precisan protección en sus primeros años; su crecimiento es lento lo que le hace vulnerable a la sequía y al ganado durante un mayor número de años; es, de los pinos españoles, el que más tarda en producir semillas fértiles.

ALEJANO (1997) destaca la incidencia negativa que pueden tener los incendios en enclaves relicticos de *Pinus nigra*, y en concreto en los existentes en el Sureste peninsular, con densidades bajas o incluso distribuidos en forma de pies aislados en medio de masas repobladas. Aquí los incendios pueden ser causa de la desaparición de estos importantes restos de la especie, al no existir pies (que han podido morir en el incendio) capaces de perpetuar la masa, o por ser poblaciones de edad avanzada que se encuentran en suelos muy limitantes para el desarrollo de un nuevo regenerado.

MARTÍNEZ SÁNCHEZ et al. (1996) observaron en su estudio sobre regeneración post-fuego de *Pinus halepensis* que el primer otoño tras el incendio la regeneración ya se ha producido, y no hay una emergencia significativa de plántulas a partir de los 18 meses tras la perturbación.

DASKALAKOU & THANOS (1996) concluyen que en bosques no quemados de Grecia los pinos carrascos mantienen un alto porcentaje (40- 60%) de los conos del año cerrados, creando de esta manera un banco aéreo de semillas, que al menos durante tres años mantienen la viabilidad total, viabilidad que va disminuyendo (según estudio realizado hasta el año 50) pero se puede afirmar que los conos de más de 20 años aún poseen un porcentaje importante de semilla viable. Además el pino carrasco crea un banco de semillas en el suelo, que no es excesivamente grande, pero que se ve incrementado después del fuego como consecuencia de la apertura inducida de los conos. Al igual que otros autores afirman que la regeneración post fuego de esta especie se produce de forma casi exclusiva el primer año que sigue a la perturbación.

TAPIAS et al. (1997) encuentran diferentes grados de serotinidad y precocidad en la floración en poblaciones estudiadas de *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis*, mientras que las pobla-

ciones de *Pinus pinea* y *Pinus nigra* carecen de conos serotinos y precocidad reproductiva.

REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES

"Y siendo la duración de toda forma orgánica harto transitoria, fuerza es que las plantas posean en grande escala la facultad de multiplicarse, si no ha de verse la tierra privada de su verde cubierta y amenazada la existencia de los animales que la pueblan y la animan. Y, en efecto, esa facultad es variadísima y admirablemente acomodada a las condiciones en que cada planta vive"

LAGUNA, 1891

Es frecuente que la regeneración natural de las especies forestales no se produzca en la forma y medida que se espera, y podemos afirmar que en este proceso existe una componente de azar. El conocimiento del proceso de regeneración de las masas implica una visión integrada de la dinámica forestal lo que en ocasiones se contrapone con los objetivos de la gestión.

Es interesante la aplicación de modelos matemáticos al proceso, como una herramienta que permita tomar decisiones al gestor, permitiendo definir zonas con similar capacidad regenerativa. Estas zonas podrán utilizarse como base para el establecimiento de las unidades de gestión utilizando este criterio como prioritario.

Una recomendación práctica para los gestores de masas forestales con problemas de regeneración, es que utilicen algún rodal con buena regeneración para hacer un estudio de los factores que la determinan lo que le ayudará a tomar decisiones a escala local, aunque lo deseable es llevar a cabo estudios más globales que permitan pautas de actuación generalizables.

