

## LA GESTIÓN PRÓXIMA A LA NATURALEZA EN EL NUEVO PARADIGMA DE LA CIENCIA FORESTAL

*Pedro Antonio Tíscar*

### INTRODUCCIÓN

Parafraseando a Edward O. Wilson, el gran entomólogo y conservacionista estadounidense, la diversidad de formas vivas, tan numerosas que todavía no se han identificado todas, es la más grande maravilla del mundo.

Los bosques son lugares particularmente ricos en formas vivas. Esta afirmación, que es evidente en los bosques tropicales, también es cierta para el monte mediterráneo. La necesidad de proporcionar recursos forestales útiles para la sociedad, al tiempo que se conserva toda esa biodiversidad, es lo que yo llamo el nuevo paradigma de la ciencia forestal.

En este capítulo, se refieren algunos conceptos básicos de selvicultura y se explican las limitaciones que la selvicultura tradicional encuentra para adaptarse al nuevo paradigma de la gestión forestal. Este nuevo paradigma surge de una demanda social, reflejada en las leyes, sobre la sostenibilidad de la gestión forestal. Los selvicultores disponen de herramientas para lograr una producción sostenida de los recursos forestales con valor económico, pero fracasan en temas como el mantenimiento de la biodiversidad, que es precisamente la principal condición de sostenibilidad. Finalmente, se comenta la utilidad de la gestión próxima a la naturaleza en este nuevo contexto de la gestión forestal, aunque la gestión próxima a la naturaleza tenga casi un siglo de historia. Los ejemplos utilizados proceden casi siempre de los montes de pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) de la sierra de Cazorla.

La selvicultura es, seguramente, la materia principal de cuantas se estudian en la ciencia forestal. Se trata de una técnica basada en conocimientos científicos

que nació en Centroeuropa, hace unos 250 años, para asegurar el abastecimiento de madera en los mercados.

Concretamente, la paternidad de la selvicultura se asigna al francés Henry-Louis Duhamel de Monceau (1700-1782), aunque la organización de los servicios forestales alemanes y la creación de varias escuelas de montes en dicho país, también en el siglo XVIII, fueron los dos sucesos que más contribuyeron al desarrollo de la selvicultura como ciencia. Los alemanes Heinrich Cotta (1763-1844) y Georg Ludwig Hartig (1764-1837) se consideran los creadores de la selvicultura moderna.

La primera persona que enseñó selvicultura en España fue Agustín Pascual (1818-1884), a la postre, fundador de la primera escuela española de ingenieros de montes en Villaviciosa de Odón (Madrid) y discípulo de Heinrich Cotta. Desde entonces, la selvicultura practicada en España nunca se ha desprendido del todo de sus orígenes centroeuropeos, pese a los condicionantes propios que impone el clima mediterráneo.

La madera es un recurso natural renovable muy empleado en la vida diaria. Sus propiedades únicas la convierten en un producto difícilmente sustituible por otros alternativos. Además, su producción en bosques racionalmente explotados genera menos impacto ambiental que la fabricación de aluminio, plásticos y otros sustitutos de la madera para trabajos de carpintería, embalajes y construcción. Por ello, la selvicultura y la ciencia forestal siguen siendo disciplinas científicas imprescindibles para el normal desarrollo económico de un país, si bien, la preocupación actual por la conservación de la biodiversidad impone el desarrollo de aproximaciones novedosas, cuya adopción permita la evolución del paradigma forestal tradicional.

Efectivamente, los gestores de montes deberán seguir proporcionando los recursos útiles que la sociedad necesita, pero, al mismo tiempo, tendrán que procurar el mantenimiento de la biodiversidad forestal, tal y como se les exige mediante la legislación vigente. A continuación, se habla de ese nuevo paradigma de la gestión forestal y del papel que la gestión forestal próxima a la naturaleza puede tener dentro de él, como método selvícola con una identidad propia.

## **SELVICULTURA Y GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE**

Las definiciones de selvicultura han utilizado tradicionalmente expresiones como aprovechamiento, producción y explotación de los recursos forestales, denotando la finalidad económica de esta materia (ver anexo). Sin embargo, es muy

antigua la percepción de que los bosques producen también otros servicios difíciles de valorar en dinero, pero con un enorme valor económico. Es el caso del paisaje, de la regulación del ciclo hidrológico, de la protección del suelo y de la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico, aspecto este último muy actual y trascendental en relación con el cambio climático.

Como consecuencia de lo anterior, la gestión forestal se ha visto envuelta frecuentemente en la dicotomía producción-conservación y, sobre todo, en el desafío que supone el compaginar ambas. Los bosques se han descrito muchas veces como espacios multifuncionales o de uso múltiple, precisamente, para expresar ese objetivo anhelado de compatibilizar la conservación de los valores naturales con el aprovechamiento de sus recursos. Desde los años 1990, se habla de gestión forestal sostenible con la misma intención y se espera, haciendo una definición menos prolija que las hechas hasta la fecha, que la gestión forestal sea, simultáneamente, viable desde el punto de vista económico, útil para la sociedad y ambientalmente responsable. De hecho, el anhelo de conseguir la sostenibilidad constituye el paradigma de la gestión forestal actual.

De las tres condiciones anteriores, la condición de utilidad social es la más fácil de conseguir. Esto es así, porque todos los servicios citados más arriba se derivan de la mera presencia del bosque, en particular, todos aquellos que son difícilmente cuantificables en dinero (externalidades), tales como: la protección del suelo, la cosecha de agua, el paisaje y la biodiversidad.

Desgraciadamente, esas externalidades no repercuten económicamente sobre los propietarios de montes, aunque sería de justicia que así fuera, porque benefician a toda la sociedad. Esta circunstancia contribuye decisivamente a la baja rentabilidad de los montes españoles, montes que, de por sí, tienen una productividad baja y problemas estructurales serios.

Los sistemas de certificación forestal y la contribución del turismo rural al desarrollo económico de las zonas forestales constituyen, entre otras, dos formas novedosas de mejorar la viabilidad económica de las explotaciones forestales, pero todavía están poco implantadas. Otro tanto ocurre con los mecanismos que usan los impuestos de todos, vía subvención o exacción fiscal, para premiar la acción social de los propietarios forestales.

La última condición que define gestión forestal sostenible es que la gestión debe ser ambientalmente responsable. Básicamente, la responsabilidad ambiental se equipara al mantenimiento de la integridad ecológica, es decir, al mantenimiento de las condiciones que permiten (a) el avance progresivo de la sucesión vegetal y (b) de la productividad del suelo, que no debería erosionarse o degra-

darse como consecuencia del aprovechamiento forestal, y (c) a la conservación de la biodiversidad.

La posibilidad de que las tres condiciones: ambiental, social y económica se den simultáneamente sobre la totalidad de la superficie forestal es remota. Esta dificultad, por otro lado esperada, se suele subsanar zonificando las áreas de gestión, asignando a cada zona un uso ambiental, social o económico preferente. Esto conlleva el establecimiento de una jerarquía de usos, que, dicho sea de paso, constituye la forma de planificación habitual en el interior de los parques naturales, donde se distingue entre zonas con distinto grado de protección. No obstante, es posible preguntarse, en general, ¿qué es más importante, el aspecto social, el ambiental o el económico?

A mi modo de ver, la condición de sostenibilidad más importante es la ambiental, porque el suelo se crea muy lentamente y la biodiversidad es la expresión misma de la vida, tras millones de años de evolución. Por el contrario, los usos y costumbres sociales cambian rápidamente entre generaciones.

