

**MONOGRAFÍAS
DE LA
REAL ACADEMIA
DE CIENCIAS
Exactas
Físicas
Químicas y
Naturales
DE
ZARAGOZA**

Nº 46

Origen y evolución de la selvicultura en España

Gregorio Montero González



2025

Edita:

©Real Academia de Ciencias de Zaragoza

Este volumen se publica con la financiación del Vicerrectorado de Política Científica de la Universidad de Zaragoza. Universidad de Zaragoza

D.L.: Z-xxxx-2025

Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza

ISSN: 1132-6360

Origen y evolución de la silvicultura en España

Gregorio Montero González

Conferencia del Ilmo. Sr. D. Gregorio Montero González con ocasión de su nombramiento como
Académico Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de
Zaragoza,
Leida en Zaragoza el día 11 de junio de 2025

**Aquello que no se puede controlar nunca es del todo real.
Y aquello que es real nunca se puede controlar del todo.**

Vladimir Nabokov (1899-1977)

Resumen

En este trabajo se presenta información, basada en la bibliografía de la época, sobre el origen y desarrollo de la silvicultura en Europa en los siglos XVII al XIX y su difusión y aplicación en España a partir de mediados del siglo XIX.

Se presentan datos y fechas sobre el desarrollo de la silvicultura en España desde principios del siglo XX, tomando como guía los programas de investigación del Instituto Central de Experimentación Técnica Forestal (ICETF) creado en 1907 y de las diferentes instituciones de investigación Forestal en las que el ICETF se fue transformando desde su creación hasta nuestros días.

Se comparan los resultados obtenidos por la investigación en silvicultura con los resultados de su aplicación práctica, obtenidos por los Servicios Forestales Provinciales en los montes españoles desde finales del siglo XIX hasta la fecha, y se apuntan algunos temas que sería necesario estudiar con más detenimiento para clarificar, en lo posible, las controversias que existen entre la aplicación de la silvicultura y la no intervención que propugnan quienes defienden que la silvicultura, aun correctamente aplicada, no garantiza la sostenibilidad y la funcionalidad ecológica de los sistemas forestales. La silvicultura, como otras muchas actividades agrarias, casi siempre ha comenzado a aplicarse antes de conocer sus conceptos teóricos, sin ir precedida de estudios preliminares adaptados al medio en el que se va a aplicar. Esta percepción de la teoría y de la práctica de la silvicultura aconseja, en ocasiones, hacer comparaciones para valorar las aportaciones de una y otra a los resultados finales.

Con base en los criterios anteriores, se hace una valoración del estado de los conocimientos que han sido alcanzados por la ciencia y técnica forestal en nuestro país. Se defiende que la silvicultura es una ciencia ecológica y productiva que garantiza la sostenibilidad y la conservación de nuestros montes y permite que el sector forestal siga haciendo una gran contribución a la economía verde, poniendo en el mercado grandes cantidades de materias primas renovables con alta capacidad de reutilización y creando empleo rural.

1. Antecedentes históricos

La ciencia forestal en general y la silvicultura en particular, son ciencias jóvenes (SERRADA, 2011). No es posible fijar con precisión la fecha en que apareció el primer texto técnico-científico sobre el cultivo o tratamiento de las masas forestales en Europa. Se sabe que las primeras técnicas aparecieron por la necesidad que la sociedad tenía de aprovechar los montes de forma un poco más racional de cómo se había hecho hasta principios del siglo XVII, caracterizado por las cortas a hecho y las entresacas por huroneo intenso, que extraían casi exclusivamente los árboles mejores

y con mayor valor comercial, y en mayor cantidad anual de la que el monte podía proporcionar con su crecimiento. Paulatinamente fueron apareciendo una serie de reglas empíricas adquiridas por la observación de hechos más o menos puntuales, y que permitían mejorar la forma e intensidad de aplicación de los tratamientos selvícolas en las principales masas forestales (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* y *Q. petraea*, etc.) en Centroeuropa. Paralelamente se fue desarrollando, de manera importante, el conocimiento de las ciencias naturales, lo que unido al conocimiento adquirido con las “rutinas” forestales contribuyó al desarrollo incipiente de las ciencias forestales y, en particular, de la selvicultura.

En esta materia los forestales pronto empezaron a adoptar una visión a largo plazo: se dieron cuenta de que los árboles forestales crecen despacio, se regeneran lentamente y son muy longevos. Esto podría explicar por qué los forestales empezaron a asociar, ya en aquella época, el concepto de sostenibilidad a la selvicultura. Así aparecieron los primeros trabajos forestales publicados por autores alemanes entre los que destaca el trabajo de Hans Carl von Carlowitz en 1713, titulado *Sylvicultura Oeconomica* o *Economía de la Selvicultura: Instrucciones para el cultivo de los árboles silvestres*. En este libro, publicado hace más de 300 años, aparece por primera vez, de forma documentada, el término persistencia o sostenibilidad (*Nachhaltigkeit* en alemán), término que desde Europa Central se fue extendiendo al resto del mundo. El libro tuvo varias ediciones y se convirtió en lectura obligada para varias generaciones de forestales, y todavía es recordado y tenido en cuenta por muchos. Desde entonces el principio de sostenibilidad ha impregnado, más o menos, toda la gestión forestal y sigue siendo guía de las actividades selvícolas en Europa, sobre todo durante los últimos 150 años.

Pronto aparecieron, también, los primeros trabajos publicados por autores franceses como el de Duhamel (1755) ayudado por el naturalista Buffon, que proporcionan normas técnico-científicas para la aplicación de la selvicultura y la regulación de los aprovechamientos. El libro de Duhamel fue el primer libro de selvicultura traducido al español en 1773 por Celestino Gómez de Ortega y reeditado, por segunda vez, en 2009 por la Sociedad Española de Ciencias Forestales. La obra forestal de Duhamel fue la base a partir de la cual se empezó a avanzar en el estudio científico de la selvicultura y los aprovechamientos de los montes. En la Francia medieval, el concepto de sostenibilidad (*soutenir*) aparece ya, aunque poco explicitado, en la ordenanza de Brunoy, de 1346, que trataba de la ordenación de las aguas y de los bosques, durante el reinado de Felipe VI.

En Gran Bretaña, en 1664, se publica el libro de John Evelyn titulado *Sylva*, o *Un discurso sobre los árboles forestales y la madera*, que estimuló mucho la plantación de árboles en grandes superficies de tierras deforestadas. Esta preocupación apareció en toda Centroeuropa, Gran Bretaña, península Ibérica y costa Mediterránea, porque no se podía detener el proceso de sobreexplotación de los bosques a que obligaba la necesidad de aumentar la superficie de tierras agrícolas para la alimentación, la minería, la industria salinera, la madera para la construcción naval y la industrialización que se iniciaba a principios del siglo XVIII. Con este telón de fondo aparece el antes mencionado libro de Von Carlowitz, que era hijo de un técnico forestal, a los 32 años fue nombrado administrador de Minas y en 1711, Director de la Industria Minera de Sajonia, lo que demuestra que era consciente y conocedor de la escasez de madera y se planteó la necesidad de aplicar una silvicultura sostenible como remedio al deterioro y agotamiento de los bosques alemanes.

En 1791, Ludwig Hartig publica su libro sobre claras (regulación del número de árboles por hectárea para diferentes especies, edades y diámetro medio) y sobre cortas de regeneración en monte alto, que es considerado como el primer trabajo en el que aparece el método de regeneración por aclareos sucesivos y uniformes y las primeras normas sobre cómo realizar las claras (COLOMO y ELORRIETA, 1914). Se puede decir que este trabajo modifica las técnicas selvícolas y desplaza el método de cortas de entresaca por huroneo que se venía aplicando profusamente en Alemania y el método de cortas por superficie (generalmente cortas a hecho) prescrito en las ordenanzas de Colbert (1669), que era la norma dasocrática nacional. Las ordenanzas y reglas tradicionales se modifican o se abandonan con las nuevas ideas que empiezan a salir de las Escuelas Forestales en Alemania, donde se abre la primera Escuela Forestal en Tegel, cerca de Berlín, en 1770.

También Ludwig Hartig fundó en 1795 la “Cátedra de Estudios del bosque”, la cual continuaron Henrich Cotta en 1804 en la escuela de Tharandt, y Johan C. Hundeshagen en 1826. Fue desde esa cátedra que Hartig formuló el principio de la sostenibilidad, ya desde la perspectiva intergeneracional (SCHMITHÜSEN, 2013) expresando el concepto de una forma muy parecida a la actual: *“No es posible elaborar ideas sobre una explotación forestal sostenible ni esperar que tal explotación pueda lograrse si el cálculo de la asignación de la madera en los bosques no se realiza de acuerdo con la sostenibilidad [. . .]. En consecuencia, una gestión sabia de los bosques debe proceder imponiendo gravámenes (fijando una base de valor) lo más alto posible sobre los bosques, pero apuntando a utilizarlos de manera tal que las generaciones futuras puedan sacar*

de ellos al menos las mismas ventajas que las presentes”. Carl Heyer, en 1841, se refiere a la sostenibilidad de la producción de madera, diciendo que un bosque podía considerarse “*ordenado de forma sostenible, si se ha tenido cuidado en regenerar todas las masas (rodales) que han sido cortadas, con el propósito de mantener la superficie que se destina a la producción forestal*”. En las universidades suizas se empieza a utilizar el término sostenibilidad por el forestal Albrecht Kasthofer, en 1841, que lo define como “*el producto sostenible y equivalente que procede de un bosque.*”

En esas fechas la sostenibilidad forestal se asociaba más a la idea de permanencia y estabilidad de la renta que a la sostenibilidad ecológica y funcional de los sistemas forestales, tal como se entiende hoy día. Pero es cierto que las ideas de la conservación y sostenibilidad de los montes en esa época empezaron a despertar el interés por una ciencia forestal conservadora y capaz de buscar el equilibrio entre el crecimiento y las extracciones anuales, que fue extendiéndose en los medios forestales y académicos europeos.

La selvicultura y otras ciencias forestales ya se venían enseñando en las universidades de Alemania y Francia y en los Institutos Agronómicos de otros países europeos. En estos centros se enseñaban los contenidos hasta entonces conocidos y la poca investigación forestal que se hacía iba dirigida, preferentemente, a mejorar el contenido técnico de cada asignatura y de esa forma mejorar la formación de los titulados forestales y de los propietarios de montes que estaban interesados. Por lo tanto, se podría decir que la ciencia forestal, y más en concreto la selvicultura, nacen a finales del siglo XVIII en los mencionados Institutos Agronómicos (COLOMO y ELORRIETA, 1914), pero no es hasta principios del siglo XIX cuando se generaliza la enseñanza en las Escuelas Especiales de Ingeniería de Montes específicas en toda Europa (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: País, ciudad y año de creación de las principales Escuelas de Ingenieros de Montes en Europa.

País	Ciudad	Año	País	Ciudad	Año
Alemania	Tegel	1770	España	Villaviciosa de Odón	1848
Alemania	Isenburg	?	Francia	Nancy	1824
Alemania	Stuttgart	?	Italia	Vallombrosa	1869
Alemania	Kiel	1785	Mónaco	Mónaco	1807
Alemania	Tharandt	1811	Polonia	Varsovia	1816
Austria	Marienbrunn	1814	Rusia	San Petersburgo	1833

Y es en este periodo cuando las ciencias forestales, y en especial la selvicultura, empiezan a incorporar conocimientos científicos, sobre todo en Centroeuropa, y se empieza a organizar la selvicultura sobre bases científicas más firmes, mejorando la exactitud y precisión de sus juicios, consecuencia del espíritu crítico que ya imponían las ciencias modernas del siglo XIX, la cual no siempre respeta las hipótesis consagradas hasta esa época. Muchas de las ideas que han prevalecido hasta esas fechas son modificadas y otras retomadas. Así las cortas de entresaca por huroneo fueron sustituidas por el método de aclareos sucesivos, el de la entresaca normal y regularizada y otros métodos derivados de éstos, que se convierten en “el ideal del selvicultor”.