Notas

- 1 La fracción de cabida cubierta media en este estudio es lo que se ha denominado fracción de cabida cubierta fotográfica, que se diferencia de la convencional en que las copas no se consideran opacas y la proyección sobre el suelo de las mismas no es totalmente vertical.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEJANO, R.; 1997. Regeneración de *Pinus nigra* Arn. ssp. *Salzmannii* en las Sierras Béticas. Tesis Doctoral (inéd.). Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- ALEJANO, R. & MARTÍNEZ, E.; 1999. Síntesis de situaciones ecológicas diferenciadoras del comportamiento de *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* en el núcleo de sierras de Cazorla y Segura. *Montes* 58: 17-25.
- BARNOLA GARCÍA, J.M. & ESTEVE VERA, A.; 1957. Reproducción natural de *Pinus nigra* en los montes de la Sierra de Cazorla y Segura y en la provincia de Cuenca. *Anales IFIE* 2: 31-38.
- BISCHOFF, N.; 1987. *Sylviculture en montagne. Guide pour la création et le traitement des forêts de montagne*. Office Fédéral des Forêts et de la protection du paysage. Berna.
- CAPPELLI, M.; 1972. *Variazioni di luce, dipendente dal diverso grado di copertura sulla rinnovazione del pino nero e sull'humus nelle pinete di M. Tegolaro come premessa di trattamento*. Inédito. Ispettorato Departimentale della Foresta. Ancona.
- CEBALLOS Y FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA, L.; 1947. Síntesis Botánica del género *Pinus*. *Revista de Montes* 18: 1-12.
- CEBALLOS Y FERNÁNDEZ DE CORDOBA, L. Y RUIZ DE LA TORRE, J.; 1979. *Árboles y arbustos de España*. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- CIANCIO, O; MERCURIO, J. & NOCENTINI, F.; 2000. *Theoretical and practical aspects of stone pine stand management*. IUFRO meeting Mediterranean sylviculture with emphasis in *Quercus suber*, *Pinus pinea* and *Eucalyptus* sp. Sevilla (Spain). Preliminary proceedings. Department of Silviculture. Center of Forest Research. National Institut of Agricultural Research.
- DASKALAKOU, E. & THANOS, C.; 1996. Aleppo pine (*Pinus halepensis*) post fire regeneration; the role of canopy and soil seeds banks. *Int. J. Wildland Fire* 6(2): 59-66.
- DE LAS HERAS, J.; MARTÍNEZ SÁNCHEZ, J.J.; GONZÁLEZ-OCHOA, A.I.; FERRANDIS, P. Y HERRANZ, J.M.; 1999. Desarrollo y mortalidad de plántulas de *Pinus halepensis* Mill. en competencia con *Cistus monspeliensis* L. Durante los primeros 4 años post-incendio. *Cuad. Soc. Esp. Cie. For.* 10: 31-36.
- DONES, J.; RUIZ, S.; CABRERA, M. & GONZÁLEZ, M.; 1997. Densidad y área basimétrica óptima para el inicio de la regeneración en el monte Pinar de Valsaín. *En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, IV: 225-230. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- ESCUADERO, A.; BARREO, S. & PITA, J.M.; 1997. Effects of high temperatures and ash of seed germination of two Iberian pines (*Pinus nigra* ssp. *salzmannii* and *Pinus sylvestris*). *Ann. Sci. For.* 54(6): 553-562.
- GARCÍA DIAZ, E.; 1945. El tratamiento del pino laricio. *Revista de Montes* 4: Julio- Agosto.
- GARCÍA DIAZ, E.; 1957. El tratamiento del pino laricio en la Serranía de Cuenca. *Revista de Montes* 4: 5-10.
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ, S.C. & BRAVO, F.; 1997. Estudio y caracterización de la regeneración de 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: 297-303. Gráficas Pamplona. Pamplona
- GUARDIA LLEDO, G.; 1988. *Efectos de los fuegos en árboles y arbustos de los montes conquenses*. Diputación Provincial de Cuenca. Cuenca.
- KONSTANTINIDIS, P. & CHATZIPHILIPPIDIS, G.; 1994. Natural regeneration of a mediterranean aleppo pine ecosystem after fire. *Inv. Agrar.-Sist. Rec. For. Fuera de serie* 3: 343-348.
- LAGUNA, M.; 1891. *Montes y plantas*. Imprenta Moreno Rojas. Madrid.
- LEPOUTRE, B.; 1957- 61. Recherches sur les conditions edaphiques de régénération des cedraies marocaines. *Ann. Rech. For. Maroc*. 6(2): 1-21.
- MACKAY, E.; 1919. *1ª Revisión del Proyecto de Ordenación del Monte Navahondona*. Doc. Interno.
- MADRIGAL, A.; 1992. Selvicultura y Organización de los bosques. *En: A. Sáenz de Miera (coord.), La Sierra de*