Otro tanto ocurre con la economía. A modo de ejemplo, podemos comentar que la rentabilidad económica de un determinado robledal puede depender del precio de la madera importada de países terceros o del color de moda en los muebles (el roble tiene la madera de color oscuro). Ambas circunstancias son poco o nada controlables por el propietario o gestor forestal.

La preocupación por la conservación del suelo es antigua, pues la relación positiva entre el suelo y la productividad de la vegetación se ha conocido desde siempre. La preocupación por el mantenimiento de la biodiversidad no tiene más de 15 años y, sin embargo, copa el discurso de políticos ambientalistas y la literatura sobre naturaleza y medio ambiente, pero ¿qué es y por qué es importante la biodiversidad?

## **BIODIVERSIDAD: CONCEPTO E IMPORTANCIA.**

La biodiversidad es, simplemente, el conjunto de organismos vivos que pueblan la Tierra. Esta definición incluye tanto a las especies, como a los individuos que las forman, incluyendo el aspecto funcional o de relación que existe entre ellos (los organismos vivos no llevan vidas aisladas).

Consecuentemente, la biodiversidad presenta tres atributos: (i) la composición, esto es, la lista de especies, (ii) la estructura o cómo se distribuyen los individuos por el espacio, incluida la variabilidad genética que cada individuo representa, y (iii) la función o interacciones ecológicas entre los individuos y especies.

La biodiversidad es importante, en primer lugar, porque es cómo el bosque funciona. Esta frase es simple, pero difícil de explicar sin recurrir a conceptos más o menos complejos de la teoría ecológica. No obstante, se puede buscar un símil, así, se puede suponer que las diferentes especies que pueblan el bosque son equivalentes a las piezas y engranajes de un motor de coche; del mismo modo que todas las piezas son necesarias para que el coche funcione, las especies serían necesarias para el funcionamiento correcto del ecosistema forestal.

El dibujo de la pirámide ecológica que explica la dependencia trófica entre las especies de un ecosistema ejemplifica convenientemente la relación de la biodiversidad con el funcionamiento de los ecosistemas. Se recordará que las plantas ocupan la base de la pirámide ecológica, porque a ellas les corresponde la función de fijar la energía solar y producir alimento para los animales. Sobre las plantas se representan los animales herbívoros o comedores de plantas, y, por encima de éstos, los animales comedores de carne o carnívoros, cuya función principal consistiría en el control de las poblaciones de herbívoros e, indirectamente, en el cuidado de la vegetación.

#### Cuadro 1

a valores más grandes de biodiversidad debería

- (i) incrementarse la estabilidad temporal de la comunidad,
- (ii) disminuir la estabilidad temporal de la población,
- (iii) incrementarse la productividad y/o biomasa en pie de la comunidad,
- (iv) disminuir las cantidades de los recursos limitantes no consumidos,
- (v) incrementarse las reservas de nutrientes limitantes almacenados en el ecosistema,
- (vi) disminuirse la probabilidad de invasiones por especies exóticas.

La ciencia ecológica ha estudiado intensamente la naturaleza de la relación entre la biodiversidad y determinados aspectos funcionales del ecosistema, tales como la estabilidad y la resiliencia. A este respecto, Tilman (1999) resume lo conocido hasta la fecha en cinco puntos (ver Cuadro 1), pero, pese a su importancia, se trata de algo desconocido por las personas sin formación en ecología.

Conscientes de esa circunstancia, los principales ecólogos del mundo celebraron en 1986 el Forum de Washington sobre diversidad biológica. La expresión *diversidad biológica* ha formado parte tradicionalmente del universo científico, donde se utiliza, por ejemplo, en referencia a las implicaciones ecológicas de las

diferentes abundancias de las especies presentes en una comunidad. Sin embargo, el objetivo del Forum no fue tanto discutir sobre las consecuencias ecológicas de la diversidad biológica, como sobre los problemas socioeconómicos derivados de la extinción de las especies y sus posibles soluciones (Wilson, 1988). El Forum se convirtió en la primera ocasión donde la palabra “biodiversity” (el acrónimo en inglés de diversidad biológica) o “biodiversidad” fue usada; para el año siguiente era uno de los términos más frecuentemente utilizados en la literatura de conservación (Wilson, 1994).

La principal conclusión que puede hacerse tras la lectura de las actas del Forum de Washington (ver Wilson, 1988) es que la biodiversidad nos reporta importantísimos beneficios económicos o que, dicho de otro modo, la biodiversidad es esencial para el normal desarrollo de nuestra vida tal y como la conocemos.

Por ejemplo, todo lo que comemos, salvo la sal y otros aditivos artificiales de nombre impronunciable, procede de los seres vivos o biodiversidad. Otro tanto ocurre con los tejidos para el vestido y, sobre todo, con las medicinas.

La mayor parte de las sustancias utilizadas en farmacopea proceden de plantas silvestres; es así en las farmacias del mundo desarrollado y, especialmente, en los países del Tercer Mundo, donde las personas siguen dependiendo de los remedios de la medicina tradicional. Además, el negocio de los herbolarios, aun en los países con un sistema sanitario avanzado, es multimillonario.

La biodiversidad también proporciona productos y modelos para los procesos industriales. Es muy conocido el caso del caucho, que se fabrica hoy día a partir del petróleo, pero copiando el modelo natural que proporcionó el látex del árbol del caucho. Muy probablemente, ningún ingeniero químico habría descubierto jamás las propiedades de una sustancia química de formulación tan compleja como es la del caucho y, a la postre, tal vez no se hubiera inventado nunca. Afortunadamente para todos los conductores del mundo, la naturaleza lo hizo por nosotros.

En realidad, se sobreestima la aparente tranquilidad que nos proporciona la tecnología. Utilizando un método llamado química combinatoria, los químicos pueden generar hasta 40.000 compuestos químicos al mismo tiempo, pero estos productos generados al azar en las probetas del laboratorio son casi siempre inútiles. Por el contrario, las sustancias que se encuentran en los seres vivos han pasado por el proceso de selección definitivo: 3.500 millones de años de evolución (Bryson, 2003).

Aunque los animales también nos proporcionan sustancias útiles, la mayor parte procede de los vegetales. Esto es debido a que las plantas tienden a desarrollar y almacenar todo un arsenal de armas químicas para defenderse de sus enemigos, ¡no pueden salir corriendo como los animales! Una de esas sustancias, que luego ha tenido aplicación en medicina gracias a sus propiedades anticancerígenas, es el taxol.

El taxol se descubrió en los tejos (*Taxux brevifolia*) de la costa noroeste norteamericana a principios de los años 1990 (Joyce, 1993). Hasta ese momento, los tejos habían carecido de interés económico y su presencia en los grandes bosques de coníferas apenas si había sido notada por los gestores de montes. Incluso podrían haber desaparecido, siguiendo un declive poblacional similar al que estaban sufriendo los tejos (*Taxux baccata*) de Andalucía, donde la especie se ha catalogado recientemente como en peligro de extinción.

El ejemplo del taxol es uno de tantos que demuestran la importancia de la conservación para nuestro propio beneficio. Todos los seres vivos tienen potencialmente una utilidad para la sociedad. El que muchos seres vivos, independientemente de su valor ecológico, carezcan actualmente de un uso conocido para las personas no importa, ya que cualquier utilidad imprescindible para nuestra alimentación o curación en el futuro podría estar ahí, aguardando a ser descubierta en cualquier componente insignificante de la biodiversidad.