Karl Gayer (1822–1907), profesor de selvicultura en la escuela forestal de Múnich, indica que la ciencia forestal no pudo sustraerse a ese espíritu de crítica, y la selvicultura empezó a sustituir muchas de sus ideas y de sus procedimientos de observación pura y aislada, por el de la observación provocada, es decir, por la experimentación forestal. COLOMO y ELORRIETA (1914) dicen que era necesario someter las prácticas forestales que dominaban, como dueñas absolutas de los procedimientos usados por entonces, a la acción escrutadora de la ciencia que las purificase, dejando lo verdadero y quitando lo convencional y rutinario. Los hechos que, en la práctica ordinaria de la selvicultura, se presentaban a los ojos del Ingeniero de Montes, no bastaban ni podían ser estudiados en las condiciones que eran necesarias para su completa comprensión. Unas veces porque no eran fácilmente comparables, o su número era pequeño, y otras porque los resultados estaban contaminados e influenciados por otros fenómenos, y su estudio requería tiempo, calma y metodología común, se apunta ya al empleo del método científico. La experimentación, preparando y provocando un hecho o un fenómeno determinado con arreglo a un plan preconcebido o hipótesis, es el único medio que puede mostrar el camino de la verdad, el conocimiento real de las cosas, del cual, por deducción e integración de resultados relacionados entre sí, se puede escoger el material necesario para cimentar, sobre bases seguras, la ciencia forestal.

No por eso ha de entenderse que se abandonase la observación pura. El fundamento de toda ciencia estriba en el método experimental, y si éste no es posible, en el método de observación y en último caso en la combinación de ambos. En este sentido, ECHEGARAY (1905) dice que *“para conocer la Naturaleza es preciso ir a ella, tocarla, pulsar sus latidos, mirarla de cerca, hacerla trabajar ante nuestra vista y entre nuestras manos [. . .] que la verdad solo de este modo puede conocerse, y no cerrando los ojos al mundo exterior, aislando el pensamiento y agitándolo*

violentemente para crear teorías caprichosas que son fantasmas de la imaginación y casi nunca imágenes fieles de la Naturaleza. El monte se deja contemplar, pero no permite interpretar sus hechos con ignorancia y superficialidad”. La única ciencia capaz de conocer la naturaleza y a la vez hacerla trabajar ante nuestra vista y entre nuestras manos, planteando preguntas, ejecutando tratamientos selvícolas reglados y midiendo su respuesta a los mismos, durante largos periodos de tiempo, adaptados a la longitud del turno de corta de cada especie, es la silvicultura experimental.

Con ese convencimiento procedieron los silvicultores a diseñar experiencias para contrastar teorías que no parecían, a su modo de ver, justificadas. La experimentación en campo comenzó por toda Europa en diferentes lugares y con distintas metodologías, pero la falta de medios económicos y del tiempo necesario para alcanzar resultados finales y fiables hizo que muchas parcelas experimentales se abandonasen antes de que se cumpliera el tiempo necesario para obtener resultados definitivos y comparables con otros obtenidos en parcelas cuya persistencia fue mayor.

Pronto empezaron a aparecer propuestas, especialmente en Centroeuropa, pidiendo la creación de una asociación internacional de experimentación forestal, pero no fue hasta 1868 cuando a propuesta del forestal Karl Heyer, el antes precursor de la creación de la Sociedad de Estática Forestal (estudio de las clases de edad, clasificación de las masas forestales, estudio de la espesura o densidad, formaciones y asociaciones vegetales, etc.), se constituyó en Viena la Organización de Estaciones de Experimentación Forestal, que ya incluía los estudios dinámicos, económicos y la práctica totalidad de experimentación forestal sobre tratamientos selvícolas, influencia de los factores ecológicos, tipos de suelos forestales, cantidad y calidad de los productos a obtener con cada tratamiento y cada especie, etc. En el último tercio del siglo XIX comenzaron a aparecer los Institutos de Experimentación Forestal en Baden (1870), Sajonia (1870), Prusia (1872), Wuttemberg (1872), Thuringia (1872), Baviera (1875), Austria (1875), Francia-Nancy (1882), Alsacia-Lorena (1882), Suiza (1885), España (1907), etc.

Por supuesto que ya anteriormente se venían realizando estudios de experimentación en las Escuelas de Ingeniería de Montes. En los distintos estados del imperio Austrohúngaro, principalmente Austria, y en Alemania, se dictaron normas para el establecimiento de parcelas experimentales permanentes en masas de las principales especies forestales en montes públicos y cuyas mediciones y conservación se encomendaron a los forestales de los servicios ordinarios, lo cual no

resultó viable dada la complejidad y precisión que exige la toma de datos experimentales. Hubieron de hacerse cargo de estas tareas los investigadores de los recién creados Institutos Forestales (PRETZSCH *et al.*, 2025).

La investigación en silvicultura y en ciencia forestal fue creciendo en importancia y contenido, lo cual planteó nuevamente la necesidad de armonizar la metodología de la investigación y experimentación para poder comparar los resultados. Así en 1891 se creó en Austria la *Unión Internacional de Institutos de Investigación Forestal* (IUFRO) que se reunió por primera vez en Austria en 1893, en lo que se considera el primer congreso mundial de IUFRO. La IUFRO puede considerarse al día de hoy como la principal Organización Internacional de Instituciones de Investigación Forestal, no solo de silvicultura. Está estructurada en secciones que conforman las principales áreas de investigación forestal, en todo el mundo.

No cabe duda de que este movimiento científico-experimental creado en Centroeuroa fue penetrando en España, aunque aquí no existía ningún organismo de investigación que no fuese la Escuela Especial de Ingenieros de Montes, casi exclusivamente dedicada a la enseñanza. La técnica forestal se nutría de las rutinas y métodos tradicionales que se conocían en aquellas fechas. Llama la atención que pasados 45 años desde la creación de la Escuela Especial no existiese ninguna experiencia hecha sobre silvicultura en cualquiera de las principales especies forestales de nuestro país. En Europa ya habían comenzado los estudios de claras y cortas de regeneración, hacia casi un siglo, especialmente en los estados alemanes. En Francia habían aparecido autores forestales como Duhamel y Buffon que ya a finales del siglo XVIII habían escrito libros de referencia internacional que habían impregnado de ciencia a la técnica forestal de la época. De las silviculturas alemana y francesa se nutría la entonces rudimentaria silvicultura española: de Alemania nos llegaba, básicamente la silvicultura de *Pinus sylvestris* y *Fagus sylvatica*, y de Francia la silvicultura mediterránea del alcornoque, la resinación, el monte bajo y las técnicas de corrección de dunas marinas y continentales, que han tenido y tienen un gran desarrollo, ya propio, en España.

A España llegaba alguna información, más institucional, a través de la Escuela Forestal de Tharandt, que seguía teniendo cierta colaboración con la Escuela Especial de Ingenieros de Montes (fundada en Villaviciosa de Odón, Madrid, en 1848) desde donde se empezaba a promover excursiones y visitas a montes y escuelas forestales de Centroeuroa y se importaba algo de información sobre los avances de la Experimentación en silvicultura.

En los Estados Unidos de América, la deforestación en los siglos XVIII y XIX fue aún más intensa e irracional que en Europa y, las medidas para recuperar la pérdida de masas forestales no llegaron hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX. No fue hasta 1902 cuando apareció el libro *Economics of Forestry*, obra de Bernhard Fernow, Ingeniero de Montes alemán nacionalizado estadounidense. Según RAMOS GOROSTIZA (2004), éste fue el primer libro importante de economía forestal, y tuvo el mérito de trasladar al ámbito estadounidense una rama del conocimiento que ya existía en Europa desde mediados del siglo XVIII, y además apareció en un momento en el que la práctica del manejo científico de la selvicultura se había convertido en “*la expresión más refinada del conservacionismo americano*”. Continúa RAMOS GOROSTIZA (2004) diciendo aquello de que no es posible violar el orden de la Naturaleza, en la búsqueda del beneficio a corto plazo, sin pagar un alto precio, porque siempre recaerá en las generaciones futuras. Es decir, la selvicultura en Estados Unidos, como en Europa, nació como una respuesta a la deforestación y al empobrecimiento de los terrenos forestales que se venían produciendo como consecuencia de la sobreexplotación a la que venían siendo sometidos. La selvicultura contó en aquella época con el total apoyo del potente movimiento conservacionista americano, promovido y apoyado por Gifford Pinchot, discípulo de Fernow y que como político forestal defendía la selvicultura como gestión forestal científica de los montes (PINCHOT, 1910), selvicultura que según continúa RAMOS GOROSTIZA (2004), citando a HAYS (1959), representaba quizá la traducción más ajustada, en aquella época, al ideal de “*uso sabio de los recursos naturales*”, que reconociendo el pleno derecho de las generaciones presentes reconocía y reconoce la obligación de transmitir esos mismos derechos a las generaciones futuras.

Pronto, como en Europa, aparecieron autores menos partidarios de las intervenciones selvícolas, que valoraban más al monte como fuente de paisaje, recreo, cultura e incluso como lugares sagrados, destacando a MUIR (1901) y LEOPOLD (1949), promotores de la teoría del Ecocentrismo, que defendía, sin demostrarlo científicamente o experimentalmente, que el mantenimiento de los equilibrios ecológicos, a través de las interrelaciones entre clima, suelo, fauna y vegetación, solo podía mantenerse sin intervención selvícola aunque ésta permitiese el uso racional de las masas forestales como ya se había demostrado en Norteamérica y antes en Europa. Claro está que muchos autores entonces, y ahora, defendían y defienden que esas interrelaciones ecológicas que se producen entre los elementos de un ecosistema no tienen por qué romperse o deteriorarse profundamente por la aplicación de una selvicultura científica adecuada a la especie o especies y al sitio o estación, y técnicamente bien aplicada. Los ecocentristas, precursores de los actua-

les ecologistas, sostenían, y sostienen hoy, que la selvicultura con sus intervenciones rompe el equilibrio ecológico y funcional de los montes. Los selvicultores afirmaban, entonces con menos información, y afirman ahora con abundantes datos, que según los resultados de la aplicación de selvicultura en Europa, esta técnica bien aplicada mejora la producción y la sanidad de los montes sin perjuicios para el resto de las funciones ambientales que la sociedad pudiese exigir o esperar de las masas forestales.

En España, tras las importantes deforestaciones asociadas a la desamortización eclesiástica de Mendizábal de 1836, y la civil de Madoz de 1855, ya se había creado en 1901 el Catálogo de Montes de Utilidad Pública como defensa de los montes públicos, y había empezado en 1884–85 un ambicioso programa de ordenación de montes, naturalmente utilizando las ideas generales de los métodos de Ordenación de Montes de aquella época y de los escasos conocimientos sobre el comportamiento de la aplicación de algunos tratamientos selvícolas, que ya se estaban aplicando y en algún caso incluso revisándose en Centroeuropa. Este ambicioso programa de ordenación de montes, basado en el conocido como “método de ordenar transformando” (MARTÍNEZ DE PISÓN, 1948), supuso un importante avance en el conocimiento de la gestión forestal de nuestros montes y sobre el comportamiento de los tratamientos selvícolas aplicados en las principales especies españolas: pinares, robledales, alcornocales y hayedos principalmente, y monte bajo de *Quercus* *sp.* y castaño, como más adelante veremos.

En 1890 se publica el libro del Ingeniero de Montes Primitivo Artigas titulado *Selvicultura, o cría y cultivo de los montes* (ARTIGAS, 1890), que supuso un avance muy importante para la selvicultura en España. El texto recopila el estado de los conocimientos existentes en aquella época en Centroeuropa y hace un importante esfuerzo por adaptarlos a las principales especies forestales españolas y a nuestro medio mediterráneo. Este libro constituyó lo que podría llamarse una guía práctica para la enseñanza y la aplicación de la técnica-ciencia selvícolas en nuestro país, al menos hasta la aparición de los dos libros de Ezequiel González Vázquez (GONZÁLEZ VÁZQUEZ, 1938, 1948).