- Guadarrama. *Naturaleza, Paisaje y Aire de Madrid.*: 127-139. Agencia de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. Madrid
- MARTÍNEZ DE PISÓN, M.; 1948. *Defensa del Método denominado Ordenar transformando.* Escuela Especial para Ingenieros de Montes. Madrid.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, J.J.; HERRANZ, J.; GUERRA, J. & TRABAUD, L.; 1996. Natural recolonization of *Pinus halepensis* Aiton in burnt forests of Sierra de Alcaraz-Segura mountain system (SE Spain). *Ecologia Mediterranea* 22: 17-24
- MASETTI, C. & MECUCCINI, M.; 1991. Régénération naturelle du pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la pineta Granducale di Alberese (Parco naturale delle Maremma, Toscana, Italia). *Ecologia Mediterranea* 117: 103-118.
- MONTERO, G.; 1987. *1ª Revisión del proyecto de Ordenación del Monte Cabeza del Hierro (Rascafría, Madrid).* 140 pp (citado por ROJO et al., 1994).
- MORILLO, J.M.; 1987. *Estudio de las causas que limitan la regeneración natural de Pinus sylvestris L. en el cuartel D del monte Cabeza del Hierro.* Trabajo fin de carrera. E.U.I.T.F. Madrid. Madrid.
- OLIVER, C.D. & LARSON, B.C.; 1990. *Forest Stand Dynamics.* Ed. Mc Graw Hill Inc. New York.
- PICARD, J.F.; BALLON, P.; COLIN, G. & FROCHOT, H.; 1994. Incidence des populations des cervidés sur la régénération du sapin dans les Vosges. *Rev. For. Franç.* XLVI(2): 137-151.
- PONGE, J.F.; ANDRE, J.; BERNIER, N. & GALLET, C.; 1994. La régénération naturelle: connaissances actuelles. Le cas de l'Épicéa en forêt de Macot (Savoie). *Rev. For. Franç.* XLVI(1): 25-44.
- PRETO, G.; 1983. Il pino nero nella Val de Bidente (Forlì). Aspetti della rinnovazione naturale. *Ann. Ist. Sperim. Selvicoltura.*
- ROJO, A.; 1994. *Crecimiento y Producción de Pinus sylvestris L. en la Sierra de Guadarrama.* Tesis Doctoral (inéd.). E.T.S.I. Montes. Madrid.
- ROJO, A.; MONTERO, G. & ORTEGA.; 1994. Natural regeneration in *Pinus sylvestris*. *Inv. Agrar.-Sist. Rec. For. Fuera de Serie* 3: 103-107.
- ROUSSEL, L.; 1972. Espèces forestières d'ombre et de lumière. Quelques caractéristiques physiologiques. *Comptes-Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France* 64: 1215-1223.
- RUBIO, L.V.; 1987. *Estudio de las causas que limitan la regeneración natural de Pinus sylvestris L. en el cuartel B del monte Cabeza del Hierro.* Trabajo fin de carrera. E.U.I.T.F. Madrid.
- RUBIO JIMENO, F.; 1963. Ordenación y Selvicultura en los montes de pino laricio. Su financiación. *II Asamblea Técnica Forestal*, nº 46. Dirección General de Montes.
- SANTOS, M.; 1987. *Estudio de las causas que limitan la regeneración natural de Pinus sylvestris L. en el cuartel E del monte Cabeza del Hierro.* Trabajo fin de carrera. E.U.I.T.F. Madrid.
- SERRADA, R.; DOMÍNGUEZ, S; SÁNCHEZ, M.I. & RUÍZ, J.; 1994. El problema de regeneración de *Pinus nigra* Arn. *Montes* 36: 52-57.
- TAPIAS, R.; BERTOMEU, M.; GIL, L.; PARDOS, J.A.; 1997. El papel evolutivo del fuego como factor de selección natural en masas de pinos mediterráneos. Estudio de los conos serotinos 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: 455-461. Gráficas Pamplona. Pamplona.
- THANOS et al.; 1989. Early post fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos Island (Greece). *Acta Oecologica/Oecologia Plantarum* 10(1): 79-94.
- TRABAUD, L. & CAMPANT, G.; 1991. Difficulté de colonisation du pin de Salzmann (*Pinus nigra* ssp. *salzmanii* Dunal. Franco) après incendie. *Biological Conservation* 58: 329-343.
- YAGÜE, S.; 1997. Selvicultura mediterránea para una especie mediterránea: el pino piñonero (*Pinus pinea*) en la provincia de Ávila. En: F. Puertas Tricas y M. Rivas (eds.), *Actas del II Congreso Forestal Español y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, IV: 571-576. Gráficas Pamplona. Pamplona.