El mantenimiento de la biodiversidad tiene una importante vertiente económica y de bienestar social y no es, por tanto, una simple cuestión romántica o ética. No obstante, muchas personas piensan que las especies no deberían extinguirse, sencillamente porque tienen derecho a vivir o, si son creyentes, porque las creen obra de Dios.

La extinción de especies es un proceso natural, pero la tasa de extinción es anormalmente alta en la actualidad como consecuencia de las actividades económicas mal planificadas o con un importante impacto ambiental negativo. Son estas extinciones de origen antrópico las que, precisamente, corresponde corregir al hombre, porque es muy cierto que la diversidad de especies ha disminuido al tiempo que las poblaciones humanas aumentaban (Leakey y Lewin, 1995). En el caso de los bosques, es tan evidente que éstos se aprovechan y aprovecharán en el futuro, como que buena parte de la biodiversidad forestal podría extinguirse a causa de una planificación y aprovechamiento forestal equivocados.

La ciencia selvícola tradicional siempre ha mostrado una propensión a maximizar el retorno dinerario de los bosques explotados. Esta preponderancia de la vertiente económica de la selvicultura se observa en varios aspectos de la

técnica selvícola básica (tal y como aparecen explicados en muchos manuales de silvicultura, ver por ejemplo Serrada () o Hawley y Smith []). A continuación, se comentan algunos de esos aspectos:

a) Los silvicultores suelen planificar alrededor de la especie que proporciona los beneficios económicos mayores. Esa especie se denomina “principal”, término que viene a reflejar su consideración de superioridad respecto del resto de especies presentes en el monte. Aún más, las especies distintas de la principal se agrupan en una suerte de cajón de sastre llamado “masa accesoria”.

Esta manera de distinguir entre especie principal y especies de la masa accesoria ha justificado en diferentes momentos históricos la expansión artificial de la primera en detrimento de las segundas. Sin ir más lejos, los programas de aprovechamientos de la sierra de Cazorla recomendaban la sustitución de las encinas y de los quejigos por pinos salgareños a principios del siglo XX: *“El aprovechamiento de encinas para carbón se justifica (...) Por otra parte, en muchos cuarteles, donde la encina se encuentra en gran abundancia, asombra demasiado ciertas manchas o bosquetes de pino laricio en estado de bajo latizal, cuyo crecimiento se halla retardado, siendo por lo tanto una mejora de consideración la que se hace suprimiendo dicho obstáculo a la especie principal y más valiosa”* (1ª Revisión del proyecto de ordenación del monte Poyo de Santo Domingo, año 1922).

Hoy día, la gestión suele apuntar en la dirección contraria y se propone el fomento de las masas mixtas o, dicho de otro modo, se recomienda aumentar la presencia de frondosas en los montes madereros de coníferas.

b) Uno de los trabajos principales del silvicultor consiste en señalar los árboles que se cortarán durante cada aprovechamiento maderero. Para ello, utiliza marcas de pintura, o da chasponazos de hacha sobre la corteza (chaspes) de los árboles que el motoserrista apeará más tarde.

Los silvicultores usan diferentes criterios relacionados con la forma y emplazamiento de los árboles para decidir cuáles se señalan, pero el criterio que más pesa en la decisión final es el tamaño o edad (La edad de madurez de *Pinus nigra* en la sierra de Cazorla es de 120 años. La edad de madurez es, a la postre, la edad de corta de los árboles, pero *Pinus nigra* puede superar con facilidad los 600 años).

La razón estriba en que los árboles jóvenes crecen más deprisa que los maduros y, utilizando un razonamiento pecuniario, para producir madera es mejor tener masas de árboles jóvenes. Ahora bien, pese a su tasa de crecimiento más lenta, los árboles maduros tienen una arquitectura diferente, que resulta muy

interesante para el mantenimiento de la biodiversidad. Así, sus gruesas ramas son adecuadas para la nidificación de las aves rapaces, y sus copas, mucho más extensas, constituyen el hábitat de una bulliciosa comunidad de líquenes y animales invertebrados que sirven de alimento a otros muchos. El retroceso poblacional del águila pescadora se ha relacionado con la tala excesiva de los árboles grandes que le sirven para apoyar los nidos tanto en Norteamérica, como en Europa.

La variedad de hábitats que albergan los árboles grandes es más evidente en los senescentes, ya que, a la particular conformación de sus ramas y corteza, se añade la presencia de agujeros y de porciones de madera muerta. Los agujeros sirven de refugio a multitud de seres, entre ellos, a las rapaces nocturnas, a las ginetas, a los linces y a otras muchas especies protegidas. Los agujeros son un recurso fundamental para la variada fauna troglodita.

El caso de la madera muerta merece una consideración aparte, pues se ha estimado que hasta una quinta parte de la fauna presente en los bosques templados depende directa o indirectamente de ese hábitat (Fuller y Peterken, 1995).

c) La selvicultura aplicada tradicionalmente ha sido una de “monte limpio”, en el sentido de que la madera muerta se ha extraído o eliminado sistemáticamente de los montes explotados para prevenir la aparición de plagas e incendios forestales. Sin embargo, la madera muerta es un componente habitual de los montes naturales y su presencia no da lugar a plagas. De hecho, la probabilidad de que estas aparezcan como consecuencia de abandonar madera muerta junto a los árboles vivos no es grande, si el monte se gestiona convenientemente (Dajoz, 1999).

Por lo que respecta a los incendios, debe recordarse que las labores preventivas habituales se concentran en áreas y fajas cortafuegos estratégicamente localizadas y no se extienden a la totalidad del monte. Si las labores preventivas, o la limpieza del monte como se dice a menudo, se aplicaran extensivamente, los bosques dejarían de ser tales para convertirse en una suerte de gigantescos parques urbanos.

El caso del pino salgareño es paradigmático de lo tratado en los dos puntos anteriores. En primer lugar, porque se trata de una especie muy longeva, que puede vivir fácilmente más de 600 años (Cevallos y Ruíz de la Torre, 1979; Creus, 1998), pero se corta en los montes explotados cuando alcanza la edad de 100 ó 120 años. En segundo lugar, porque una breve expedición realizada a la sierra de Cazorla en los años 1980 permitió descubrir una enorme biodiversidad de invertebrados en un solo tocón de pino salgareño en descomposición, entre ellos, cuatro nuevos artrópodos para la ciencia (Bustillo *et al.*, 1980).

d) Otra cuestión de la selvicultura clásica es que plantea, como objetivo último, la consecución de un monte capaz de ofrecer recursos o rentas de forma regular (*monte normal*), con lo que vuelven a aparecer los criterios económicos.

Pensando en el producto madera, para que el monte pueda proporcionar una cantidad regular de la misma es necesario que la distribución de edades de los árboles sea equilibrada. Esto significa que, para sustituir al árbol que se corta, por ejemplo, con 100 años de edad en el día de la fecha, debe existir otro de 99 años que se cortará el año que viene, otro de 98 años que se cortará dentro de dos años y así sucesivamente. En definitiva, la distribución equilibrada de edades consiste de una especie de ejército de árboles bien tallados según su edad.