La publicación del libro de selvicultura de Artigas en 1890 viene a coincidir con el inicio, unos años antes (a partir de 1885), de la etapa de ordenación de montes de propiedad pública. Aunque hay cierta coincidencia en el tiempo, la ordenación de montes parece que nace más de la necesidad de mejorar el estado de degradación de nuestros montes a través de una gestión forestal sostenible o reglada, protegida por la garantía que suponía la aprobación por la Administración

del Proyecto de Ordenación de cada monte, que porque los Ingenieros de Montes considerasen que los conocimientos de selvicultura habían alcanzado ya un nivel suficiente en España como para poder elegir los tratamientos selvícolas más adecuados a cada monte, o a cada cuartel, o a cada especie, en el Proyecto de Ordenación.

Resulta muy natural suponer que los conocimientos de selvicultura, que ya existían, fuesen muy tenidos en cuenta a la hora de elegir los métodos de cortas de regeneración y de mejoras que se proponían para los distintos cuarteles de cada monte. El resultado en la mejora de los estados forestal, natural, ecológico y económico de los montes ordenados ha sido extraordinariamente positivo, lo cual nos confirma que los proyectos se hicieron bien y los tratamientos selvícolas resultaron ser los adecuados, en la gran mayoría de los casos. Estos resultados pueden verse en las revisiones periódicas de la práctica totalidad de los montes ordenados, comparando la evolución de las existencias, dinámica y evolución de las distribuciones diamétricas, evolución del sotobosque a lo largo de los últimos 130 o 140 años, de los cuales se tiene esa información sobre un elevado número de montes poblados por diferentes especies de pinos, hayas, robles, castaños y alcornoques.

En España en los últimos 130 o 140 años, la selvicultura, debidamente bien aplicada, demuestra haber mantenido, y en la mayoría de los casos mejorado, las existencias, el estado natural, el estado ecológico y probablemente la biodiversidad de la mayoría de los montes en los que se ha aplicado de manera sistemática durante el periodo indicado. Los selvicultores presentan estos datos a través de los resultados experimentales que ofrecen los estudios de las antes mencionadas revisiones periódicas de la ordenación. Puede que no sean del todo concluyentes estos resultados, pero la ecología forestal no ha podido demostrar todavía, de manera cuantificada, que la selvicultura correctamente aplicada perjudique al estado ecológico y funcional de los montes o ecosistemas forestales, y menos cuánto alcanzan y como se miden y comparan esos supuestos daños, que con escasos datos y poco contrastados, y en ocasiones basándose en conceptos teóricos poco robustos, atribuyen algunos ecologistas a la aplicación de la selvicultura.

Se ignora o desprecia el saber experimental de más de 200 años en Centroeuropa y de esos 130–140 años de aplicación de la selvicultura en numerosos montes a los cuales nos hemos referido antes, y que unidos a los resultados de la investigación experimental sobre selvicultura que se inició en España a principios del siglo XX, muestran resultados consistentes que no pueden ser anulados con argumentaciones efectistas, mayoritarias e incluso de autoridad presuntamente

cientificista, por más o menos racionales que parezcan. Con la argumentación por sí sola no se puede llegar a la verdad, en la medida en que siempre falta la certeza, que solo se puede encontrar en la experimentación.

2. Experimentación en Selvicultura en Europa

A finales del siglo XIX y principios del XX la práctica totalidad de los recién creados Institutos de Investigación Forestal en los países europeos vieron la necesidad de establecer redes de parcelas experimentales permanentes, para conocer los efectos de la aplicación de la selvicultura en sus propios montes y sobre sus principales especies. Así, en Alemania comenzaron a establecerse redes de numerosas parcelas experimentales permanentes en 1886, sobre masas de coníferas, frondosas y mixtas, de distintas edades y calidades de estación, para estudiar el comportamiento y las respuestas de las diferentes especies y mezclas de las mismas a determinados tratamientos selvícolas. Se establecieron numerosos sitios de ensayos de diferentes tipos e intensidades de claras, para estudiar el crecimiento y la producción cuantitativa y cualitativa de madera, las facilidades de regeneración natural, la evolución del sotobosque con la espesura y la respuesta al pastoreo.

Francia comenzó la implantación de su importante red de parcelas experimentales permanentes en 1882, recién creado el Instituto Forestal de Nancy, si bien la mayoría de ellas no se establecieron hasta 1922–1930. Reino Unido empezó en 1913, y junto con las de Alemania y Francia han sido las redes más importantes y conocidas por su gran número de parcelas, por las especies que incluían, por las formas de masa a que afectaban (puras, regulares, irregulares y mixtas con diferentes mezclas entre coníferas y frondosas, con diferentes edades y sobre distintas clases de calidad de estación). De estas redes se han publicado abundantes resultados, que tuvieron mucha difusión, en especial sus tablas de producción, que fueron usadas por muchos países. Después hicieron sus redes de parcelas Austria, Suecia, los países bálticos y otras naciones.

En 1938 se creó el Centro Internacional de Selvicultura (CIS) con sede en Berlín, dando cumplimiento a la resolución adoptada en el segundo Congreso Forestal Mundial, celebrado en Budapest en 1936. El CIS se creó bajo los auspicios del Instituto Internacional de Agricultura (IIA) con la intención de que fuera una institución que representase al sector de la selvicultura, como contraposición al de la agricultura, y no un instituto para el fomento de la ciencia y técnica

selvícolas. Fue participado por numerosos países de todo el mundo, la mayoría europeos, y su principal objetivo era el de establecer una organización internacional dedicada a las actividades forestales y hacer una recopilación de bibliografía forestal de libros y artículos en revistas, que diese servicio a los países miembros.

El CIS no emprendió investigaciones propias, pero sí encargó y publicó estudios de importancia internacional y puso en marcha una gran biblioteca especializada. En 1940, la biblioteca tenía suscripciones a 556 revistas científicas y técnicas por medio de compras, intercambios y acopio de libros y revistas, lo que le convertía, sin duda, en la mejor biblioteca forestal del mundo. En 1943 poseía 15.277 libros y publicaciones periódicas además de 348 estudios inéditos redactados en 22 idiomas, entre los cuales se encuentran los principales autores de los orígenes del concepto de sostenibilidad considerados, con frecuencia, como los padres de la selvicultura. Un gran número de los volúmenes de la colección son valiosos por su antigüedad y su rareza y porque fueron escritos por autores famosos en los albores de la actividad forestal entendida como ciencia, y porque dan testimonio de una época en la que el conocimiento forestal tradicional adquirido por la experiencia sobre el terreno fue remplazado o complementado por averiguaciones y observaciones, más o menos científicas, que reflejan valores sociales de siglos anteriores (BALL y KOLLERT, 2013). Esta colección representa un gran valor no solo para los historiadores de las ciencias forestales, sino para los estudiosos de los conceptos y los orígenes de la ordenación forestal sostenible y se encuentra en la Biblioteca David Lubin, de la FAO, en Roma (JOHANN, 2007).

El CIS ayudó al conocimiento de la información bibliográfica forestal, pero, en mi opinión, no generó nuevas ideas o tendencias en la investigación forestal europea, y menos aún en España: hay que considerar la época en que apareció y los problemas políticos y sociales por lo que atravesaba toda Europa incluida España.

3. Experimentación en selvicultura en España

3.1. El comienzo de la experimentación (1907–1962)

La selvicultura es una ciencia experimental a la cual corresponde marcar su propia evolución, y a la ordenación forestal obtener de esa evolución resultados cada vez más satisfactorios (ÁLVAREZ DE MON, 1963). La ordenación busca obtener el máximo de productos y utilidades, basándose

en los conocimientos de selvicultura. Si no hay conocimientos selvícolas, no hay ordenación, y si aquéllos son incompletos, la ordenación también lo será. Se podría decir que la ordenación forestal es la forma de organizar los tratamientos selvícolas en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, en España la selvicultura se ha visto eclipsada por la ordenación quizás en demasiadas ocasiones, razón por la cual fue tan importante y oportuna la aparición del libro de selvicultura de Primitivo Artigas en 1890.

La necesidad de experimentación forestal lleva a España, a principios del siglo XX, a la creación del Instituto Central de Experiencias Técnico-Forestales (ICETF), en 1907. El ICETF se constituyó con cinco secciones o especialidades (meteorología forestal, economía forestal, dasometría y selvicultura, aprovechamientos e industrias forestales y ciencias naturales). Se situó en los espacios y laboratorios de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes, y su dirección se encomendó al director de la misma. En principio los objetivos programáticos se orientaron hacia el progreso de la dasonomía, en sentido amplio, aplicada a los montes públicos que se habían ordenado durante los 20–25 años anteriores, al adelanto de la industria forestal y a la mejora de la enseñanza de los alumnos de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes.

Desde 1869, dicha Escuela estaba situada en San Lorenzo del Escorial (a donde se había trasladado desde Villaviciosa de Odón), por lo cual se le asignaron, como montes experimentales, los montes Pinar de Peguerinos, Pinar de Santa María y Pinar de Llanos, todos ellos del Catálogo de Montes de Utilidad Pública de la provincia de Ávila, en los cuales podría llevar a cabo el Instituto Central de Experiencias Técnico-Forestales sus experiencias y ensayos selvícolas bajo la dirección del profesor de selvicultura de la Escuela, siempre y cuando sus intervenciones no se opusiesen a lo estipulado en el Proyecto de Ordenación de los mencionados montes.

Pronto se consideró conveniente emprender tres líneas de experimentación. La primera, en montes exclusivamente productores de madera, comenzando con estudios de la producción en diferentes especies, edades, calidades de estación y continuando con los efectos de las claras sobre el crecimiento de la masa en *Pinus sylvestris*; la segunda, en montes de resinación (de *Pinus pinaster*, *P. nigra* y en ocasiones *P. halepensis*) para conocer la influencia de la selvicultura específica en la producción de resina; y la tercera dirigida a la experimentación sobre la selvicultura y producción de alcornoques. Las dos últimas no se pondrían en marcha hasta que no se hubiese comenzado la primera y se hubiesen obtenido algunos resultados provisionales y comparado estos con los ya conocidos en *P. sylvestris* en Centroeuropa (COLOMO y ELORRIETA, 1914). Parece que las primeras

parcelas experimentales sobre crecimiento, producción y efecto de las claras en *P. sylvestris* se instalaron entre 1910 y 1912, la primera en el monte Pinar de Llanos y otras en el pinar de El Quintanar (Ávila). Parece ser que la ocupación del profesorado en la enseñanza no dejaba tiempo y reposo suficiente para dedicarlo a la investigación-experimentación en la medida necesaria que el buen seguimiento de las parcelas experimentales exigía. Estas circunstancias unidas a la escasa financiación dedicada a la inventariación y cuidados de las parcelas experimentales hicieron que el proyecto se abandonase y los resultados, todavía incompletos, no llegasen a ver la luz.

Con el traslado de la sede de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes de San Lorenzo de El Escorial a Madrid, en 1914–15, se produjo una ralentización aún mayor de la actividad experimentadora del ICETF. Este traslado provocó el abandono de los montes experimentales antes mencionados y su sustitución por los montes de *Pinus sylvestris* de Guadarrama, Cercedilla y Navacerrada, que se dedicaron casi exclusivamente como campos de prácticas para los alumnos y poco o nada a la investigación en silvicultura, pese a que los estatutos del Instituto Forestal se indicaba la necesidad de llevar a cabo experimentación silvícola en los mismos, para mejorar los conocimientos de nuestra silvicultura, la cual se venía nutriendo, como única fuente científico-técnica, de los resultados que proporcionaba el desarrollo de los proyectos de ordenación aplicados en los montes de utilidad pública y de la escasa bibliografía que se recibía de Centroeuropa.

