



P.A. Tíscar^{1*}, A.D. García-Abril², M. Aguilar^{2,3}, A. Solís³

¹ Centro de Capacitación y Experimentación Forestal. 23470 Cazorla (Jaén)

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid

³ Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 19071 Guadalajara

* Correo electrónico: pedroa.tiscar@juntadeandalucia.es

51

Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza: potencialidades y principios para su aplicación en los pinares de montaña mediterráneos como medida de adaptación al cambio climático

Resultados clave

- La gestión forestal próxima a la naturaleza genera bosques estructuralmente diversos de manera congruente con la heterogeneidad subyacente de condiciones ecológicas, e imita los regímenes naturales de perturbaciones menores.
- Se basa en intervenciones frecuentes orientadas por principios económicos y ecológicos, que coincidan con la idea de gestión adaptativa y de gestión forestal sostenible.
- La aplicación de la gestión forestal próxima a la naturaleza en un escenario de cambio climático se puede fundamentar científicamente. Por esta razón, sería recomendable ensayarla en los pinares de *Pinus nigra*, *P. sylvestris* y *P. uncinata* como medida de adaptación al cambio climático.
- Entre otras fortalezas, la gestión forestal próxima a la naturaleza es conveniente para la gestión de los montes privados y de poca extensión, que abarcan más del 60% de la superficie forestal española.

Contexto. Gestión adaptativa frente al cambio climático y gestión forestal próxima a la naturaleza

El ejercicio de la gestión forestal se viene revisando desde la Cumbre de Río de Janeiro de 1992 (CNUMAD 1992) por al menos dos razones: (i) incorporar a sus principios y técnicas los criterios de sostenibilidad, en particular el mantenimiento de la biodiversidad en los bosques explotados por una sociedad que demanda recursos forestales, (ii) y, ya durante los últimos años, adaptarse a las consecuencias del cambio climático (Hunter 1999, Vericat et al. 2012, Camprodon 2011, FSC

1996, PEFC 2008). Estas exigencias de sostenibilidad y de adaptación al cambio climático adolecen de fuertes incertidumbres que dificultan la toma de decisiones en un sector donde, por otro lado, los gestores disponen de pocos recursos.

El mantenimiento de la biodiversidad presenta incertidumbres relacionadas con la naturaleza inconmensurable del propio concepto. Así, el número de especies que habitan el bosque es enorme y nunca podremos estar seguros de cómo interfiere la gestión forestal con su conservación. La principal incertidumbre respecto del cambio climático procede del nivel de predicción de los modelos existentes. Estos delimitan un escenario general de temperaturas elevadas y pautas de lluvia alteradas, pero son incapaces de predecir la dirección y magnitud del cambio a la pequeña escala que necesita el gestor forestal. Esta baja resolución es más evidente en las zonas montañosas, refugio de la mayor parte de los bosques que nos quedan, donde las pautas locales de precipitación y evapotranspiración están fuertemente determinadas por la geomorfología (Linares & Tíscar 2010).

La gestión adaptativa se ha propuesto como una estrategia adecuada para superar estas y otras incertidumbres relacionadas con la gestión forestal en un mundo cambiante y, por tanto, constituye un marco conceptual adecuado para afrontar la gestión del bosque en un escenario de cambio climático. Concretamente, la gestión adaptativa propone utilizar cada actividad selvícola como parte de un experimento realizado a gran escala para comprobar hipótesis y/o validar predicciones realizadas a partir de nuestro conocimiento científico, con el objetivo último de mejorar la gestión forestal (Vericat et al. 2012, Bravo et al. 2008). Se trataría, pues, de una gestión dinámica, basada en el seguimiento continuado de los tratamientos aplicados y en la consideración del monte como un gigantesco laboratorio. Este enfoque

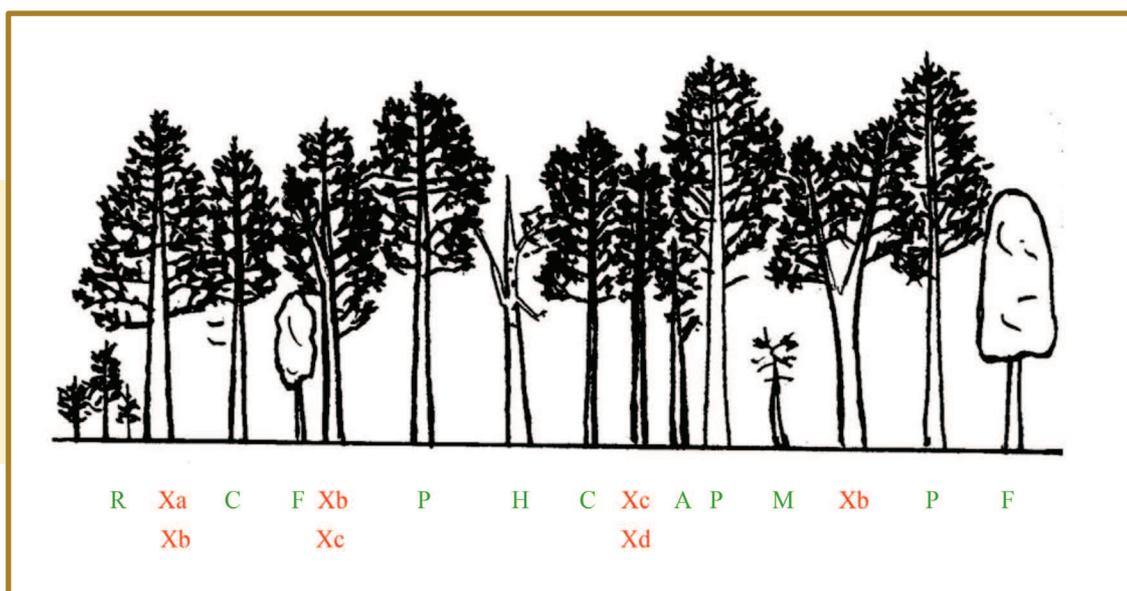
recuerda, hasta cierto punto, la ordenación de montes tradicional, apoyada igualmente en la repetición de sucesivos inventarios forestales, pero se diferencia de esta en que no existen objetivos de diseño de la masa forestal. Como se verá en el apartado siguiente, los procedimientos de la Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza (GFPN) están fuertemente apoyados en los procesos naturales que actúan sobre el ecosistema forestal en cada momento y son muy flexibles. Por tanto, serían fácilmente incorporables a la gestión de los montes aprovechados bajo un contexto adaptativo.