La idea de utilizar el modelo de monte normal como marco de referencia o, mejor dicho, el objetivo de crear un monte normal partiendo de un monte real que debe transformarse, puede ser interesante desde el punto de vista empresarial, pero no lo es desde el punto de vista de la conservación, simplemente, porque la naturaleza no es homogénea. El modelo de monte normal introduce un importante grado de artificialidad en los montes y, teóricamente, esto es contraproducente para la biodiversidad.

Dado que la naturaleza no es tan previsible, el resultado de lo expuesto en los puntos anteriores es que los montes gestionados conforme a la selvicultura clásica presentan un grado de artificialidad grande y, por ello, son menos adecuados para el mantenimiento de la biodiversidad que los bosques naturales. A este respecto, debe recordarse que los bosques naturales contienen los hábitat o ambientes bajo los cuales han evolucionado todas las especies forestales a lo largo de miles de años.

Los inconvenientes de la selvicultura clásica citados más arriba pueden subsanarse parcialmente aplicando las recomendaciones siguientes: (i) incrementar la presencia de especies diferentes de la que supone el ingreso económico principal, por ejemplo las frondosas en los bosques madereros de coníferas, (ii) conservar en el bosque árboles de gran tamaño y (iii) mantener cierta cantidad de madera muerta. Como se ve, son tres recomendaciones de implementación sencilla en cualquier tipo de monte, independientemente de su método de gestión. Esta observación es importante, porque demuestra que algunos problemas de conservación se pueden mejorar con nada más que un poco de voluntad y planificación.

Aplicadas a la gestión forestal, las tres recomendaciones anteriores constituyen un ejemplo de *estrategia o aproximación de filtros* para la conservación de la biodiversidad.

Los pioneros de la conservación, entre los que se incluirían españoles como Félix Rodríguez de la Fuente en los años 1960 y 1970, centraron sus esfuerzos en la salvaguarda de especies concretas y, por lo general, conspicuas, como el lobo, el lince o el águila imperial. El declive poblacional de estas especies saltaba a la vista y había una urgencia evidente por revertirlo. Además, era, y es, más fácil concienciar sobre los problemas ambientales a las personas hablándoles de especies llamativas, que de insectos, sapos y otros bichos, por mucho que estén en peligro de extinción.

Sin embargo, este constante sesgo hacia las especies más llamativas o con mejor prensa, junto con la circunstancia de que la biodiversidad es una gran desconocida, han limitado mucho la efectividad de las estrategias de conservación basadas en la protección de especies concretas.

Los científicos estiman que sobre la Tierra viven de 5 a 30 millones de especies diferentes, pero sólo se han identificado y nombrado 1,75 millones de las mismas, y, aún peor, no tenemos demasiada información sobre su biología.

Este desconocimiento es comprensible, dada la dificultad de la empresa. Así, nuestro planeta resulta ser bastante grande y no se ha explorado en su totalidad. Precisamente, el diario El País publica una noticia sobre el descubrimiento un mundo perdido en el momento de escribir estas líneas (ver El País del 8 de febrero de 2006).

Por otro lado, casi todos los seres vivos son pequeños o muy pequeños y, por tanto, difíciles de observar o descubrir. La noticia periodística anterior hablaba de especies nuevas de canguro, rana y otros animales más o menos grandes pero, a buen seguro, éstos no son más que la parte sobresaliente de una miriada de especies nuevas y diminutas que se describirán en los próximos años, si hay alguien para estudiarlas. Y es que el descubrimiento de especies nuevas necesita de la colaboración de muchos expertos en taxonomía, pero hay pocos disponibles. Pongamos el caso de los rotíferos, unos animales muy interesantes, porque pueden sobrevivir a las situaciones más inimaginablemente adversas. Los rotíferos están presentes en toda la Tierra, pero se han descrito no más de 400 especies y ni siquiera hay estimaciones de cuántas podría haber, la razón es que todos los especialistas del mundo se cuentan con los dedos de una sola mano.

El hecho de que la lagartija de Valverde (*Algyroides marchi*), un animal vertebrado relativamente grande que sólo vive en la sierra de Cazorla, se descubriera a tiro de piedra de las universidades españolas en el año 1957 ejemplifica muy bien esa idea de biodiversidad inexplorada. El universo de los invertebra-

dos es aún más sorprendente tal y como demuestran, a modo de ejemplo, los datos del Museo de Ciencias Naturales de Madrid: entre 1978 y 1994 se describieron 1.517 especies nuevas de artrópodos para la Península Ibérica y Baleares.

La aproximación de filtros se ha propuesto para superar estas limitaciones del trabajo con especies concretas. La aproximación de filtros entiende que la conservación de una variedad amplia de ecosistemas es el mejor modo de mantener la biodiversidad. En buena lógica, conservando los ecosistemas se mantienen todas las especies que albergan éstos, sean las especies conocidas por la ciencia o no. Adicionalmente, la aproximación de filtros no se olvida de la existencia de especies especiales, que necesitan de una atención particular. Ese es el caso de las especies amenazadas, pero también lo es de las *especies clave* y de las llamadas *especies paraguas*.

Las especies clave son aquellas que juegan un papel ecológico mayor de lo que su abundancia en el ecosistema permitiría predecir. Un buen ejemplo del ecosistema forestal lo proporcionan los pájaros carpinteros, ya que sus nidos abandonados son utilizados por otras muchas aves que nidifican en agujeros de árboles, aunque no puedan abrirlos por sus propios medios. También podemos citar a los pequeños mamíferos carnívoros del monte mediterráneo, por su función como dispersantes de las semillas de arbustos de fruto carnoso (Herrera, 1989 y 2001).

Las especies paraguas son aquellas que tienen áreas de campeo muy extensas. Su interés está en que, si se protege una cantidad de hábitat suficiente para ellas, también se protegen las necesidades de hábitat de otras muchas especies con áreas de campeo menores. Las águilas y todos los grandes carnívoros son especies paraguas potenciales

La estrategia de aproximación de filtros se compone, entonces, de dos filtros: uno basto, que persigue la protección indirecta de la biodiversidad conservando los ecosistemas, y otro fino, cuyo objetivo es conservar aquellas especies, que por su significación o rareza, desempeñan un papel especial dentro del ecosistema (Zavala y Oria, 1995).

La recomendación, citada más arriba, de incrementar la presencia de frondosas en los bosques de coníferas tiene connotaciones de una aproximación de filtro fino. Debe notarse que esta recomendación tiene implicaciones legales en el caso de las especies protegidas, siendo ese el caso de los arces, serbales y otras frondosas arbóreas de Andalucía. La selvicultura actual no puede descuidar ese hecho, pues existen casos de especies protegidas dañadas durante la realización de trabajos selvícolas por una falta de consideración explícita en los documentos de planificación.

Los montes de Valsaín sirven para ilustrar la situación contraria. Entre otras prevenciones, allí se crean automáticamente reservas de tres o más hectáreas alrededor de los nidos de águila imperial o buitre negro. En esas reservas, los aprovechamientos forestales se interrumpen temporalmente, porque así viene recogido en los documentos de planificación.

Las otras recomendaciones citadas de mantener un cierto número de árboles grandes y madera muerta pueden considerarse de filtro basto, pues su presencia en el bosque no se refiere a especies concretas, sino a todas las que puedan beneficiarse de esos hábitat particulares. Ahora bien, ya se ha comentado que los árboles grandes se reservan para servir de soporte a los nidos de águila pescadora, una especie protegida, y determinadas especies de insectos xilófagos están protegidas por la ley (Rosas y Ramos, 1992). Hay otras muchas recomendaciones de filtro basto para la conservación de los insectos (Viejo, 1990) y, por supuesto, es muy importante la conservación de las riberas y de todos los hábitat relacionados con surgimientos de agua.