Fue un periodo en el cual parece que los dirigentes forestales consideraban prescindible hacer más esfuerzos en experimentación silvícola, porque debieron considerar que era suficiente con los conocimientos que se impartían en la Escuela de Ingenieros de Montes y los que se obtenían en el desarrollo de los proyectos de ordenación de montes, implantados durante los 25–30 años anteriores en los montes públicos, repartidos por toda España, sobre diferentes especies de pinos, sobre hayedos y sobre alcornocales de la serranía de Ronda. También en esta época se hicieron importantes esfuerzos de experimentación sobre resinación, en montes de *Pinus pinaster* del Distrito Forestal de Segovia, pero el resto de la experimentación silvícola programada inicialmente por el Instituto continuó ralentizada, cuando no absolutamente parada, por algunos años más.

La celebración de reuniones periódicas entre Ingenieros de Montes de diversas provincias para tratar temas de interés común sobre la Gestión Forestal, denominadas **Asambleas Forestales**, que solían celebrarse con frecuencia anual, tuvieron buena aceptación y resultados, pero los contenidos aportados, muy dirigidos hacia la hidrología forestal, las repoblaciones y la homogenización de las reglas administrativas de los Servicios Forestales provinciales, no permitían la dedicación

suficiente como para sustituir a la ya muy necesaria investigación selvícola, que no acababa de arrancar. La primera Asamblea tuvo lugar en 1907, y se celebraron hasta 1920–21. Cumplían una buena función de información y coordinación entre los técnicos forestales y entre los Servicios Provinciales, pero no servían para avanzar, con una mínima eficacia, en la investigación y la experimentación selvícola.

El ICETF siguió trabajando, quizás con poca intensidad en investigación y experimentación selvícola, y un poco más en otras líneas de investigación forestal, y así en 1918 se crearon la Comisión y el Laboratorio de la Fauna Forestal Española y en 1921 el Servicio de Estudios y Extinción de Plagas Forestales, instituciones ambas que tuvieron una larga vida y desarrollaron una importante labor en su campo de especialidad. La sede de estos laboratorios fue instalada, en su inicio, en el monte de El Pardo, donde en 1954 se instalaría el nuevo Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE) y donde hoy está ubicado el Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA-CSIC), heredero, en parte y con muchas modificaciones, del antes mencionado IFIE.

En 1922 se aprobó el nuevo reglamento provisional del ICETF, y a través de él se intentó hacer una refundación del mismo, en el sentido de aumentar su autonomía respecto de la Escuela, pero finalmente no se llegaron a conseguir los cambios y continuó muy ligado a la Escuela (ELORRIETA, 1959). Se reiniciaron los trabajos de experimentación selvícola, instalando nuevas parcelas en los pinares de Cercedilla y Navacerrada y algunas más de *Pinus nigra* en el monte “Los Palancares” de Cuenca, que pronto fueron abandonadas, no llegando a proporcionar datos e información durante el tiempo suficiente como para que sus resultados pudiesen considerarse concluyentes. En el área de selvicultura, al menos, la inversión del ICETF parece que alcanzaba para poco más que para mejorar un poco el material de los laboratorios de la Escuela y con ello la formación de los alumnos, pero no para desarrollar programas de investigación selvícola específicos.

En 1926 se publica el decreto por el cual se establecían las bases para la desaparición del Instituto Central de Experimentación Técnico-Forestal (ICETF) y se creaba el Instituto Nacional de Investigaciones y Experiencias Agronómicas, que, tras publicarse su Reglamento en 1927, pasó a llamarse Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas y Forestales, en el cual se integró definitivamente el extinto ICETF. En este nuevo instituto agronómico-forestal, el equivalente al anterior ICETF se reducía a una Sección, con siete áreas de trabajo en especialidades forestales, de cuales una se denominaba “*Selvicultura (ensayos de especies exóticas y parcelas de*

experimentación en los bosques)”. Así, se reiniciaron nuevamente los trabajos, hasta que en 1929, en una nueva reorganización de la Administración, se creó en el seno de la Dirección General de Montes, el nuevo y definitivo Organismo Autónomo, con el nombre de ***Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE)***. Estaba estructurado en doce secciones de marcado carácter forestal: 1) Sección de aprovechamientos forestales; 2) Sección de industrias forestales; 3) Sección de celulosa y papel; 4) Sección de enfermedades forestales; 5) Sección de ecología forestal y tipos de montes; 6) Sección de hidráulica; 7) Sección de botánica forestal; 8) Sección de ordenación y silvicultura; 9) Sección de química forestal; 10) Sección de repoblaciones; 11) Sección de silvopascicultura; 12) Sección de piscicultura y aguas continentales. Casi se podría afirmar que a partir de esta fecha nace y se desarrolla el que después fue tan conocido y en ocasiones reconocido IFIE.

En 1931 el IFIE retomó las parcelas experimentales sobre silvicultura, para el estudio de la producción de madera, y se fijó en el estudio de las masas forestales de crecimiento rápido y procedente de repoblación. Así emprendió un programa relativamente ambicioso y consiguió instalar: 43 parcelas en repoblaciones de *Pinus radiata*, instaladas en 1931; 24 parcelas en repoblaciones de *P. pinaster*, instaladas en 1934; 21 parcelas en repoblaciones mixtas de *P. pinaster* y *P. radiata*, instaladas en 1934; y 70 parcelas de *Eucalyptus globulus* en Galicia y en las provincias de Huelva y Sevilla, repartidas entre suelos arenosos del litoral y los “suelos de pizarras” de la sierra de Huelva, instaladas en 1932, que fueron inventariadas hasta 1966. Su información ha servido para publicar numerosos trabajos (ECHEVARRÍA, 1952; ECHEVARRÍA y DE PEDRO, 1948; MADRIGAL *et al.*, 1977). Asimismo, el IFIE emprendió un nuevo programa de introducción de especies exóticas, cuyos resultados han sido publicados por GRAU (2003), referentes a los sitios de ensayo del Alto de Barazar (Vizcaya), Béjar (Salamanca), Lanjarón (Granada), monte La Tejera de Covarrubias y sierra de las Mamblas (Burgos), instalados entre 1930 y 1935.

En 1936, los laboratorios del IFIE fueron prácticamente destruidos y su personal destinado a diversas secciones de la Escuela de Ingenieros de Montes (ELORRIETA, 1959). Pronto se retomó su funcionamiento en un edificio de la avenida de Navarra en San Sebastián, Guipúzcoa, hasta que al finalizar la Guerra Civil se trasladó a Madrid, en la calle Núñez de Balboa, 59. En 1940 se aprobó un nuevo Reglamento del IFIE, estructurado en 16 Secciones, reforzando los contenidos relacionados con el estudio de suelos forestales; aguas continentales, biología e ictiología; fauna

forestal; fisiología forestal, microbiología, geobotánica y física forestal; e influencia de los montes sobre el clima, reflejando así la importancia que ya se daba al estudio del medio en la gestión y en las producciones forestales. Sin embargo, no aparecieron, desde las secciones correspondientes, programas importantes sobre investigación y experimentación en selvicultura.

Llama la atención la iniciativa que nace en 1944 del Ingeniero de Montes, eminente botánico y sabio forestal Manuel Martín Bolaños, investigador del IFIE, que se plantea la necesidad de conocer con precisión el crecimiento y la producción de los pinares españoles, mediante la instalación de 225 parcelas en pinares regulares procedentes de repoblación o de regeneración natural que no hubiesen sido intervenidos mediante claras por lo alto que pudieran haber afectado a los mejores árboles del rodal. Con estos criterios se instalaron entre 1944 y 1947 62 parcelas temporales o volantes de *Pinus sylvestris* (entre 19 y 50 años), 19 parcelas de *Pinus nigra* (entre 19 y 50 años), 19 parcelas de *Pinus pinaster* (entre 25 y 45 años), 21 parcelas de *Pinus halepensis* (entre 20 y 36 años) y 104 parcelas de *Pinus pinea*, (entre 20 y 74 años) (Tabla 3.1). No se hicieron parcelas en masas de *Pinus uncinata* ni de *Pinus canariensis* (MARTÍN BOLAÑOS, 1947).

Los datos recogidos se referían al número de pies por ha, el diámetro medio, la altura media, el volumen, el área basimétrica y sus respectivos crecimientos medio y corriente por hectárea. Acompañaban una serie de indicaciones sobre la provincia, el municipio, el nombre del monte y el paraje con el cual se conoce el microlugar o el rodal donde se levantó la parcela, de modo que, aunque lógicamente ya no quedan huellas o marcas que puedan indicar el perímetro de las parcelas, las indicaciones son muchas veces tan precisas que pueden permitir situarse, a día de hoy, muy cerca de ellas. Naturalmente, este tipo de parcelas temporales hoy han perdido parte del interés que tuvieron en su tiempo, no así las parcelas permanentes que siguen constituyendo una estructura de experimentación forestal imprescindible si se quiere seguir avanzando en el conocimiento de los crecimientos, las producciones y el efecto de los tratamientos selvícolas.

En 1938 se publicó el libro del Ingeniero de Montes Ezequiel González Vázquez, profesor de la Escuela, titulado *Fundamentos naturales de la selvicultura; los bosques ibéricos*, que supuso un avance importante en el conocimiento general necesario para la aplicación de la selvicultura en nuestros montes. El mismo autor en 1948 publicó su segundo libro, titulado *Selvicultura; estudio cultural de las masas forestales y los métodos de regeneración*. Los dos constituyeron un aporte importante en la enseñanza y a la aplicación práctica de la selvicultura en nuestro país

Tabla 3.1: Número de parcelas por especie, provincia y municipio.

Especie	Provincia	Municipio	Nº de parcelas	Especie	Provincia	Municipio	Nº par.
<i>Pinus silvestris</i>	Madrid	Lozoya	9	<i>Pinus halepensis</i>	Málaga	–	2
		Canencia	10		Valencia	–	16
		Miraflores	7		Alicante	–	3
		Chozas	2		Cádiz	Barbate	10
	Cuenca		18		Sevilla	Aznalcázar	6
			16	<i>Pinus pinea</i>	Huelva	Gibraleón	8
<i>Pinus pinaster</i>	Cuenca	–	16			Cartaya	21
	Jaén	Cazorla	2			Aljaraque	4
	Huelva	Almonaster	1			Calaña	3
	Cádiz	Barbate	2			Zalamea	9
	Valencia	Albaida	1			Alájar	4
	Málaga	Cortes Fra.	1			Almonaster	3
	Soria	Tardelcuende	4			Nerva	4
	Soria	Matamala	3			I. Cristina	8
	Guadalajara	Alpedrete	3			Bonares	10
<i>Pinus nigra</i>	Madrid	Miraflores	2			Hinojos	3
	Cuenca	–	14			Almonte	11
	Jaén	–	5			Moguer	3

durante muchos años, aumentados unas veces, mutilados en otras, por los denominados *Apuntes de Selvicultura* que solían publicar los profesores de selvicultura de las escuelas de enseñanza forestal.

Durante estos años la investigación en selvicultura en el IFIE no presenta avances importantes y sigue siendo la Escuela Especial de Ingenieros de Montes la que marca el nivel de la selvicultura en España. En 1954, la sede del IFIE se trasladó a su nueva y definitiva sede, en el monte de El Pardo, carretera de la Coruña km 7,5, Madrid, donde permaneció hasta 1971, año en que fue integrado en el INIA y reducido a tres departamentos: Departamento de Industrias de la Madera; Departamento de Celulosa y Papel; y Departamento Forestal. Este último fue cambiando sucesivamente su nombre al de Área de Selvicultura, Departamento de Sistemas y Recursos Forestales y, finalmente, en 1994 se creó el Centro de Investigación Forestal (CIFOR), dentro del INIA, hoy denominado Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA-CSIC).