Gestión adaptativa, mantenimiento de la biodiversidad y adaptación al cambio climático son conceptos que emanan de la preocupación creciente por los problemas de conservación de la naturaleza, especialmente graves en los bosques. La concienciación medio ambiental no es moderna en el mundo de la gestión forestal. La inquietud presente es similar a la de forestales ilustres que proclamaron una “vuelta a la naturaleza” en las formas de gestión a finales del siglo XIX y principios del XX (Barcenilla et al. 2005, Pommerening & Murphy 2004). Entre ellos, Möller (1923) acuñó el término *Dauerwald* (bosque continuo), para referirse a un tratamiento selvícola basado en la permanencia de cada árbol que crece con vigor y no perjudica el crecimiento de otro de calidad mejor, tal y como ya se venían gestionado

en aquella época los pinares de silvestre del estado alemán Sajonia-Anhalt. La Asociación para la Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza, nacida en 1.989 como una asociación de forestales europeos que practican una gestión forestal profundamente apoyada en los procesos naturales, proviene de esa tradición centenaria (www.prosilva.org.es).

El objetivo de este trabajo es justificar la utilidad de la GFPN como medida de adaptación de los bosques y biodiversidad frente al cambio climático. Los procedimientos de la GFPN y su denominación nacieron en un determinado contexto de la gestión forestal a nivel europeo. Necesariamente, utilizaremos la expresión GFPN a lo largo del texto para referirnos a esta práctica selvícola, pues así ha dado en llamarse, sin que sea nuestra intención proponer una escala de proximidad a la naturaleza de los diferentes tratamientos selvícolas aplicados en España. Uno de los atractivos de la GFPN es que ya está ensayada y viene haciendo su recorrido de gestión adaptativa desde hace un siglo, al menos en los bosques centroeuropeos. La GFPN partiría, pues, con ventaja dentro del amplio conjunto de selviculturas propuestas durante la década de 1990 para favorecer la biodiversidad e incrementar la resistencia y resiliencia de los ecosistemas forestales (Pommerening & Murphy 2004, O’Hara 1998).

■ **Figura 1.**



▲ **Figura 1.** Esquema que muestra los criterios utilizados en gestión forestal próxima a la naturaleza para decidir sobre la permanencia o corta de cada árbol.

Árboles a mantener

- R: árboles pertenecientes a la clase regenerados.
 - C: árboles bien conformados en fase de crecimiento rápido (árboles de futuro).
 - F: especies poco representadas, por ejemplo, frondosas en los bosques de pinar.
 - P: árboles con vigor, que acumulan madera de calidad y será más lucrativo cortarlos en un futuro próximo.
 - H: árboles mal conformados o árboles moribundos que constituyen hábitats de importancia para la biodiversidad.
 - A: árboles que ayudan a la producción (sombreado de fustes, defensa frente al ganado...) o protegen los regenerados.
 - M: árboles mediocres, cuya extracción no es rentable y su permanencia en el monte no constituye ningún peligro.
- Los riesgos de incendios y plagas derivados de la presencia de madera muerta en el monte están probablemente sobreestimados (Castro et al. 2009; Rodríguez et al. 2013; WWF 2004).

Árboles a cortar

- Xa: árbol maduro (árbol del presente) que se corta para obtener ingresos y favorecer el desarrollo de árboles de futuro o de regenerados (corta de liberación).
- Xb: árboles que molestan el desarrollo de otros de mejor calidad.
- Xc: árboles que molestan el normal desarrollo de especies poco representadas.
- Xd: cortas para adecuar la densidad.

Fuente: Elaborado a partir de García-Abril & Grande (2005).

■ Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza: descripción y procedimiento general

Los procedimientos de la GFPN han sido ampliamente descritos (de Turckheim 1992, García-Abril 2006, García-Abril & Grande 2005, Martín-Fernández & García-Abril 2005). Básicamente, la GFPN preconiza el uso del árbol como unidad de gestión de la masa forestal. Es una gestión cuidadosa que juzga el destino de cada árbol según las funciones económicas y ecológicas que realiza a nivel del rodal. Las cortas se centran en los árboles de suficiente diámetro que han alcanzado su máximo valor económico (madera de buena calidad) para la especie y calidad de estación del lugar. Consecuentemente, cualquier árbol permanecerá en el rodal si continúa incrementando su valor económico y/o está ayudando a la acumulación de valor en otros árboles, o si, sin tener ninguna ventaja económica o selvícola apreciable, su permanencia no origina ningún perjuicio y puede cumplir funciones paisajísticas, de refugio o de aumento de la diversidad biológica. La corta de árboles en la GFPN no está afectada por el deseo de lograr una distribución equilibrada de edades dentro de parcelas de superficie predeterminada, como son el cuartel (parcelas de 300-500 ha; de la Hoz et al. 2006) o aún el monte que contiene varios cuarteles. En su lugar, los árboles se cortan de acuerdo con las funciones que realizan y su vitalidad intrínseca (resultado de la interacción del genotipo del árbol con los factores ambientales), y no hay límite temporal para que un árbol permanezca en el monte. Este procedimiento y la actuación puntual en pequeños grupos provocan la irregularización de la estructura forestal como una consecuencia, no como un objetivo. De este modo, los gestores que aplican GFPN no se centran tanto en el mantenimiento de una distribución diamétrica ideal, en forma de *J invertida* (Serrada 1999), como en los elementos estructurales más significativos para generar la complejidad y heterogeneidad características de las estructuras irregulares, generalmente estables y resilientes frente a las perturbaciones abióticas y bióticas (Otto 1998). La Figura 1 ilustra esquemáticamente la aplicación de los criterios de corta de la GFPN.