## **LAS PERTURBACIONES SON LA CLAVE.**

Los programas de conservación actuales se diseñan frecuentemente al modo de una aproximación de filtros. Por ejemplo, el Programa de Reintroducción del Quebrantahuesos en Andalucía (el quebrantahuesos es un tipo de buitre) trabaja específicamente con esta especie en el Centro de Cría Guadalentín de la sierra de Cazorla, pero también invierte muchos esfuerzos y fondos en la mejora del hábitat natural andaluz (disminución del riesgo de los tendidos eléctricos, eliminación de los venenos, etc.), con el consiguiente beneficio para todas las aves rapaces y otros animales.

Igualmente, la aproximación de filtros es adecuada para el mantenimiento de la biodiversidad en ecosistemas explotados por sus recursos naturales, como el bosque. Más arriba, las recomendaciones sobre frondosas, árboles grandes y madera muerta se han presentado como ejemplos de una estrategia de aproximación de filtros. De hecho, lo son y solucionan en parte el problema planteado sobre la sostenibilidad de los montes explotados, aunque no lo resuelven definitivamente.

La razón estriba en que no basta con que esos tres elementos estructurales estén presentes, sino que también deben aparecer en cantidad suficiente y distribuirse correctamente para que el ecosistema forestal se conserve tal y como plantea la aproximación de filtros. Dicho de otro modo, el principal problema del

nuevo paradigma de la gestión forestal no es decir qué se necesita, sino explicar cuanto, como y donde.

La dificultad surge porque el bosque es dinámico y nunca se mantiene igual a sí mismo. Las perturbaciones y los procesos de regeneración y crecimiento cambian la estructura y composición de los rodales forestales y, en donde ahora vive un pino gigantesco, podría haber un rodal de arces o un prado pasados los años y así sucesivamente. En este mundo cambiante, las perturbaciones juegan un papel clave.

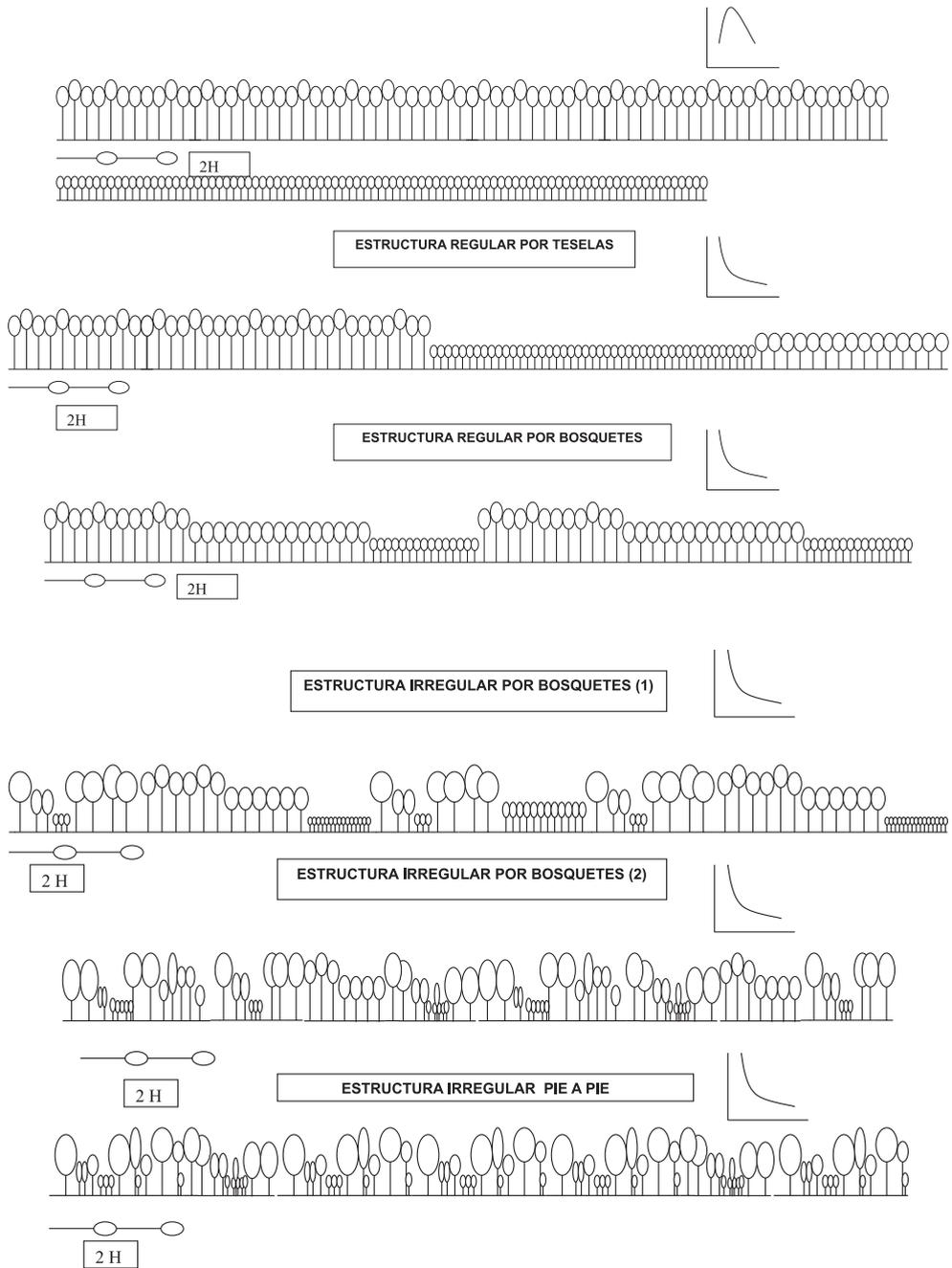
Las perturbaciones se definen como sucesos más o menos discontinuos que son capaces de alterar la estructura, disponibilidad de nutrientes y características físicas del rodal forestal en que ocurren.

Los incendios, los vendavales y las plagas son perturbaciones, en tanto que destruyen la vegetación preexistente, en mayor o menor medida, y modifican el entorno de las plantas que sobreviven. Además, se libera espacio de crecimiento (*sensu* Oliver y Larson, 1996), haciendo posible el arraigo y desarrollo de individuos nuevos de la misma o diferente especie. La consecuencia de esa dinámica de destrucción, crecimiento y nacimientos es que cambia la estructura forestal, es decir, la particular distribución espacial de los árboles, arbustos y otras formas de vegetación, vivos o muertos y de diferentes tamaños.

En definitiva, las perturbaciones controlan la estructura forestal de cada sitio. Por ejemplo, las enfermedades de pudrición afectan más a los árboles viejos, y dan lugar a pequeñas cantidades de madera muerta dispersa y de grandes dimensiones, mientras que los incendios concentran a su paso grandes cantidades de madera muerta de todos los tamaños.

El ejemplo anterior, tomado de los pinares de pino silvestre, distingue dos tipos de perturbación: (i) un tipo de perturbaciones intensas y poco frecuentes y (ii) otro de perturbaciones poco intensas (puntuales), pero muy frecuentes. Esta es la manera habitual de clasificar los tipos de perturbación (oliver, franklin y otros), pero se debe recordar que las perturbaciones naturales son mezclas variadas de los dos tipos citados, que estarían situados en los extremos de todos los regímenes de perturbaciones posibles.