Aunque como ya hemos indicado se habían hecho varios intentos de instalar parcelas experimentales para estudiar la selvicultura de nuestras principales especies, no es hasta 1959 cuando la Subdirección General de Montes y Política Forestal, continuando con la idea iniciada pocos años después de la creación del Instituto Central de Experiencias Técnico Forestales (ICETF) en 1907, y que fue retomada siempre después de cada uno de los intentos de reforma del mencionado ICETF, se planteó la necesidad de instalar una red de parcelas experimentales permanentes en masas de pinares en montes utilidad pública ordenados. Para ello elaboró un Plan de Experimentación titulado “*Necesidades y objetivos del establecimiento y sostenimiento de una Red de Parcelas de Experimentación para el estudio del crecimiento de las principales especies maderables españolas y de su debido tratamiento*”.

Se solicitó asesoramiento técnico-científico a la Sección de Selvicultura y Ordenación Forestal, del IFIE, tal como indicaba la Circular 5/1960 de la Dirección General de Montes, reguladora de las competencias entre los Servicios Forestales Provinciales, y la Sección de Selvicultura y Ordenación del IFIE (ESTEVE, 1962). El informe fue visto y evaluado por los Ingenieros de Montes Ángel Esteve y Pío Alfonso Pita, que una vez estudiado lo remitieron nuevamente a la Subdirección de Montes y Política Forestal adjuntando nuevas propuestas y modificaciones. Durante el periodo de reuniones hubo discusiones sobre el número de parcelas por especie a instalar (siempre en masas regulares), rango de edades, número de árboles a medir en cada parcela, métodos de inventariación, localización de los montes donde deberían instalarse, personal técnico necesario y grado de especialización, costes y tiempos previstos, etc. En algún momento se acordó que se hiciese cargo de todo el proyecto la Sección de Ordenación de Montes y Selvicultura del IFIE, trabajo que se encomendó al Ingeniero de dicha Sección, Pío Alfonso Pita. Los principales objetivos de esta red eran: conocer el crecimiento y la producción de madera de las principales especies (Subprograma de producción), así como las normas de regulación de la densidad en masas jóvenes (Subprogramas de claras), siempre en masas regulares y puras, abarcando a todos los pinos autóctonos, excepto *Pinus canariensis*, especie que al final quedó fuera del estudio.

Llama la atención que la solicitud partiese de la necesidad que tenían los técnicos de los Servicios Forestales Provinciales y no del propio IFIE, que ya llevaba ocho años instalado en la nueva sede de Puerta de Hierro, y con financiación ya más adecuada, pese a lo cual no había emprendido ninguna línea importante de investigación en selvicultura, y las pocas que había

iniciado estaban ralentizadas o en vías de abandono. La idea coincidió con la celebración de la II Asamblea Técnica Forestal en 1962, en Madrid. Ese mismo año coincide con el compromiso de España para organizar el 6º Congreso Forestal Mundial, cuatro años después en Madrid.

Las ponencias y comunicaciones presentadas en la citada Asamblea, publicadas en 1963, muestran un gran esfuerzo de organización y divulgación por parte de la Dirección General de Montes. Se puede intuir que la Dirección General “obligó” a la práctica totalidad de los servicios forestales a presentar trabajos que pusiesen de relieve los resultados conseguidos en los montes públicos ordenados hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Se quería averiguar si los métodos de ordenación y los tratamientos selvícolas aplicados, durante ese último periodo, de unos 80 años, habían proporcionado resultados satisfactorios, y en qué casos sería conveniente cambiar, modificar o readaptar algunos métodos de ordenación y los tratamientos selvícolas que se venían aplicando. Parece que estábamos en los primeros inicios de lo que ahora se empieza a llamar Selvicultura Adaptativa, y que siempre se ha aplicado en la práctica forestal siguiendo el método de prueba-error y rectificando siempre que era conveniente, pues se contemplaba la posibilidad de readaptar los métodos de ordenación y los tratamientos selvícolas a las condiciones específicas de cada monte o cada cuartel, tal como se ha venido haciendo desde entonces, a través de las revisiones periódicas de los proyectos de ordenación de los montes.

A los ponentes se les pedía un título común para poder comparar los avances obtenidos en las principales especies. Este título fue “*Ordenación y selvicultura intensiva en: Pinus sylvestris, P. nigra, Fagus sylvatica, etc. Su financiación*”, y con él se presentaron 179 ponencias y comunicaciones. Llama la atención que los títulos comiencen siempre con la palabra ordenación, indicando que son “*los efectos de tal o cual método de ordenación*”, y no los efectos del método selvícola, los que más se quiere evaluar. En segundo lugar, parece que se propone la intención de aplicar una selvicultura más intensiva que la que se venía haciendo hasta esa fecha. En tercer lugar, se plantea introducir, con más profundidad, los conceptos económico-financieros en los proyectos de ordenación de montes y en las intervenciones selvícolas, que hasta esa fecha estaban, extrañamente, ausentes o muy escasamente representados: se hablaba de las producciones físicas de madera, frutos, resinas o corcho, pero poco del valor de mercado de esos productos, según el uso y calidad de éstos. Aparece en estos trabajos el primer intento de valorar, organizar y poner en marcha una gestión forestal sostenible en términos ecológicos y económicos, en los cuales se tengan en cuenta

el método de ordenación, el sistema selvícola a aplicar y los aspectos económico-financieros de la combinación de ambos: en definitiva, los tres principales aspectos que, juntos, definen un método de gestión forestal.

Es evidente que la II Asamblea Técnica Forestal se planteó, una vez más, para valorar los efectos de los proyectos de ordenación y, sólo secundariamente, el sistema selvícola que los sustenta y los hace reales. La planificación sin intervención selvícola es poca cosa, o es solo un conjunto de intenciones que hay que completar con un programa de intervenciones selvícolas y valoraciones económicas y ecológicas, que hagan posible la ejecución de lo planificado y la valoración real del resultado obtenido por el método de ordenación elegido. Una vez más en nuestro país, la selvicultura aparecía eclipsada por el método de ordenación. De hecho, en los años que siguieron a la celebración de la II Asamblea Técnica-Forestal de 1962, se puso en marcha un programa de ordenación de los montes de utilidad pública que aún no habían sido ordenados, que duró poco más de 8–10 años y fue extinguiéndose a partir de la fundación del ICONA. Las Comunidades Autónomas lo recuperaron años después, y continúan actualmente ordenando nuevos montes o manteniendo los proyectos de revisión de los mismos con la periodicidad adecuada.

Otro aspecto a destacar es que la gran mayoría de los ponentes en la citada Asamblea pertenecían a los Servicios Forestales provinciales, y pocos procedían de las Secciones de investigación del IFIE, o del profesorado de la Escuela de Ingenieros de Montes, lo que podría indicar el bajo interés del IFIE por la investigación en selvicultura.

3.2. La red de parcelas experimentales permanentes de crecimiento y producción del IFIE-CIFOR-INIA

En esta situación de revisionismo de la gestión forestal, los Servicios Forestales provinciales de aquella época debieron ser conscientes de que hacía falta reiniciar investigaciones sobre selvicultura, crecimiento y producción de las masas forestales y, asimismo, iniciar programas de claras para aplicar en las extensas repoblaciones realizadas durante los 20 años anteriores y las muchas más que se estaban realizando en esas mismas fechas, así como en muchos tramos de masas naturales conseguidos ya por regeneración natural en los montes ordenados. La información

obtenida a través de las revisiones periódicas de los proyectos de ordenación no se consideraba suficiente como para conocer con precisión la densidad más adecuada para cada especie, edad y calidad de estación, en las masas jóvenes.

Con estas perspectivas y, de común acuerdo con la Subdirección General de Montes y Política Forestal y los Servicios Forestales Provinciales, como antes se ha indicado, se inicia en 1963 por la Sección de Ordenación de Montes del IFIE, el programa denominado “*Crecimiento y producción de las masas forestales españolas*” dividido desde el inicio en dos subprogramas: Subprograma 1, de Red de Parcelas Experimentales Permanentes de crecimiento y producción en pinares; y Subprograma 2: Red de sitios de ensayo de comparación de claras en pinares. En ambos, por causas no mencionadas, quedaron excluidas las masas irregulares, las masas de frondosas y las masas mixtas.

Todo parece indicar que las parcelas experimentales permanentes son el mejor medio para conocer la evolución del crecimiento de una especie a lo largo de su ciclo de vida o turno forestal, si bien ese es también su gran inconveniente: que los resultados definitivos tardan muchos años en obtenerse. A este respecto Martín Bolaños ya decía lo siguiente en 1947: “*a los selvicultores modernos les han metido prisa, incorporados al dinamismo de los tiempos, no pueden seguir andando por los montes con aire contemplativo*”. Tuvieron que buscar atajos para obtener resultados experimentales sobre el ciclo completo o turno de una especie, sin esperar a que el desarrollo de los hechos fuese mostrando, a escala real del tiempo, las variaciones de los crecimientos u otros aspectos de la dinámica de la masa forestal.

Ante esta realidad no queda otro remedio que ensayar métodos indirectos de experimentación. Por ejemplo, no es posible instalar una parcela con 20 años de edad e inventariarla cada cinco años hasta que llegue a los 120 años que pueda finalizar su turno. Esta forma de adquirir conocimiento puede ser sustituida por instalación de seis parcelas situadas en una misma calidad de estación, y sometidas a similares tratamientos selvícolas, con edades de 20, 40, 60, 80, 100 y 120 años. Si estas parcelas se inventarían cada 5-10 años durante un periodo de 20 años, se obtienen resultados “similares” a los que se habrían obtenido por el primer procedimiento, reduciendo el tiempo de espera de 100 a 20 años (MONTERO *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, en 1963 empezaron los trabajos de campo por un pequeño grupo de técnicos forestales, coordinados por el Ingeniero Jefe de la Sección de Montes del IFIE, Pío Alfonso Pita Carpenter, que fue el responsable del diseño experimental de acuerdo con los objetivos propuestos por los Servicios Forestales Provinciales y revisados por el Ingeniero de Montes Ángel Esteve.

El plan de trabajo de instalación de parcelas en campo se extendió entre 1963 y 1967. En este periodo se instalaron 396 parcelas en masas naturales y repobladas: 122 de *Pinus sylvestris*, 98 de *P. pinaster*, 54 de *P. nigra*, 72 de *P. halepensis*, 37 de *P. pinea* y 13 de *P. uncinata* (MONTERO *et al.*, 2004) (Tablas 3.2 y 3.3).

Tabla 3.2: Número de parcelas de producción en pinares, ordenadas por provincias, especie y año de instalación. P.s = *Pinus sylvestris*, P.n = *Pinus nigra*, P.h = *Pinus halepensis*, P.pa = *Pinus pinea*, P.pr = *Pinus pinaster*, P.u = *Pinus uncinata*.