Llegados a este punto, vale la pena recordar que en la gestión de los bosques con aprovechamiento maderero interactúan dos ramas de la ciencia forestal: la selvicultura y la ordenación de montes. La selvicultura proporciona criterios para decidir qué árboles se apearán en cada zona de corta (una fracción de la superficie total del cuartel), mientras que la ordenación de montes indica cuándo y dónde localizar esas zonas de corta para conseguir en el largo plazo una población de árboles con una distribución equilibrada de edades (modelo de monte normal). Al quedar la aplicación de la selvicultura articulada dentro de la planificación espaciotemporal de la ordenación de montes, el modelo de monte normal ha influido fuertemente sobre la práctica de la selvicultura en todos los países con una tradición forestal (Puettmann et al. 2009). En el caso de España, el conjunto de procedimientos para conseguir un modelo de monte normal (métodos de ordenación) y los tratamientos selvícolas asociados se recogen normativamente desde 1.857 en las llamadas *Instrucciones de Ordenación de Montes* (González et al. 2006, de la Hoz et al. 2004). La distribución diamétrica en forma de *J invertida* resulta de la aplicación del modelo de monte normal en masas forestales irregulares, es decir, esas en donde los árboles pertenecientes a varias clases de edad aparecen

mezclados a la escala de pocas hectáreas. Este modelo de distribución ha sido criticado desde diferentes puntos de vista, porque parece resultar de una conveniencia matemática con poca fundamentación ecológica (O'Hara 1998, Pommerening & Murphy 2004). La ausencia de un modelo de monte normal es una de las características que diferencia la GFPN de las cortas por entresaca y aun de las cortas por huroneo (*sensu* Serrada 1999). Ciertamente, la GFPN y el huroneo tienen en común su flexibilidad, pero las cortas por huroneo se han aplicado tradicionalmente en España a montes protectores con un objetivo predominante de conservación. Por el contrario, los objetivos económicos están muy marcados en la GFPN, que se propone tanto para montes protectores como productores. La GFPN no se debería ver, pues, como una denominación de nuevo cuño utilizada para nombrar tratamientos selvícolas que ya se conocían y aplicaban en los montes españoles.

■ Interés de la gestión forestal próxima a la naturaleza para la adaptación de los bosques y biodiversidad al cambio climático

La literatura publicada hasta la fecha con recomendaciones para la adaptación de los bosques españoles al cambio climático contiene una relación de los tratamientos selvícolas aplicados tradicionalmente en España y un análisis de su posible utilidad en un escenario cambiante, pero no incluye ninguna medida de adaptación específica (Serrada et al. 2011, Vericat et al. 2012). Por ejemplo, para las masas de *Pinus nigra*, *P. sylvestris* y *P. uncinata* que pueblan buena parte de las montañas españolas bajo clima mediterráneo, se recomienda mantener los tratamientos selvícolas actuales por *aclareo sucesivo y uniforme* o por *entrasaca regularizada* (Serrada et al. 2011). Esta circunstancia se podría justificar por la incertidumbre, ya comentada, en torno a las predicciones derivadas de los modelos de cambio climático: ante la duda, seguir aplicando lo que se sabe que más o menos funciona. De hecho, la utilidad potencial de la selvicultura aplicada tradicionalmente está contrastada por la experiencia en las condiciones ambientales limitantes de muchos montes españoles, localizados en áreas de marginalidad geográfica o estacional. Precisamente, las condiciones de marginalidad estacional se harán más frecuentes en las montañas mediterráneas como consecuencia del incremento de la temperatura y la alteración del régimen pluviométrico predicho por los modelos de cambio climático (Lindner et al. 2010, Serrada et al. 2011). Esta situación dará lugar a procesos generalizados de decaimiento en bosques de *Pinus nigra* (Candel-Pérez et al. 2012) y *P. sylvestris* (Vilà-Cabrera et al. 2013), más probables en el límite altitudinal inferior de su área de distribución. Por otro lado, está generalmente admitido que el abandono del medio rural y de la gestión forestal incrementan el riesgo de incendio y de otras perturbaciones que amenazan la persistencia de los montes arbolados. Así, frente a los riesgos derivados de la falta de intervención observada en muchos montes españoles, resulta lógico recordar la urgencia y necesidad de hacer selvicultura, aunque sea conforme a los criterios más tradicionales y canónicos. Las razones mencionadas pueden haber influido también para que la gestión de los montes españoles se haya mantenido prácticamente invariable a lo largo del siglo XX, pese a los cambios de paradigma acontecidos en la gestión forestal durante ese

tiempo: desde la preponderancia del criterio económico, a la introducción de los criterios de uso múltiple en los años 1960, los de sostenibilidad y biodiversidad en los años 1990 y, ya recientemente, la adaptación al cambio climático. Por el contrario, la práctica de la selvicultura sí se ha revisado críticamente en otros países durante las últimas décadas (Pommerening & Murphy 2004, Puetmann et al. 2009, Seymour & Hunter 1999). Finalmente, el estado de conocimiento actual permite proponer un marco conceptual de estrategias generales de adaptación al cambio climático, pero aún no es posible ofrecer soluciones prácticas probadas científicamente a la escala de trabajo de los gestores forestales.