**FIGURA 1. Principales tipos de estructura forestal, según la selvicultura tradicional.**



## LAS PERTURBACIONES EN LA GESTIÓN FORESTAL CLÁSICA.

Si el régimen de perturbaciones genera la estructura forestal, debe de ser posible hablar de las unas y de la otra indistintamente. Esto es útil, porque el selvicultor trabaja esencialmente sobre la estructura del monte. También se sabe que la estructura y la biodiversidad guardan una relación estrecha (MacArthur y MacArthur, 1961; González-Estabán et al., 1997; Guitián, 1984; Guitián, 1987; Degraff *et al.*, 1998; Harris, 1984) y, así, los índices relacionados con la medida de la estructura forestal se usan como sustitutos de las medidas de biodiversidad propiamente dicha, más difíciles de realizar (del Río *et al.*, 2003).

Igualmente, se recordará que la estructura se presentaba más arriba como uno de los tres atributos que componen la biodiversidad forestal, junto con la composición y la función.

Surge así un triángulo de elementos interrelacionados: perturbaciones-estructura-biodiversidad, que es muy interesante por ser las cortas de aprovechamiento maderero un caso particular de perturbación. Aunque sean artificiales, los efectos de las cortas son similares a los provocados por las perturbaciones naturales: se elimina una determinada cantidad de árboles y se modifican las propiedades físicas y de disponibilidad de nutrientes en los claros de bosque resultantes. Consecuentemente, los aprovechamientos madereros cambian la estructura y afectan a la biodiversidad forestal.

Los selvicultores distinguen dos tipos principales de estructura: (i) la estructura regular, que se caracteriza por la concentración sobre superficies amplias de árboles de edad similar, y (ii) la estructura irregular, que aparece cuando los árboles de edades diferentes se mezclan sobre superficies poco extensas (Figura 1). La estructura regular se ha equiparado tradicionalmente con aquella que existiría en bosques naturales modelados por perturbaciones intensas y poco frecuentes, por ejemplo, grandes incendios. Del mismo modo, la estructura irregular aparecería naturalmente en los bosques afectados por un régimen de perturbaciones frecuentes y poco intensas o puntuales.

Sin embargo, las perturbaciones naturales dan lugar a estructuras diferentes de las descritas como regulares o irregulares en los manuales de gestión forestal. La principal diferencia radica en que los bosques naturalmente perturbados albergan una importante cantidad de legados biológicos. Incluso las perturbaciones más catastróficas, como los incendios, dejan tras de sí una importante cantidad de pies supervivientes que, junto con los árboles nuevos que puedan establecerse, crean rodales de bosque en donde aparecen mezcladas diferentes generaciones de árboles. Además, están las grandes cantidades de madera muerta

que, en los bosques no explotados, permanecen tras el incendio. Esos legados biológicos no se dan en los bosques explotados, porque, en estos últimos, la madera muerta se retira con la excusa de prevenir incendios y plagas, y porque todos los árboles se cortan cuando alcanzan una edad o tamaño predeterminados (condición necesaria para alcanzar el estado de monte normal).

Es por lo anterior, que las recomendaciones de conservar algunos árboles de gran tamaño y de mantener cierta cantidad de madera muerta son generalizables a todos los tipos de montes y métodos de aprovechamiento forestal.

Las estructuras descritas por los gestores de montes pretenden, en última instancia, conseguir una distribución equilibrada de edades y proporcionar una renta económica regular. Para conseguir ese objetivo, los selvicultores comparan la estructura real con la ideal que propone el modelo de monte normal, y estiman la cuantía y distribución de las cortas madereras para que el monte actual se parezca, cada vez más, al normal. Este proceso de transformación es largo, para las especies forestales españolas se necesitan 100 años o más y, siendo así, es normal que pocas veces se haya completado la transformación a escala de monte (ver García, 1994), pero entonces ¿cuál es la estructura ideal? y ¿cómo se logra?

## IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA IDEAL

Haciendo un resumen de todo lo expuesto hasta ahora, puede decirse que la estructura ideal para conservar la biodiversidad es aquella que contiene todos los elementos estructurales (individuos de diferentes especies y tamaños, vivos o muertos), distribuidos conforme resultaría en un bosque sometido a un régimen natural de perturbaciones. Recordando algo que ya se había dicho más arriba, los bosques naturales contienen la colección de ambientes evolutivos que han dirigido la selección natural de las especies a lo largo de los siglos, hasta completar el elenco de biodiversidad forestal que se observa en la actualidad. La estructura ideal es, pues, la que podría observarse en un monte natural no intervenido por el hombre.

Por *ambiente evolutivo* debemos entender, sencillamente, ambiente de especiación o ambiente en el cual las especies han evolucionado, y es un concepto importante para la selvicultura moderna, junto con el concepto de *condiciones de referencia*, esto es, el espectro de variabilidad natural encontrada en la composición, estructura y función de los ecosistemas. Consecuentemente, la estructura ideal forma parte de las condiciones de referencia y es, en sí misma, un punto de referencia sobre el que organizar la gestión forestal (ver Moore *et al.*, 1999 y bibliografía en su interior).

A ese respecto, las condiciones de referencia deberían sustituir al modelo de monte normal como guía en el señalamiento de los aprovechamientos madereros. El objetivo último del nuevo paradigma de la ciencia forestal sería, entonces, la restauración de la composición, estructura y funciones naturales y, todo ello, en unos montes que seguirán explotándose por sus recursos.

Las propuestas de la *selvicultura ecológica* (Seymour y Hunter, 1999), cuyo origen se sitúa en Norteamérica, y del *enfoque variabilidad natural* (Kuuluvainen, 2002), de Europa, coinciden con lo expuesto en el párrafo anterior. Del mismo modo, la gestión forestal próxima a la naturaleza aporta un interesante punto de vista a la cuestión.

Hasta aquí el contexto teórico. La primera dificultad práctica surge cuando queremos caracterizar las condiciones de referencia en montes profundamente intervenidos por el hombre. Sencillamente, en la España mediterránea no existen bosques naturales o vírgenes, aunque algunos se encuentran mejor conservados que otros. Así, en la sierra de Cazorla todavía existen rodales de *Pinus nigra* con un grado de naturalidad muy alto (ver Tíscar, 2005) y que, lógicamente, ofrecen información útil sobre las condiciones de referencia de estos bosques.

Las condiciones de referencia también se pueden reconstruir a partir de diferentes fuentes de información, tales como documentos históricos, investigaciones en ecología forestal y trabajos de arqueología, palinología y dendrocronología.

Finalmente, la naturaleza del régimen natural de perturbaciones también aporta una información utilísima.

Por ejemplo, la recurrencia de los incendios en el mediterráneo español se ha establecido en al menos 250 años (López-Soria y Castell, 1992), pero debe de ser bastante mayor en los pinares de salgareño, pues son varias las características de este árbol que sugieren una mala adaptación al fuego: ausencia de piñas serotinas, yemas gruesas, imputrescibilidad del fuste, longevidad larga, etc. (Tapias y Gil, 2005). Además, *Pinus nigra* se regenera con mucha dificultad tras los incendios (Trabaud y Campant, 1991; Escudero et al., 1997; Escudero et al., 1999; Habrouk et al., 1999).