	1963		1964		1965	1966		1967		
	P.s	P.n	P.s	P.n	P.h	P.pa	P.pr	P.pr	P.u	
Albacete	–	–	–	–	10	–	3	–	–	
Ávila	3	–	–	–	–	–	–	18	–	
Burgos	16	–	–	–	–	–	–	–	–	
Cáceres	–	–	–	–	–	–	–	13	–	
Castellón	–	–	–	–	3	–	–	–	–	
Cuenca	–	–	6	20	–	–	5	–	–	
Guadalajara	3	–	7	2	–	–	–	6	–	
Huelva	–	–	–	–	–	13	–	–	–	
Huesca	–	–	12	–	–	–	–	–	5	
Jaén	–	21	–	–	5	–	8	–	–	
Lérida	–	–	8	2	–	–	–	–	8	
Madrid	5	–	–	–	–	4	5	–	–	
Murcia	–	–	–	–	19	–	–	–	–	
Sevilla	–	–	–	–	–	5	–	–	–	
Segovia	13	–	–	–	–	–	–	11	–	
Soria	34	–	–	–	–	–	–	15	–	
Tarragona	–	–	4	4	–	–	–	–	–	
Teruel	–	–	11	5	3	–	–	4	–	
Valencia	–	–	–	–	22	–	–	–	–	
Valladolid	–	–	–	–	–	15	10	–	–	
Zaragoza	–	–	–	–	10	–	–	–	–	
Total	74	21	48	33	72	37	31	67	13	396

El objetivo inicial era hacer tres inventarios en cada parcela a intervalos de 5 años, publicar unas tablas de producción de cada especie por calidades de estación y con tres regímenes de claras (débil, moderado y fuerte) y abandonar las mediciones al finalizar el periodo de 10 años

Tabla 3.3: Número de parcelas de *Pinus sylvestris*, ordenadas por edades y calidades de estación

CALIDADES				
EDAD	I	II	III	IV
30	1	3	4	–
40	6	13	–	1
50	9	10	7	1
60	7	3	7	3
70	3	2	3	1
80	–	3	–	1
90	3	2	3	2
100	2	3	4	2
110	2	–	2	3
120	1	–	2	3
Total	34	39	32	17

y 3 inventarios. Por motivos de precisión y homogenización de la toma de datos, se siguió desde el principio la normativa internacional de IUFRO (1959) sobre instalación de parcelas experimentales permanentes, tomando algunas particularidades de la metodología aplicada en la instalación e inventariación de la red de parcelas de experimentación francesa iniciada en 1882. La responsabilidad la asumió el IFIE en el primer periodo (1963–1982) y el CIFOR-INIA a partir de 1982, en ambos casos, con el apoyo logístico de los Servicios Forestales provinciales.

El programa se cumplió, y Pío Alfonso Pita y sus colaboradores publicaron las curvas de calidad y de crecimiento referidas a la mayoría de las especies. Las primeras tablas de producción se publicaron en 1981, y todas las demás comenzaron a publicarse a partir de 1986. Así fueron apareciendo las tablas de producción de *Pinus sylvestris* para el Sistema Ibérico y para Pirineos (GARCÍA ABEJÓN *et al.*, 1981; GARCÍA ABEJÓN y TELLA, 1986) y posteriormente las de *Pinus sylvestris* para el Sistema Central (ROJO y MONTERO, 1996), las de *P. pinaster* para el Sistema Central (GARCÍA ABEJÓN y GÓMEZ, 1989), las de *P. halepensis*, *P. nigra* y *P. uncinata*, y las de *Eucalyptus globulus* para el Sudoeste de España (MADRIGAL *et al.*, 1977). Terminado este periodo que coincidió al final con la integración del IFIE dentro del INIA, en 1971–72 se suspendieron las mediciones durante 10 años y se reanudaron las mismas en 1982 coordinadas por Gregorio Montero y Alberto Madrigal. La base de datos y las numerosas publicaciones obtenidas de ella hasta la fecha, están custodiadas por el Departamento de Dinámica y Gestión de los Sistemas Forestales del actual Instituto de Ciencias Forestales del INIA-CSIC (ICIFOR-INIA-CSIC).

Posteriormente las parcelas de *Pinus pinea* fueron aumentadas entre 1992 y 1999 con 470 parcelas adicionales en las que además se tomaban datos de producción anual de piña, en las siguientes provincias: Huelva (192), Valladolid (131), Ávila (38), Madrid (34), Girona (51), Barcelona (24) (MONTERO *et al.*, 2004; CAÑADAS, 2000; GARCÍA GÜEMES, 1999; PIQUÉ, 2003; CALAMA, 2004) (Tabla 3.4).

Tabla 3.4: Parcelas de producción de madera y piña de *Pinus pinea*

Provincia	Año de instalación	Nº de parcelas	Nº de inventarios	Nº de cosechas de piña recogida
Huelva	1992	192	1992–97	7
Valladolid	1995	131	1995–2001	8
Ávila	1996	38	1996–2001	8
Madrid	1997	34	1996–2002	8
Girona	1999	51	1999	3
Barcelona	1999	24	1999	3

En 1964 y 1965 comenzaron a instalarse, por la Sección de Silvopascicultura del IFIE, parcelas experimentales en alcornocales para conocer los efectos de los tratamientos de mejora (desbroce del matorral, desbroce + laboreo y desbroce + laboreo + fertilización, combinados con diferentes espesuras del arbolado) sobre la producción de corcho, en cantidad y calidad. Estos sitios de ensayo se mantuvieron durante dos turnos de descorche consecutivos para comparar los efectos de los tratamientos aplicados al suelo y al vuelo en la producción y calidad del corcho (MONTERO, 1987a).

El diseño experimental, la ejecución de los tratamientos y la conservación de los seis sitios de ensayo (Aldea del Cano, Cáceres; Jerez de los Caballeros, Badajoz; Arroyomolinos de León, Huelva; Constantina, Sevilla; Los Barrios, Cádiz; y Santa Coloma de Farners, Gerona), fueron responsabilidad de Antonio González-Aldama, desde la Sección de Silvopascicultura (MONTERO, 1987b) (Tabla 3.5).

Estas investigaciones fueron retomadas entre 1986 y 1993, por el Departamento de Sistemas y Recursos Forestales del INIA, con la instalación de 73 parcelas permanentes en los alcornocales de Cortes de la Frontera (Tabla 3.6). El objetivo era conocer la variación en cantidad y calidad del corcho en los descorches sucesivos, en función de la espesura del arbolado (área basimétrica,

Tabla 3.5: Sitios de ensayo de alcornoque (*Quercus suber*)

Municipio	Sitio de ensayo					
	Aldea del Cano (CC)	Jerez de los Caballeros (BA)	Arroyomolinos de León (H)	Constantina (SE)	Los Barrios (CA)	Santa Coloma de Farnés (GI)
Monte	El Moro Alto	Las Medranas	La Vicaria	El Robledo	Las Presillas	Can Marsaguer
Latitud	39°14'50"N	38°21'20"N	38°1'20"N	37°58'2"N	36°14'50"N	45°51'6"N
Longitud	2°42'30"W	3°10'30"W	2°42'48"W	1°52'0"W	1°48'23"W	6°18'30"E
Altitud	470	425	650	700	130	550
Nº parcelas	15	15	15	15	15	18
Nº tratamientos	5	5	5	5	5	6
Sup parcelas (ha)	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4

m² ha⁻¹) y conocer el incremento de la producción de corcho en calidad y cantidad, al aumentar el turno de descorche de 9 a 10 y de 10 a 11 años (MONTERO y TORRES, 1992; TORRES y MONTERO, 2000).

Tabla 3.6: Producción de corcho por m² de superficie descorchada, calibre y porosidad, en función de la espesura (área basimétrica del alcornocal).

Año de instalación	Montes			Número de descorches
	El Robledal (nº parcelas)	Las Majadas (nº parcelas)	La Saucedá (nº parcelas)	
1986	4	3	–	2
1987	3	–	–	2
1988	6	4	5	2
1989	4	4	6	2
1991	11	7	1	2
1992	11	–	2	2
1993	–	1	1	2
Total	39	19	15	

Dentro de este mismo programa se instaló en 1966 un sitio de ensayo de comparación de monte bajo, medio y alto, en Puerto de la Higuera (Algeciras), para estudiar la respuesta del monte bajo de alcornoque a su transformación en monte medio y monte alto, que fue inventariado a intervalos de 5 años, hasta 1976 (dos inventarios) cuyos resultados no se publicaron.

3.3. La red de sitios de ensayo de comparación de claras del IFIE-CIFOR-INIA

Con la instalación de la Red de Sitios de Ensayos de Claras se pretendía resolver el problema que creaba la ausencia de normas selvícolas y métricas necesarias para programar las intervenciones de claras que en muchos casos conducía a los Servicios Forestales y a los propietarios particulares a utilizar criterios o a realizar intervenciones muy moderadas por desconocimiento de los efectos producidos por los programas de claras más fuertes (MADRIGAL y MONTERO, 1985).

La red de parcelas experimentales sobre claras que se inicia en 1964, comienza en Galicia y se dirige a especies de crecimiento rápido: *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*. Se establecieron 10 sitios de ensayo, de los cuales ocho se hicieron sobre *P. pinaster* y dos sobre *P. radiata* (Tabla 3.7). La documentación de estos sitios de ensayo fue transferida por el INIA al Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán (Pontevedra) en 1972–73.

Tabla 3.7: Sitios de ensayo de claras en especies de crecimiento rápido

Provincia	Especie	Nº de sitios de ensayo	Nº de parcelas por sitio y año de instalación			
			1964	1965	1966	1967
A Coruña	<i>P. pinaster</i>	1	–	10	–	–
Lugo	<i>P. pinaster</i>	2	–	–	24	–
Lugo	<i>P. radiata</i>	2	–	–	13	–
Orense	<i>P. pinaster</i>	3	12	18	–	12
Pontevedra	<i>P. pinaster</i>	2	–	21	–	21
Total		10	12	49	37	42

El resto del *subprograma-2*, que constituye su parte más importante por el número de especies a las que afecta, por el número de sitios de ensayo instalados, por los tipos de claras que se ensayan y porque se han mantenido hasta el día de hoy (más de 60 años para los primeros sitios de ensayos instalados), comenzó en 1968, cuando ya habían terminado los trabajos de instalación de las parcelas de Galicia y los correspondientes a la instalación de la red de las 396 parcela permanentes de producción en pinares que constituyeron, inicialmente, el *subprograma-1*.

En esta red se han instalado 13 sitios de ensayo de claras en masas naturales y repobladas de *Pinus sylvestris* con un total de 117 parcelas, 3 sitios de ensayo en masas de *P. pinaster* procedentes de repoblación con un total de 23 parcelas, 3 sitios de ensayo en masas de *P. nigra* con un total de 25 parcelas. En total, 19 sitios de ensayos y 165 parcelas (Tabla 3.8), que se siguen inventariando cada 5–10 años, según especie y edad de la masa.

Tabla 3.8: Sitios de ensayo de comparación de claras en masas de pinares CIFOR-INIA (1968–2025)

Sitio de ensayo	Año inst.	Edad inicial	Nº parcelas	Nº de tratamientos	Sitio de ensayo	Año inst.	Edad inicial	Nº parcelas	Nº de tratamientos
<i>Pinus sylvestris</i>					<i>Pinus pinaster</i>				
Duruelo (So)	1968	46	12	4	Atienza (Gu)	1981	26	6	3
Covalada (So)	1968	so	9	3	Retiendas (Gu)	1986	30	7	3
El Espinar (So)	1970	45	12	4	Fuencaliente (CR)	1984	33	10	3
Navafría (SG)	1971	35	12	4	<i>Pinus nigra subsp nigra</i>				
Cerezo de Arriba (SG)	1981	20	6	4	Zarzuela de Jadraque (GU)	1993	26	16	4
Neila (Bu)	1972	41	9	3	<i>Pinus nigra subsp salzmannii</i>				
Villasur de Herreros (Bu)	1982	22	9	3	Zarzuela de Jadraque (GU)	1993	31	6	3
Sierra de los Canales (Cu)	1980	25	2	2	Castiello de Jaca (HU)	1980	22	3	3
Escós (L)	1980	60	6	3					
Esterregados (L)	1980	55	4	2					
Gascones (M)	1980	26	5	3					
Montejo de la Sierra (M)	1980	28	5	3					
Rascafría (M)	1991	39	27	9					

El objetivo de estas investigaciones es cuantificar los efectos del tipo de clara, edad de iniciación, peso, intensidad y periodo de rotación, en la producción y calidad de la madera y sus influencias sobre la evolución de la vegetación del sotobosque, y sobre la resistencia a derribos por vientos. Ahora podría compararse también el grado de amortiguación que las distintas intensidades de claras puedan causar sobre los efectos del cambio climático y la cantidad de CO₂ fijado según especies e intensidad de clara. La base de datos de esta red y la producción científica se encuentra en los archivos del Departamento de Dinámica y Gestión de los Sistemas Forestales del ICIFOR-INIA-CSIC y en distintas publicaciones (MONTERO *et al.*, 2004; DEL RÍO, 1998; DEL RÍO y MONTERO, 2001; MONTERO *et al.*, 2000).