Fruto de la colaboración entre gestores y científicos, Millar et al. (2007) propusieron un marco conceptual para la adaptación al cambio climático, que incluye medidas de resistencia, de resiliencia y de respuesta. La resistencia y resiliencia se pueden incrementar mediante los procedimientos selvícolas y de ordenación de montes que generan heterogeneidad estructural a la escala del rodal y del paisaje (Stephens et al. 2010, Vericat et al. 2012, Noss 2001, Hunter 1999). La heterogeneidad estructural asegura un efecto desigual sobre el territorio forestal de las perturbaciones y una respuesta diferente de los distintos rodales. Adicionalmente, los bosques estructuralmente heterogéneos concentran, al menos teóricamente, una mayor diversidad de hábitats y por tanto de biodiversidad que, a su vez, se correlaciona positivamente con la estabilidad temporal y la capacidad de recuperación de los ecosistemas forestales (Noss 2001). Por último, las medidas adaptativas de respuesta se refieren a la ejecución de tratamientos selvícolas para facilitar los procesos naturales de adaptación, por ejemplo, la sucesión vegetal.

Los montes españoles presentan una gran heterogeneidad ambiental a pequeña escala, por estar localizados mayoritariamente en áreas de montaña.

Diferentes estudios han mostrado que las condiciones edáficas y la estructura forestal interactúan con las variables meteorológicas a la escala de unos pocos metros cuadrados para determinar los procesos de decaimiento y de regeneración que se verán influidos por el cambio climático (Vilà-Cabrera et al. 2013, Candel-Pérez et al. 2012). En particular, junto con la estructura, las propiedades físico-químicas del suelo pueden variar cada poca distancia en la montaña mediterránea (Herrera 2002), resultando en una gran variabilidad de lo que podríamos llamar la *calidad de estación puntual* en torno a cada árbol individual. Por su flexibilidad y procedimiento de actuación, la GFPN rastrea la heterogeneidad ambiental más congruentemente que otros métodos de corta, para así generar una diversidad estructural que se puede explicar por la variabilidad de las condiciones ambientales, antes que por la aplicación de las prescripciones de un método selvícola. La GFPN es, adicionalmente, adecuada para recrear convenientemente un régimen natural de perturbaciones menores, es decir, frecuentes y de pequeña superficie (Oliver & Larson 1996).

Esta cuestión es importante, porque el mantenimiento de la biodiversidad en los montes explotados dependerá finalmente de la habilidad de los gestores para recrear el régimen natural de perturbaciones y el rango de variabilidad natural de la estructura forestal durante la ejecución de los aprovechamientos madereros, y esto se puede relacionar con la resistencia, resiliencia y capacidad de respuesta de los bosques ante el cambio climático (Noss 2001, Spittlehouse & Stewart 2003, Seymour y Hunter 1999, Tíscar 2009). Adicionalmente, establecer analogías entre el régimen natural de perturbaciones y la selvicultura (Seymour & Hunter 1999, Oliver & Larson 1996) puede ser más adecuado, para afrontar la adaptación de los bosques al cambio climático, que la tradicional asociación entre tratamientos selvícolas

Tabla 1. Relación de trabajos que permiten establecer un posible ambiente evolutivo para la especie *Pinus nigra subsp. salzmannii* en las montañas españolas.

Trabajos Consultados	Metodología empleada	Información proporcionada
Carrión & Díez 2004	Palinología	Vegetación pasada / cambios en el clima
Tíscar et al. 2011	Registros históricos	Situación en el pasado reciente
Candel-Pérez et al. 2012 Fulé et al. 2008 Linares & Tíscar 2010	Dendroecología	Régimen de perturbaciones
Lucas-Borja et al. 2012 Martín-Benito et al. 2009 Tapias et al. 2004 Tíscar 2009	Autoecología	Régimen de perturbaciones / Dinámica forestal
Tíscar 2005 Tíscar & Linares 2011	Descripción áreas naturales	Rango variación natural

■ **Figura 2.**



▲ **Figura 2.** Pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) desarraigado como consecuencia de una fuerte nevada en la sierra de Cazorla (ejemplo de perturbación puntual).

Fuente: P.A. Tíscar.

y *temperamento* (una clasificación relativa sobre la tolerancia de los árboles jóvenes a la sombra). Existen al menos dos razones para ello. En primer lugar, porque la interacción de facilitación entre los regenerados y el dosel arbóreo puede ayudar a la regeneración de las especies arbóreas independientemente de su temperamento en las condiciones de aridez que se esperan como consecuencia del cambio climático (Tíscar & Linares 2013). En segundo lugar, porque incluso las especies consideradas tradicionalmente de temperamento robusto, es decir, esas cuyos regenerados sólo se desarrollarían en espacios abiertos a pleno sol, pueden gestionarse en condiciones de estructura irregular (Barbeito et al. 2008, Calama et al. 2005).

■ **Fundamentos científicos para la aplicación de la gestión forestal próxima a la naturaleza en los pinares de montaña mediterráneos**

El interés por recrear el régimen natural de perturbaciones mediante el método de corta (una perturbación artificial) reside en su utilidad para mantener indirectamente el ambiente evolutivo y los hábitats de las diferentes especies que componen la biodiversidad forestal, asegurando así su conservación y su contribución a la resistencia y resiliencia del ecosistema forestal (Moore et al. 1999, Tíscar 2009). La Tabla 1 ofrece una relación de trabajos científicos y fuentes de información, que permiten caracterizar el ambiente evolutivo de los bosques de pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*), una especie que comparte ambiente evolutivo con los pinos silvestres (*Pinus sylvestris*) y los pinos negros (*Pinus uncinata*) en las montañas españolas (Tapias et al. 2004).