En esta situación, es de esperar que las perturbaciones poco intensas y frecuentes (puntuales) sean el principal agente generador de la estructura forestal en los pinares cazorleños. De hecho, los inventarios a escala monte recogen para los últimos 100 o más años una mortalidad continuada de pequeños grupos de árboles o de pies individuales, cuyo aprovechamiento se contabiliza como de vientos y nieves en los documentos de gestión. La causa de la muerte de estos

árboles es variada: rayos, ataques de perforadores, debilitamiento por muérdago (*Viscum album*), desarraigo por vientos fuertes o por el peso de la nieve, etc. La incidencia de estas causas de mortalidad es baja y, en el área de Puerto Llano, alcanza a no más de 0,148 pies por hectárea y año (Tíscar, 2004).

La prueba final de que las perturbaciones puntuales son preponderantes en los pinares de salgareño es que la especie se regenera bien en el interior de pequeños huecos abiertos en el dosel forestal (Tíscar y Ruíz, 2005). Como consecuencia de todo lo anterior, podemos concluir que la estructura ideal o de referencia para los pinares cazorleños de salgareño sería una con características de irregularidad pie a pie (ver Serrada, 1999). Aún más, la utilización combinada de diferentes fuentes de información permite concluir para los pinares cazorleños de salgareño lo siguiente (Tíscar, 2004):

- 1.- Entre un 50% y un 60% de la superficie forestal debería estar ocupada por árboles de 50 centímetros o más de diámetro a la altura del pecho.
- 2.- Debería existir un mínimo de 15 m<sup>3</sup> de madera muerta por hectárea.
- 3.- Los pinares naturales tendrían una mayor mezcla de frondosas que en la actualidad.
- 4.- Las principales perturbaciones actuantes serían de tipo puntual, produciendo una distribución azarosa de pequeñas aperturas del dosel forestal para permitir la instalación de regenerados.
- 5.- No obstante, la implantación de nuevos pinos estaría condicionada negativamente por la ocurrencia de veranos particularmente calurosos y secos y por la vecería en la producción de piñones.
- 6.- Finalmente, la mortalidad de los árboles se produciría de modo disperso, como las perturbaciones, afectando a árboles individuales o a pequeños grupos, pero conforme a las propiedades de los árboles presentes en cada punto de perturbación. Por tanto, los árboles no morirían a la misma edad.

En definitiva, los pinares cazorleños de salgareño estarían naturalmente formados por árboles que, una vez bien arraigados, sobreviven durante varios siglos, acercándose al límite de su longevidad potencial. Por ello, estos montes estarían dominados por una mayoría de pies gruesos o muy gruesos. Esta situación es muy diferente de la actual, pues la edad de madurez fijada por los planes de gestión es de 120 años, la quinta parte de la longevidad potencial.

En última instancia, la longevidad potencial de un árbol depende de circunstancias diferentes entre las que se incluyen genética y emplazamiento por

ello el vigor de cada árbol es diferente a una misma edad y la longevidad que naturalmente alcanzaría cada árbol no está predeterminada de antemano, como en un programa de aprovechamientos basado en la selvicultura clásica. En esta situación, las especies diferentes de la principal y la madera muerta (árboles que realizan funciones ecológicas) tienen mucha importancia.

## **LA GESTIÓN FORESTAL PRÓXIMA A LA NATURALEZA Y EL NUEVO PARADIGMA.**

Los principios de la gestión próxima a la naturaleza se explican más extensamente en el Capítulo XXXXX. Brevemente, la gestión próxima a la naturaleza entiende que los árboles realizan funciones de producción, de ayuda a la producción y ecológicas. En un momento dado, cada árbol puede realizar alguna o varias de esas funciones simultáneamente.

Las funciones de producción corresponden a árboles bien conformados, que deberían permanecer en el monte mientras mantengan su vigor y sigan incrementando su volumen de madera valiosa. Por su parte, los árboles que ayudan a la producción lo hacen sombreando a los árboles productores, para favorecer la poda natural, o procurando protección frente al viento y la nieve, o mejorando las características del suelo, etc.

Finalmente, todos los árboles prestan servicios ecológicos, pero hay algunos que destacan por crecer aislados, servir de soporte a nidos o plantas trepadoras, o pertenecer a especies poco representadas en el monte. Incluso podrían estar protegidas por la ley.

La propuesta de la gestión próxima a la naturaleza es que ningún árbol se cortará al menos que ya no realice ninguna de esas tres funciones, es decir, si su precio ya no va a aumentar por estar más tiempo en el bosque, si está perjudicando a otro árbol productor o si no cumple con alguna otra función en particular. En parte, estas propuestas coinciden con la idea de *monte continuo*, sobre la que se han celebrado varios congresos recientemente, en el sentido de que los árboles permanecen en el monte mientras que su crecimiento es satisfactorio y no interfiere con árboles mejores.

Cuando un señalamiento para el aprovechamiento maderero se guía por los criterios de gestión próxima a la naturaleza, no hay forma de predecir cuántos árboles se cortarán o de indicar dónde están situados. De esta forma, se genera una pauta de cortas que reproduce un régimen natural de perturbaciones puntuales más acertadamente que ningún otro método selvícola. Además, los

selvicultores próximos a la naturaleza respetan la presencia de madera muerta y favorecen las especies menos representadas. En consecuencia, la gestión próxima a la naturaleza puede reproducir, con el tiempo, las condiciones de referencia de los pinares cazorleños de salgareño, y todo ello, en el contexto de un monte explotado por su madera.

Las características de los pinares cazorleños de salgareño son extensibles a otros muchos bosques de la montaña mediterránea, por eso, la gestión próxima a la naturaleza tiene un gran potencial como herramienta de gestión forestal sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA.

BRYSON B., 2003. *A short history of nearly everything*. Black Swan Books.

BUSTILLO M.R.G., CALLE J.A., DE CASTRO E., DEL CERRO A., EXPOSITO A., MORGAN M.J., OUTERELO R., SUBIAS L.S., 1980. Fauna de Cazorla: invertebrados. M.G. de Viedma editor. Icona-Mapa, Monografías 23. Madrid, 129 pp.

CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1979. *Arboles y arbustos de la España peninsular*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Sección de Publicaciones, 512 pp.

CREUS J., 1998. A propósito de los árboles más viejos de la España peninsular: los *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmanii* (Dunal) Franco de Puertollano-Cabañas sierra de Cazorla, Jaén, Montes 54, 68-76.

DAJOZ R., 1999. *Entomología Forestal*. Los insectos y el bosque. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 548 pp.

DeGRAFF R.M., HESTBECK J.B., YAMASAKI M., 1998. Associations between breeding bird abundance and stand structure in the White Mountains, New Hampshire and Maine, USA. *Forest Ecology and Management* 1998, 217-233.

Del RIO M., MONTES F., CAÑELLAS I., MONTERO G., 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 12, 159-176.

ESCUADERO A., BARRERO S., PITA J.M., 1997. Effects of high temperatures and ash on seed germination of two Iberian pines (*Pinus nigra* ssp. *salzmanii*, *P. sylvestris* var. *iberica*). *Ann. Sci. For.* 54, 553-562.

ESCUADERO A., SANZ M.V., PITA J.M., PÉREZ-GARCÍA F., 1999. Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines. *Annals of Forest Science* 56, 511-520.