Posteriormente el CIFOR-INIA instaló en 1979 y 1994 algunos sitios de ensayos sobre masas de frondosas mediterráneas, tales como *Quercus pyrenaica*, *Q. faginea* y *Q. suber*, con el objetivo experimental de conocer la viabilidad de los programas de claras de diferentes peso e intensidad en la abundancia del rebrote de cepa y en el incremento de la cantidad de pasto, ya que uno de los objetivos era transformar los montes bajos en montes altos aclarados e incluso adehesados (Tabla 3.9).

Tabla 3.9: Sitios de ensayos de clara de *Quercus pyrenaica*, *Q. faginea* y *Q. suber*

Sitio de ensayo	Especie	Año de instalación	Número de parcelas	Número de tratamientos
Navacerrada Madrid	<i>Q. pyrenaica</i>	1979	9	3
Rascafría Madrid	<i>Q. pyrenaica</i>	1994	9	3
Barriopedro Guadalajara	<i>Q. faginea</i>	1979	21	4
Cortes Fra. Málaga	<i>Q. suber</i>	1991	6	3

3.4. Modelización Forestal

Con la información obtenida en las redes de parcelas de producción y de claras, sobre crecimientos en diferentes especies y a diferentes edades, calidades de estación y diferentes espesuras, el equipo de investigación comenzó a desarrollar modelos de crecimiento y producción para las principales especies sobre las que había datos suficientes. Los modelos de Crecimiento y Producción Forestales, obtenidos a través de modelos matemáticos bien adaptados a la evolución temporal de las principales variables de masa o de árbol individual (crecimiento en diámetro, altura, área basimétrica, volumen, número de pies, mortalidad y otras), son muy usados en investigación y gestión forestal. Son siempre simplificaciones de una realidad más compleja, que permiten conocer y caracterizar aspectos relativos a las dinámicas de las masas forestales, creciendo en diferentes estaciones ecológicas y sometidas a distintos tratamientos selvícolas (CALAMA, 2004; GARCÍA GÜEMES, 1999). La necesidad de aplicar una selvicultura científica y cuantitativa hace necesaria la aplicación de herramientas como los modelos en sus diversos tipos (modelos de rodal, de clases diamétricas, de árbol individual, determinísticos, estocásticos, dinámicos, de procesos, híbridos etc.) para aportar la información requerida por la selvicultura.

Estos modelos están pensados para diferentes especies, en masas puras o mezcladas, y adaptados para aplicarse en diferentes métodos selvícolas y calidades de estación. En condiciones conocidas y predeterminadas, permiten predecir y representar una realidad, aunque sea algo simplificada, de la evolución del rodal, variando ésta en función de los tratamientos selvícolas que deban y puedan ser aplicados, en función, a su vez, de los objetivos fijados para un rodal concreto en edad y situación determinadas. Actualmente se conocen diversos modelos diseñados y ajusta-

dos para el logro de diferentes objetivos y fines, entre los que pueden encontrarse la producción de madera de determinada calidad, producción de frutos, resinas, biomasa, fijación de CO₂, fomento y conservación de la biodiversidad y de la fauna silvestre, el recreo, el paisaje, etc.

En Europa comenzaron a utilizarse modelos muy rudimentarios ya a finales del siglo XVIII, extendiéndose muy rápidamente por Alemania, Francia y otros países europeos, así como por EE.UU. En la actualidad, se han convertido en una herramienta imprescindible para la gestión sostenible de las masas forestales, garantizando la sostenibilidad, la estabilidad y diversidad biológica de las mismas y minimizando los riesgos por aplicación de tratamientos selvícolas o métodos de aprovechamientos no adecuados a las condiciones de un rodal o una especie en un momento determinado.

La modelización forestal comenzó en España en la década de 1980–90, si excluimos los modelos que suponían las tablas de producción que habían comenzado a publicarse en España en la primera mitad del siglo XX (ECHEVARRÍA, 1952; ECHEVARRÍA y DE PEDRO, 1948). Alcanzó un auge importante a partir de las últimas décadas del siglo XX, convirtiéndose en una de las especialidades de investigación en silvicultura y producción de las que más trabajos se han publicado, tanto dentro como fuera de España, durante los últimos 30–40 años. Este despertar y acelerado crecimiento de los modelos selvícolas de crecimiento y producción de madera y otros productos, como el corcho, la producción de piña, resina, fijación de CO₂ por los árboles y los matorrales, puede atribuirse a la gran cantidad de datos de que se disponía ya en esas fechas, procedentes de las redes de parcelas experimentales permanentes del ICIFOR-INIA-CSIC, y de las posteriores redes instaladas por las Escuelas de Ingenieros de Montes y de Ingenieros Técnicos Forestales, unido a la expansión de programas informáticos que permiten el análisis de grandes bases de datos.

La investigación ha logrado, en nuestra opinión, proporcionar información a través de la realización y publicación de modelos diversos para las principales especies, pero la silvicultura en su aplicación a los más de 18 millones de hectáreas arboladas en España, no ha podido integrar esos conocimientos o herramientas en los diseños de los tratamientos que se prescriben en los diferentes métodos de ordenación de montes. Pese a ello, la investigación forestal sigue produciendo y publicando modelos cada vez más ajustados y precisos para las principales especies forestales. Desconocemos los motivos de la escasa aplicación de esta potente herramienta para la mejora de los tratamientos selvícolas y el conocimiento de las respuestas del rodal a esas

innovaciones. Suele pensarse que la escasa aplicación de la selvicultura y la débil comprobación que se hace del seguimiento de los Planes periódicos de los Proyectos de Ordenación pueden estar detrás de esta aparente incomunicación entre investigadores y gestores.

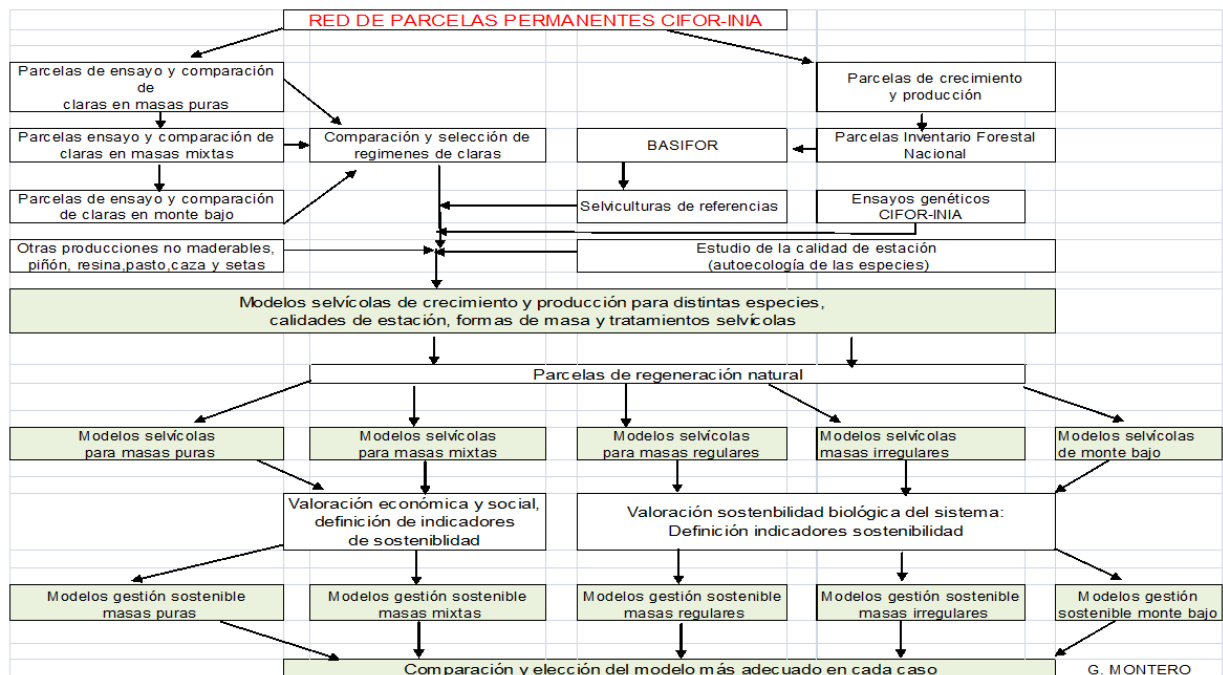
La verdad es que no es fácil engarzar la información que ofrecen los modelos dentro de los tratamientos selvícolas en su aplicación práctica, pero deberían hacerse los esfuerzos necesarios para conseguirlo, al menos, en aquellos casos más sencillos. La selvicultura está perdiendo una valiosa información cuantitativa, que podría incorporar a través de las predicciones de futuro que proporcionan los modelos. Naturalmente, los modelos de crecimiento y producción no pueden sustituir a los tratamientos selvícolas, si no que se hacen, básicamente, para predecir la evolución en el tiempo de las masas forestales, sometidas a diferentes tratamientos selvícolas y en diferentes calidades de estación. Los modelos no son selvicultura, pero dan robustez y consistencia a muchos criterios selvícolas al cuantificar, por ejemplo, las ventajas o inconvenientes de la regulación cuantificada de densidad o espesura de la masa a lo largo del turno, tanto en términos de producción, así como de estabilidad y funcionalidad ecológica del sistema forestal y su comparación con ese mismo sistema forestal no intervenido.

Los tratamientos o sistemas selvícolas que se están aplicando en un monte determinado pueden ser reforzados y dotados de una mayor robustez científica y técnica incorporando información procedente de los modelos de crecimiento y producción, a la hora de definirlos, modificados o reorientarlos, basándose en la información general que aportan los modelos (Figura 3.1).

Algunas de las muchas publicaciones que se hicieron con información de las redes de parcelas experimentales del ICIFOR-INIA-CSIC son DEL RÍO y MONTERO (2001), DEL RÍO *et al.* (2005), TORRES y MONTERO (2000), MONTERO *et al.* (2001) y numerosas tesis doctorales (ORTEGA, 1989; ROJO, 1994; TORRES, 1995; DEL RÍO, 1998; GARCÍA GÜEMES, 1999; BRAVO, 1999; BENGUA, 1999; CAÑADAS, 2000; NANOS, 2001; PIQUÉ, 2003; GONZÁLEZ, 2004; CALAMA, 2004; SÁNCHEZ, 2006; ADAME, 2010; RUIZ-PEINADO, 2013).

Es evidente, y llama la atención, la escasa investigación y experimentación que se ha dedicado en nuestro país a la selvicultura de especies de frondosas y de masas mixtas. Ahora se empiezan a publicar algunos trabajos sobre experimentación en masas mixtas de pinos y robles, obra de investigadores del ICIFOR-INIA-CSIC y del IUFOR de la Escuela de Ingenierías Agrarias de Palencia, y se han publicado algunos libros (BRAVO, PRETZSCH Y DEL RÍO (EDS.), 2018; MURILLO

Figura 3.1: Diagrama de construcción de modelos de gestión forestal a partir de información procedente de parcelas experimentales (elaboración propia)



et al., 2020; MONTERO *et al.*, 2003; MONTERO, 1987a), y algunos artículos interesantes que afortunadamente son cada vez más frecuentes, entre los que destacan los publicados por BRAVO *et al.* (2008) sobre monte bajo de encina, quejigo y rebollo.