Los estudios palinológicos evidencian que los pinares monoespecíficos con intermisiones de quercíneas han conformado la vegetación más conspicua en términos de abundancia-dominancia de las montañas españolas bajo diferentes climas durante los últimos 8.000 años (Carrión & Díez 2004). Los bosques de pino salgareño y pino silvestre dominaron la vegetación del este de la Península Ibérica al principio de ese período y hasta hace 6.000 años, cuando los incendios forestales de origen antrópico comenzaron a ser frecuentes (Ojeda 2004). De hecho, diferentes características funcionales y morfológicas de los pinos salgareños, silvestres y negros indican que el fuego no ha constituido una parte importante de su ambiente evolutivo (Tapias et al. 2004). Las extensas prospecciones dendrocronológicas realizadas en masas de pino salgareño vienen a confirmar esta impresión (Linares & Tíscar 2010, Gutiérrez comunicación personal). Estos resultados indican que las perturbaciones naturales dominantes en los pinares de montaña serían de tipo puntual (Figura 2), es decir, actuarían de manera dispersa, con un intervalo de retorno próximo a la longevidad de los árboles y afectando a pequeñas superficies cada vez. Aunque los rangos de variabilidad específicos de la pauta espacial, intervalo de retorno y severidad del régimen natural de perturbaciones está por determinar en los pinares de montaña mediterráneos, no hay duda de que las perturbaciones puntuales generan estructuras irregularizadas dominadas por árboles de gran diámetro, tal y como se observa en un pinar giennense de unas 45 hectáreas de superficie, apenas afectado por la intervención humana (Figuras 3 y 4). En Tíscar & Linares (2011) se puede encontrar información adicional sobre este lugar. Como la estructura forestal resulta de la interacción entre los procesos de mortalidad y regeneración de las especies arbóreas, las perturbaciones puntuales deben complementarse con cierta tolerancia a la sombra de los regenerados de pino, de lo contrario, no

Figura 3.

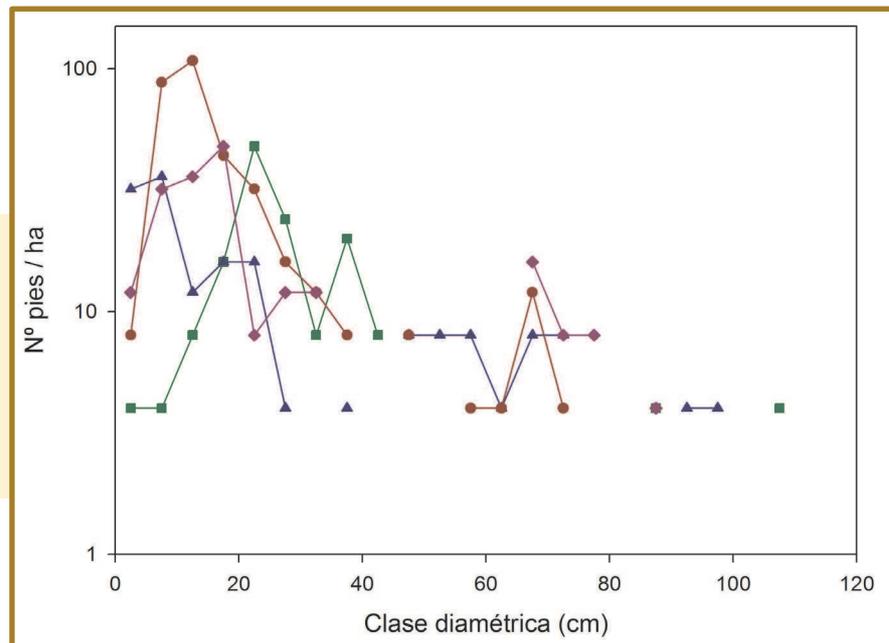


Figura 3. Distribución diamétrica en cuatro parcelas de 50x50 m² localizadas al azar dentro de un rodal de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* de la Sierra del Pozo (Jaén), apenas alterado por la explotación forestal. Nótese la escala logarítmica del eje vertical.

Fuente: Elaboración propia.

aparecerían las estructuras irregularizadas observadas. De manera congruente con esa dinámica natural de apertura de huecos que representan las perturbaciones puntuales, se ha observado que *Pinus nigra* regenera correctamente en aperturas del dosel de 100-1.400 m² (Tiscar & Ruiz 2005).

No obstante, los regenerados de pino muestran una elevada plasticidad fenotípica (Zavala et al. 2011). Esta capacidad fisiológica les permite instalarse bajo distintos grados de sombra, aunque se haya utilizado extensamente su aptitud para regenerar en grandes aperturas del dosel y en suelos removidos. Así por ejemplo, *Pinus sylvestris* regenera en espesuras comprendidas entre los 28 m²/ha y 52 m²/ha de área basal en el Pinar de Valsáin, donde el período de regeneración llega con

frecuencia a los 60 años en los tratamientos de aclareo sucesivo (Donés 1997). Esto indica que los regenerados de pino silvestre, menos tolerantes a la sombra que los de pino salgareño y pino negro, también necesitan de cobertura para desarrollarse durante los primeros años. De hecho, existen varios ejemplos de pinares de silvestre tratados mediante cortas discontinuas (Bravo-Fernández et al. 2009, Blanco et al. 2005), que son los tratamientos selvícolas análogos a las perturbaciones puntuales, establecidas aquí como predominantes en los pinares de montaña mediterráneos. En cualquier caso, no deberían confundirse las condiciones adecuadas para el primer establecimiento de los regenerados con aquellas necesarias para su crecimiento y desarrollo (Rubio et al. 2009, Lucas-Borja et al. 2012); a este respecto, la GFPN incluye en sus procedimientos las cortas de liberación

Figura 4.