FULLER R.J., PETERKEN G.F., 1995. *Woodland and scrub*. En: *Managing habitats for conservation*. W.F. Sutherland y D.A. Hill (eds). Cambridge University Press, pp. 327-361.

GARCIA J.M., 1994. Evolución de un medio forestal intervenido. Un siglo de ordenación en el pinar de Navafría (1895-1994). *Montes* 36, 58-64.

GIL L.; TAPIAS R.; 2005. *Estrategias regenerativas de Pinus nigra. Comparación con los otros pinos españoles*. En: Grande M.A. y García-Abril A. (coord.). *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. pp. 127-150.

GONZALEZ-ESTABAN J., IRIZAR I., CASTIEN E., VILLATE I., 1997. Relación entre las características del hábitat y la diversidad de micromamíferos. La importancia del manejo forestal. III Jornadas Españolas de Conservación y Estudio de Mamíferos, SECEM. Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. Castelló d'Empúries. p. 47

GUITIAN J., 1984. Sobre la importancia del acebo (*Ilex aquifolium* L.) en la ecología de la comunidad invernada de Paseriformes en la Cordillera Cantábrica occidental. *Ardeola* 30, 65-76.

GUITIAN J., 1987. *Hedera helix* y los pájaros dispersantes de sus semillas: tiempo de estancia en la planta y eficiencia de movilización. *Ardeola* 34, 25-35.

HABROUK A., RETANA J., ESPELTA J.M., 1999. Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires, *Plant Ecology* 145, 91-99.

HARRIS L.D., 1984. *The fragmented forest*. Island Biogeography theory and the preservation of biotic diversity. The University of Chicago Press. London, 211 pp.

HAWLEY R.C., SMITH D.M., 1982. *Silvicultura Práctica*. Editorial Omega, Barcelona, 544 pp.

HERRERA C.M., 1989. Papel de los cánvoros en el bosque mediterráneo. *Quercus* 37, 20-28.

HERRERA C.M.; 2001. Dispersión de semillas por animales en el mediterráneo: ecología y evolución. En: *Ecosistemas Mediterráneos, Análisis Funcional*,

ZAMORA, R. & PUGNAIERE, F.I. (eds.). Colección Textos Universitarios n° 32, CSIC-AEET, pp. 125-152.

HUNTER M.L. Jr., 1999. Biological diversity. En: Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Hunter M.L.Jr. (ed.). Cambridge University Press, pp. 3-21.

JOYCE C., 1993. Taxol: Search for a cancer drug. *Bioscience* 43: 133-136.

LEAKEY R., LEWIN R., 1995. The sixth extinction, biodiversity and its survival. Phoenix. Londres. 271 pp.

LÓPEZ-SORIA L., CASTELL C., 1992. Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. *Oecologia* 91: 493-499.

MACARTHUR R.H., MACARTHUR R.W., 1961. On birds species diversity. *Ecology* 42, 594-598.

MOORE M.M., COVINGTON W.W., FULE P.Z., 1999. Reference conditions and ecological restoration: a Southwestern Ponderosa pine perspective. *Ecological Applications* 9, 1266-1277.

OLIVER C.D., LARSON B.C., 1996. Forest Stand Dynamics. John Wiley and Sons Inc., 520 pp.

ROSAS G., RAMOS M.A., García A., 1992. Invertebrados españoles protegidos por Convenios Internacionales. ICONA-MAPA Colección Técnica. Madrid, 250 pp.

SERRADA R., 1999. Avance apuntes de selvicultura. Servicio de Reprografía de la EUIT Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, 440 pp.

SEYMUR R.S., HUNTER M.L. Jr., 1999. Principles of ecological forestry: En: Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge University Press. Cambridge. UK. pp. 22-61.

TILMAN D., 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80: 1455-1474.

TÍSCAR P.A., 2005. *Composición, estructura y función de un bosque natural viejo de Pinus nigra subsp. salzmannii. Enseñanzas para la gestión forestal sostenible.* En: Grande M.A. y García-Abril A. (coord.). Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión. Fundación Conde del Valle de Salazar. pp. 613-632.

TÍSCAR P.A., RUÍZ M.A., 2005. Relación entre la regeneración y la apertura del dosel forestal en Pinus nigra arn. ssp. salzmannii (Dunal) Franco. Actas del IV Congreso Forestal Español. Zaragoza.

TÍSCAR P.A.; 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 (inédita).

TRABAUD, L., CAMPANT, C., 1991. Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco après incendie. *Biological Conservation* 58:329-343.

VIEJO J.L., 1990. La conservación de los insectos. *Quercus* 48, 6-12.

WILSON E.O., 1998. *Biodiversity*.

WILSON E.O., 1994b. *Naturalist*. Island Press. 380 pp.

ZAVALA M.A., ORIA J.A., 1995. Preserving biological diversity in managed forests: a meeting point for forestry and ecology. *Urban and Landscape Planning* 31, 363-378.

## ANEXO.

### Algunas definiciones y juicios definatorios relacionados con la Selvicultura.

1.COTTA (1831): Por *Cultivo de los bosques* entendemos la regeneración, el tratamiento y el aprovechamiento de los mismos. Este último puede y debe ejercerse de manera que nuevos bosques sucedan a los antiguos sin solución de continuidad. Este tipo de explotación se denomina regeneración natural de los bosques.

2.COTTA (1836): La *Economía forestal* se ocupa del estudio del tratamiento de los bosques y de los medios de obtener de manera continua productos abundantes y útiles.

3.LORENTZ & PARADE (1860): ... un conjunto de hechos prácticos que, junto con los diferentes métodos de explotación consagrados por una experiencia razonada y reunidos y coordinados en un cuerpo de doctrina reciben el nombre de *Cultivo de los bosques* o *Selvicultura*.

4.OLAZABAL (1883): *Dasotomía* es el arte de cortar mejorando y de cortar reproduciendo.

5.PUTON (1888): *Selvicultura* es el estudio del tratamiento de los bosques.

6. BOPPE (1889): El objeto de la *Selvicultura* es formular un conjunto de reglas aplicables a la explotación racional de los terrenos afectos a la producción leñosa... La *Selvicultura* es la ciencia que estudia los fenómenos relativos a la vida del bosque natural, y el arte de explotarlo sin contradecir su fisiología.

7. COLABORADORES FORESTALES DE LA ENCICLOPEDIA ESPASA: 0. ELORRIETA o F. BARO, probablemente (1927): La palabra *Selvicultura* ha venido designando por mucho tiempo al conjunto de la ciencia forestal... La *Selvicultura* es la parte de la ciencia forestal que se dedica al estudio y tratamiento de las masas o asociaciones vegetales leñosas, así como a su creación y cultivo.

8. BAKER (1934): La *Selvicultura* puede definirse como el arte y la ciencia de reproducir y desarrollar masas forestales sobre la base de su permanencia.

9. GONZALEZ VAZQUEZ (1938): El término *Selvicultura* significa, atendiendo a su origen etimológico, cultivo de la selva, en su más amplia acepción... *Selvicultura* es la ciencia que tiene por objeto el estudio de todas las plantas espontáneas que contribuyen a la formación de la cubierta viva de los bosques, para obtener de la misma sus más útiles productos y aplicaciones... *Selvicultura* es la ciencia que tiene por objeto principal el cultivo de las agrupaciones vegetales climáticas, bien constituyan el propio monte arbóreo o simplemente el leñoso o herbáceo, a