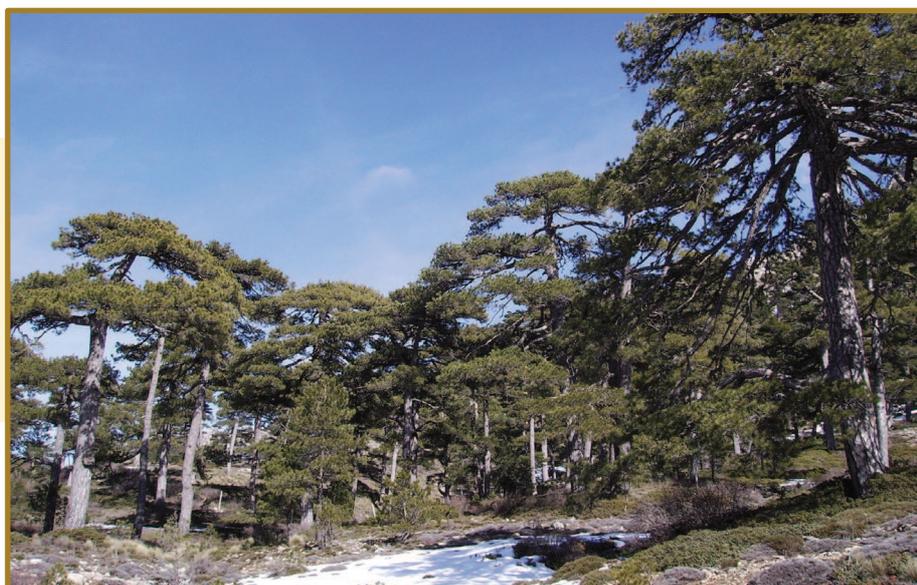


Figura 4. Vista de un rodal de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* de la Sierra del Pozo (Jaén), apenas alterado por la explotación forestal.

Fuente: P.A. Tiscar.

(Figura 1). Por último, mencionar que los ejemplos comentados aquí para pino salgareño y pino silvestre son extensibles al pino negro, ya que es razonable esperar que las tres especies de pino respondan a la GFPN de manera similar, en tanto y cuanto todas ellas comparten el mismo ambiente evolutivo.

■ Recomendaciones para su aplicación

Los montes españoles son heterogéneos. Probablemente, la gestión de esa diversidad necesita de una diversidad de actuaciones, es decir, no hacer lo mismo en todos los sitios. Por esta razón, somos conscientes de lo incongruente que sería recomendar una sola acción para la adaptación al cambio climático de los bosques y biodiversidad de España en un marco de gestión adaptativa, pero defendemos y justificamos la utilidad potencial de la GFPN como medida de adaptación con los argumentos ya expresados.

El uso de la GFPN tendrá más posibilidad de extenderse por los pinares de montaña, si su aplicación se alterna espacialmente con otros tratamientos selvícolas más comunes. La ejecución de esta variedad de tratamientos se puede planificar espacio-temporalmente, y a diversas escalas, mediante el método de ordenación por rodales; los demás métodos de ordenación son menos interesantes para la ordenación de masas naturales en un marco de gestión adaptativa, pues son obligatoriamente finalistas en la consecución del objetivo de renta constante o modelo de monte normal (González et al. 2006, García-López 1994, Tiscar 2009). Aun así, se puede recurrir a los

modelos de ciclo forestal (Emborg 2000) para orientar los resultados a largo plazo de la GFPN (Tabla 2).

La GFPN es una opción de gestión muy conveniente para los montes privados y de poca superficie. Según el Ministerio de Medio Ambiente (1999), el 64% de la superficie forestal española está en manos privadas, siendo la extensión media de esas propiedades de 3 ha. Ciertamente, a los propietarios de estos minifundios no les resulta útil conocer los valores dasométricos de su finca, sino saber cuántos árboles de calidad contiene. Además, los principios de la GFPN vienen a coincidir con la cultura forestal de las poblaciones rurales, que tradicionalmente han realizado una selvicultura a la *esperilla* y a la *espesilla* (Rojo & Montero 2005).

Finalmente, los principios de la GFPN encajan con los objetivos de las claras con selección de árboles de porvenir, consideradas más adecuadas que las tradicionales claras por lo bajo para la adaptación de las masas repobladas al cambio climático (Abellanas et al. 2013, Sevilla 2005). Las primeras proponen centrar la selvicultura sobre un determinado número de árboles preseleccionados por su gran calidad maderera y potencialidad de desarrollo, mientras que las claras por lo bajo se ocupan de cortar extensiva y repetidamente los árboles de peor calidad por toda la superficie repoblada (Serrada 1999). Como resultado, las claras por lo bajo generan estructuras menos heterogéneas y resistentes. Desde 2008, existe una red demostrativa de montes gestionados con criterios de gestión prosilvica, que cuenta con la colaboración de las Administraciones forestales de Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Navarra y País Vasco.

■ **Tabla 2.** Porcentajes de superficie actual e ideal según un modelo de ciclo forestal elaborado con la metodología descrita en Emborg et al. (2000), estimados para un bosque de *Pinus nigra subsp. salzmannii* sito en Cañada del Espino (Sierra de Cazorla, Jaén).

Fase del Ciclo Forestal	Según modelo		Superficie actual %
	años	% superficie	
Innovación (H < 2 m)	20	5	3
Agradación temprana (D < 50 cm)	130	32,5	84,9
Agradación tardía (H _{máx} = 27 m; 50 < D < 80)	200	50	12,1
Biostática (E > 350 años)	>50	12,5	0
Degradación	Variable	-	0
TOTAL (Superficie Mínima Equilibrio 25 ha)	>400	100	100

▲ **Tabla 2.** H = altura; D = diámetro normal; H_{máx} = altura máxima; E = edad.

INNOVACIÓN: Desde que los árboles nacen hasta que son suficientemente grandes para evitar daños de ungulados. Duración calculada en años mediante un proceso iterativo a partir de la relación altura-crecimiento anual. AGRADACIÓN TEMPRANA: los árboles alcanzan el diámetro de cortabilidad conforme a un criterio tecnológico de selvicultura. AGRADACIÓN TARDÍA: hasta que culmina el crecimiento en altura de los árboles. Duración determinada mediante el análisis de la relación altura-diámetro en 149 pies y métodos dendrocronológicos. BIOSTÁTICA-DEGRADACIÓN, determinadas mediante métodos dendrocronológicos en 10 árboles senescentes con síntomas de decaimiento. Fuente: Tiscar (2004)

■ Referencias bibliográficas

- Abellanas B, Cuadros S, Oliet J (2013) Efecto de los tratamientos selvícolas sobre la estructura espacial de los rodales forestales. *Actas del 6º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Barbeito I, Pardos M, Calama R, Cañellas I (2008) Effect of stand structure on Stone pine (*Pinus pinea* L.) regeneration dynamics. *Forestry* 81:617-629
- Barcenilla C, García MD, Garitacelaya J, Garrote J, del Valle J (2005) El papel de la selvicultura próxima a la naturaleza en la problemática actual de la gestión forestal. *Actas del 4º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Blanco E, Montané M, Bonet JA (2005) Evolución histórica de la planificación y la gestión del MUP nº 84 "Plana, fenerals i clot de l'arp" de Tuixén (Lleida). *Actas del 4º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Bravo F, Bravo-Oviedo A, Ruiz-Peinado R, Montero G (2008) Selvicultura y cambio climático. En: Serrada R, Montero G, Reque JA, editores. *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. INIA, Madrid
- Bravo Fernández JA, Serrada R. (2009). Tercera Revisión de la Ordenación del monte "Cabeza de Hierro" (Rascafría, Madrid). *Actas del 5º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Calama R, Finat L, Gordo FJ, Bachiller A, Ruiz R, Montero G (2005) Estudio comparativo de la producción de madera y piña en masas regulares e irregulares de *Pinus pinea* en la provincia de Valladolid. *Actas del 4º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Camprodon J (2001) Tratamientos forestales y conservación de la fauna vertebrada. En: Camprodon J, Plana E, editores. *Conservación de la biodiversidad y gestión forestal*. Edicions Universitat de Barcelona, Barcelona. pp. 135-182
- Candel-Pérez D, Lucas-Borja ME, Linares JC (2012). Predicciones del crecimiento en poblaciones de pino laricio (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) bajo diferentes escenarios futuros de cambio climático. *Ecosistemas* 21:41-49
- Carrión JS, Díez MJ (2004) Origen y evolución de la vegetación mediterránea en Andalucía a través del registro fósil. En: Herrera CM, coordinador. *El monte mediterráneo en Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. pp. 21-27.
- Castro J, Navarro R, Guzmán JR, Zamora R, Bautista S (2009) ¿Es conveniente retirar la madera quemada tras un incendio forestal? *Quercus* 281:34-41
- CNUMAD (1992) *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*. Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/docs_unced.htm Último acceso 10 de Junio de 2014
- De la Hoz F, Oliet JA, Abellanas B, Cuadros S, Fernández P, Zamora R (2004) *Manual de Ordenación de Montes de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. Disponible: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones/Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/manual_ordenacion_montes_andalucia/manual_ord_montes.pdf Último acceso 10 de Junio de 2014
- De Turckheim B (1992) Pour una sylviculture proche de la nature. *Forêts de France* 350:14-20
- Donés J, Ruiz S, Cabrera M, González de la Campa M (1997) Densidad y área basimétrica óptima para el inicio de la regeneración en el monte Pinar de Valsain. *Congreso Forestal Hispano Luso IRATI 97, Libro de Actas*. Gobierno de Navarra, Pamplona
- Emborg GJ, Christensen M, Heilmann-Clausen J (2000) The structural dynamics of Suserup Skov, a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management* 126:173-189
- FSC (1996) *Estándares españoles de gestión forestal para la certificación FSC*. Disponible en: <http://es.fsc.org/estndares-nacionales.249.htm> Último acceso 10 de Junio de 2014
- Fulé P Z, Ribas M, Gutiérrez E, Vallejo R, Kaye MW (2008) Forest structure and fire history in an old *Pinus nigra* forest, eastern Spain. *Forest Ecology and Management* 255:1234-1242
- García-Abril AD (2006) La gestión forestal detallada a través de la gestión próxima a la naturaleza. En: Tiscar PA, coordinador. *La gestión forestal próxima a la naturaleza*. Asociación para Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza, Jaén. pp. 15-39. Disponible en: <http://www.prosilva.org.es/documentos/articulos/index.html> Último acceso 10 de Junio de 2014
- García-Abril AD, Grande MA (2005) Aplicación de la selvicultura detallada a escala de árbol y la gestión del monte irregular para el *Pinus nigra* Arn. En: Grande MA, García-Abril AD, coordinadores. *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid. pp. 233-257
- García-López JM (1994) Evolución de un medio forestal intervenido. Un siglo de ordenación en el Pinar de Navafría. *Montes* 36:58-64
- González JM, Piqué M, Vericat P (2006) *Manual de ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona
- Herrera CM (2002) Topsoil properties and seedling recruitment in *Lavandula latifolia*: Stage-dependence and spatial decoupling of influential parameters. *Oikos* 97:260-270
- Hunter ML Jr (1999) *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge

- Linares JC, Tiscar PA (2010) Climate change impacts and vulnerability of the southern populations of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*. *Tree Physiology* 30:795-806
- Lindner M, Maroschek M, Netherer S, Kremer A, Barbati A, Garcia-Gonzalo J, Seidi P, Delzon S, Corona P, Kolström M, Lexer MJ, Marchetti M (2010) Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259:698-709
- Lucas-Borja ME, Fonseca T, Linares JC, Garcia-Morote FA, Lopez-Serrano FR (2012) Does the recruitment pattern of Spanish black pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) change the regeneration niche over the early life cycle of individuals? *Forest Ecology and Management* 284:93-99
- Martín-Benito D, Cherubini P, del Río M, Cañellas I (2008) Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. trees of different crown classes. *Trees* 22:363-373
- Martín-Fernández S, García-Abril A (2005) Optimisation of spatial allocation of forestry activities within a forest stand. *Computers and Electronics in Agriculture* 49:159-174
- Millar CI, Stephenson NL, Stephens SL (2007) Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* 17:2145-2151
- Ministerio de Medio Ambiente (1999) *Estrategia Forestal Española*. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/politica-forestal/efe_1_tcm7-30499.pdf Último acceso 10 de Junio de 2014
- Möller A (1923) *Der Dauerwaldgedanke: sein sin und seine Bedeutung*. Erich DegreifVerlag. Oberteuringen, Alemania
- Moore MM, Covington WW, Fulé PZ (1999) Reference conditions and ecological restoration: a southwestern ponderosa pine perspective. *Ecological Applications* 9:1266-1277
- Noss RF (2001) Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15:578-590
- O'Hara KL (1998) Silviculture for structural diversity: a new look at multiaged systems. *Journal of Forestry* 96:4-10
- Ojeda F (2004) Respuesta de las plantas al fuego. En: Herrera CM, coordinador. *El monte mediterráneo en Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla. pp. 153-162
- Oliver CD, Larson BC (1996) *Forest stand dynamics*. John Wilwy and Sons Inc.
- Otto JH (1998) *Écologie forestière*. Institut pour le developpement forestier, Paris
- PEFC (2008) *Sistema español de certificación PEFC*. PEFC-España. Disponible en: <http://www.pefc.es/documentacion.html> Último acceso 10 de Junio de 2014
- Pommerening A, Murphy ST (2004) A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry* 77:27-44
- Puettmann KJ, Coates KD, Messier C (2009) *A critique of silviculture: managing for complexity*. Island Press, Washington DC
- Rodríguez N, Bordas P, Piñeiro J, García de Castro N, Martín P, Méndez M (2013) Meta-análisis de los efectos de la retirada de la madera quemada sobre la regeneración de los bosques mediterráneos: un paso hacia una gestión basada en la evidencia. *Ecosistemas* 22:71-76
- Rojó A, Montero G (2005) Aproximación al método selvícola: una alternativa para la ordenación de montes en zonas protectoras o protegidas. *Actas del 4º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Rubio A, Vivar A, Sadornil E, Aroca MJ, Serrada R, Bravo-Fernández JA (2009) Espesura crítica y regeneración en un pinar natural de silvestre de elevada complejidad estructural (monte "Cabeza de Hierro", Rascafría, Madrid). *Actas del 5º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Serrada R (1999) *Apuntes de Selvicultura*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Disponible en: http://www.secforestales.org/web/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=15&Itemid=67 Último acceso 10 de Junio de 2014
- Serrada R, Aroca MJ, Roig S, Bravo A, Gómez V (2011) *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid
- Sevilla F (2005) Claras altas selectivas: conceptos y experiencias. *Actas del 4º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Seymour RS, Hunter ML Jr (1999) Principles of ecological forestry. En: Hunter ML Jr, editor. *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 22-61
- Spittlehouse DL, Stewart RB (2003) Adaptation to climate change in forest management. *Journal of Ecosystems and Management* 4:1-11
- Stephens SL, Millar CI, Collins BM (2010) Operational approaches to managing forests of the future in Mediterranean regions within a context of changing climates. *Environmental Research Letters* 5:1-9
- Tapias R, Climent J, Pardos JA, Gil L (2004) Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecology* 171:53-68

- Tiscar PA (2004) *Estructura, regeneración y crecimiento de Pinus nigra en el área de reserva Navahondona-Guadahornillos (Sierra de Cazorla, Jaén)*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid
- Tiscar PA (2005) Composición, estructura y función de un bosque natural viejo de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*: enseñanzas para la gestión forestal sostenible. En: Grande MA, García-Abril AD, coordinadores. *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid. pp. 614-631
- Tiscar PA (2009) Condiciones de referencia para la gestión forestal sostenible de las masas de *Pinus nigra* en el macizo Cazorla-Segura. *Actas del 5º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Tiscar PA, Linares JC (2011) Structure and Regeneration Patterns of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* Natural Forests: A Basic Knowledge for Adaptive Management in a Changing Climate. *Forests* 2:1013-1030
- Tiscar PA, Linares JC (2013) Large-scale regeneration patterns of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*: poor evidence of increasing facilitation across a drought gradient. *Forests* 5:1-20
- Tiscar PA, Lucas-Borja ME, Candel D (2011) Changes in the structure and composition of two *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* forests over a century of different silvicultural treatments. *Forest Systems* 20:525-535
- Tiscar PA, Ruiz MA (2005) Relación entre la regeneración y la apertura del dosel forestal en *Pinus nigra*. *Actas del 4º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales
- Vericat P, Piqué M, Serrada R (2012) *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneas*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona
- Vilà-Cabrera A, Martínez-Vilalta J, Galiano L, Retana J (2013) Patterns of forest decline and regeneration across Scots pine populations. *Ecosystems* 16:323-335
- WWF (2004) *Deadwood-living forests. The importance of veteran trees and deadwood to biodiversity*. World Wildlife Found. Berna, Switzerland. Disponible en: <http://awsassets.panda.org/downloads/deadwoodwithnotes.pdf> Último acceso 10 de Junio de 2014
- Zavala MA, Espelta JM, Caspersen JP, Retana J (2011) Interspecific differences in sapling performance with respect to light and aridity gradients in Mediterranean pine-oak forests: implications for species coexistence. *Canadian Journal of Forest Research* 41:1432-1444