4. Otras fuentes de información y avances científicos y técnicos

Desde el último cuarto del siglo XX, en España se han producido cambios importantes que han favorecido la aparición de abundante bibliografía silvícola de calidad, favorecida en mi opinión por dos hechos muy concretos: uno de carácter general, debido al cambio de la política científica, que estimuló en toda Europa la publicación de los resultados de la investigación y la experimentación forestales; y, otro, más específico, que fue el importante aumento del número de Escuelas de Ingenieros de Montes, y de Ingenieros Técnicos Forestales, en España. Este aumento ha traído consigo que hayan aparecido un buen número de profesores de silvicultura que han redefinido o reorientado algunos conceptos que estaban inmovilizados desde hacía demasiados años. El aumento de profesores especializados dedicados a la docencia y a la investigación en silvicultura

ha generado mucha información y ha permitido la instalación de Redes de parcelas de Experimentación en silvicultura, que ya están produciendo buenos resultados. La falta de información concreta por mi parte sobre el qué, el cuánto y el dónde esas redes aconseja no describirlas aquí tal como se ha hecho antes con las redes del ICIFOR-INIA-CSIC, pero su existencia e importancia están fuera de duda. Podrían añadirse otros motivos, como la atención que la sociedad europea y otras empezaron a dedicar a los montes o bosques, como ecosistemas complejos y fuente de biodiversidad o como reguladores de la recarga de los acuíferos y amortiguadores del cambio climático.

Aunque venimos diciendo con frecuencia que la silvicultura general debe aplicarse de forma concreta dependiendo del medio ecológico y social en el cual se aplica (la silvicultura mediterránea en nuestro caso, o bien atlántica o centroeuropea, tropical, etc.), no es menos cierto que muchos silvicultores defienden que el nombre de silvicultura es el sustantivo de la misma y por lo tanto encierra la parte más sustancial, mientras que los adjetivos (mediterránea, intensiva o extensiva, racional o naturalista, adaptativa o multifuncional), aunque sean en ocasiones muy diferenciadores, sólo indican la región climática-ecológica donde se aplica, la intensidad o los métodos de corta empleados o el mayor o menor esfuerzo adaptativo que se hace en su ejecución. Aun así, todos encierran una parte importante de su contenido conceptual, que pertenece a la silvicultura general. Por lo general el nombre suele ser, por lo menos, tan importante o más que los adjetivos, aunque sean éstos los que mejor identifican a los diversos tipos de silvicultura. Los silvicultores suelen decir que la silvicultura está siempre en constante evolución, y cuando ésta es muy marcada, surge el calificativo que la caracteriza (mediterránea, atlántica, extensiva, intensiva, multifuncional, naturalista, adaptativa, etc.)

En los últimos 20 años han aparecido en España algunos libros de silvicultura general que recogen gran parte del conocimiento obtenido por nuestra investigación y por la aplicación práctica en nuestros montes a lo largo de muchos años, como antes hemos indicado. El ejercicio que hace un autor o grupo de autores, muy cualificados y que conocen muy bien el estado de los conocimientos de la silvicultura en España y en el resto de los países de nuestro entorno, cuando redactan un libro de texto o un tratado dirigido a profesionales, siempre produce un gran avance que complementa, aumenta y convierte en más útiles los resultados de la investigación-experimentación antes obtenidos. Facilitar la aplicación del conocimiento a las empresas, en este

caso a la ejecución de la selvicultura, es lo que se conoce como desarrollo científico o innovación. Sin investigación no puede haber innovación, pero la investigación por sí sola, a veces, no es suficiente para desarrollar el sector.

Poner a disposición del sector libros o tratados de buena calidad sobre selvicultura, con métodos experimentados y contrastados como adecuados para ser aplicados en determinada especie y en determinadas estaciones ecológicas, es lo que hace avanzar y prestigiar a la selvicultura en el sector y en la sociedad. Como decíamos antes, en nuestro país han aparecido en estos últimos 20 años varios textos que pueden reunir esas características, entre los que cabe destacar un libro colectivo, participado por muchos autores, como es el *Compendio de Selvicultura Aplicada en España* (SERRADA *et al.*, 2008), y el más conocido y reconocido ampliamente, los *Apuntes de Selvicultura* de SERRADA (2011). También numerosos autores europeos han publicado excelentes libros, tratados o manuales de selvicultura que han llegado a nuestro país y nos han ayudado mucho en el desarrollo de nuestra técnica selvícola en los últimos 30–40 años, libros que citamos en el ANEXO A.

En lo referente a la selvicultura como ciencia para conseguir la conservación y aprovechamiento de las masas forestales, puede afirmarse que en España se ha alcanzado un nivel de conocimientos equivalentes a la media de los países europeos que permite poder integrar cualquier innovación venida de otras zonas con diferentes condiciones ecológicas y sociales a las nuestras. Es decir, tenemos capacidad para “importar” tecnologías selvícolas de otras partes del mundo porque existen conocimientos para poder adaptarlas a nuestras peculiaridades más o menos mediterráneas. No queremos terminar estas notas sobre los avances de la selvicultura en nuestro país sin hacer referencia a algunos aspectos que suelen considerarse como muy importantes y que se han conseguido fundamentalmente gracias a la técnica forestal aplicada, siguiendo el lema con el que fue fundada en 1848 la primera Escuela Especial de Ingenieros de Montes de nuestro país, y que después ha venido a ser el lema de la profesión de Ingeniero de Montes: “*Saber es Hacer*”. Casi siempre, podríamos añadir.

En algunos de esos aspectos prácticos y en casos especiales como el de la selviculturas del alcornocal para la producción de corcho, se ha logrado alcanzar una selvicultura de referencia a través de los conocimientos importados de la selvicultura francesa y portuguesa, inicialmente a través de los escritos de Primitivo Artigas de finales del siglo XIX, que incorporaban ya la mayoría

de los conocimientos de la experiencia catalana y de otros montes alcornocales (ARTIGAS, 1875, 1888, 1895), que fueron complementados por las experimentaciones de IFIE y del CIFOR-INIA citadas anteriormente.

Casi lo mismo puede decirse de la selvicultura de la resinación, iniciada desde antiguo y aplicada desde mediados del siglo XIX utilizando los conocimientos procedentes de Francia, en particular el conocido como “método moderno de resinación” o “método de Hugues”, que se aplicaba en los montes de las Landas (XÉRICA, 1869). Este método posteriormente fue modificado en varias ocasiones por Ingenieros de Montes y químicos españoles (sistemas de pica de corteza, y aplicación de estimulantes químicos para aumentar la producción de miera) hasta convertirse en un referente en los países mediterráneos, contribuyendo con sus producciones, de una manera importante, al desarrollo de la población rural.

Las técnicas de repoblación o de forestación aplicadas en España a lo largo del siglo XX y los más de 4 millones de hectáreas repobladas (MONTERO, 1995) han sido también muy reconocidas y aplicadas por la mayoría de los países de la cuenca mediterránea, y fueron aprendidas a través de la experiencia de años y adaptándose a la evolución de las condiciones sociales y de la maquinaria específicas de nuestro país.

No podemos terminar este apartado sin referirnos a la obra que los Ingenieros de Montes españoles han realizado en lo que se conoce como hidrología forestal (hidrología superficial y corrección de dunas, ramblas y torrentes). Esta actividad no pertenece a la selvicultura propiamente dicha, pero siempre se ha visto acompañada para el buen cumplimiento de sus objetivos de grandes repoblaciones protectoras en las partes altas de las cuencas hidrográficas y por consiguiente de la correspondiente selvicultura realizada en ellas posteriormente. En esta actividad forestal España ha sobresalido también entre los países ribereños del Mediterráneo, y aun de toda Europa.

5. La selvicultura, como ciencia ecológica y productiva

La selvicultura es una ciencia de objetivos, los cuales deben justificar su aplicación, pero es también una ciencia que se aplica a masas forestales (ecosistemas forestales), que son su sujeto. No se aplica árboles individuales, como sucede con la arboricultura, tan conocida y desarrollada en los árboles frutales (peral, manzano, cerezo, melocotonero, olivo, etc.). Las masas forestales

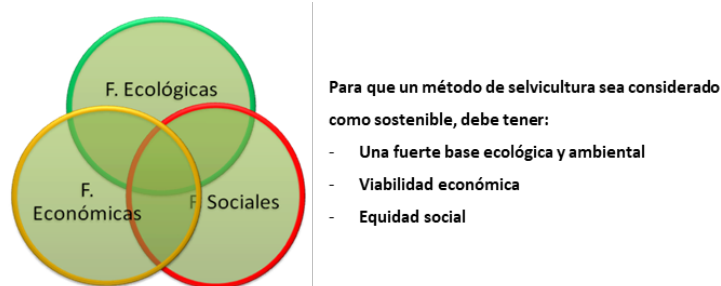
a las que se aplican los correspondientes tratamientos selvícolas son unidades de paisaje natural especialmente complejas en su función, estructura, dinámica y funcionamiento. Desde los albores de la historia, el hombre se ha beneficiado de ellas a través de los diversos productos y servicios que le proporcionan (madera, leña, cobijo, pastos, protección del suelo, recarga de acuíferos, hábitats para la fauna salvaje y doméstica, purificación del aire, fijación de CO₂, etc.). Esta diversidad de productos y funciones es un buen indicador de su propia diversidad y complejidad.

Como antes hemos indicado, inicialmente los montes se aprovechaban según las necesidades de las poblaciones, y pocas veces se tenía en cuenta su capacidad productiva (se extraía lo que más se necesitaba) y no se aplicaban prácticas selvícolas contrastadas, se aplicaban las rutinas locales que proporcionaban los mejores resultados aparentes. No existía el concepto de producción sostenible que expresó a principios del siglo XVIII VON CARLOWITZ (1713). Fue el primero en formular, con claridad, el concepto de rendimiento sostenible en silvicultura. Hoy día ese término ha sido sustituido por el de desarrollo sostenible o mejor por el de sostenibilidad de los sistemas forestales y de sus recursos naturales.

El uso de los términos “desarrollo sostenible” o “gestión forestal sostenible” se ha difundido con asombrosa rapidez en la literatura científica y administrativa sin que se haya definido de forma precisa el binomio que, en la práctica, y según NAREDO y GONZÁLEZ (1998), ha reforzado la idea de desarrollo económico y banalizado la del adjetivo “sostenible” que ha terminado usándose como sinónimo de “bueno”, de “deseable”, en muchos aspectos ajenos a las consideraciones ecológicas o ambientales que apoyaba en su empleo inicial. El éxito de la idea que representaba el binomio, parece que no se debe a su novedad, pues ya se conocía por las ciencias forestales desde 1713, sino a la controlada dosis de ambigüedad que alberga la nueva expresión, olvidando a veces que el concepto de sostenible hace referencia a tres funciones diferentes que deben cumplirse siempre simultáneamente, y no sólo alguna de ellas: ecológica, económica y social (Fig. 5.1).

Para obtener de manera eficiente, racional y controlada los productos que la sociedad necesita y el monte puede proporcionar, el hombre viene elaborando una tecnología o, mejor dicho, una ciencia biológica experimental que, desde hace más de dos siglos, se llama en todo el mundo silvicultura. Al principio, sus fundamentos eran rudimentarios y se ha enriquecido con el tiempo, a través de los conocimientos científicos que se han ido incorporando desde la experimentación y el desarrollo de la ecología forestal, que constituyen la base técnica y ecológica de la silvicultura, sobre todo a partir de la década de 1960 (SPURR y BARNES, 1982).

Figura 5.1: Representación de la sostenibilidad en función de sus tres funciones principales.



Para que un tratamiento silvícola sea aplicable debe tener una fuerte base ecológica pero también una viabilidad económica, y un interés social o de mejora de las funciones ecológicas del monte. O, dicho de otra manera, es verdad que la silvicultura no tiene sentido, si como consecuencia de su aplicación no se obtienen mayores beneficios, de todo tipo, pero por otra parte su aplicación exige un compromiso conservador de la funcionalidad y calidad ecológicas del rodal en el cual se aplica, que debe ser bien comprendido y asumido por el silvicultor. O, dicho de otra manera, si bien es verdad que la silvicultura sólo tiene sentido si como consecuencia de su aplicación se obtienen mayores beneficios de todo tipo, no es menos cierto que exige un compromiso conservador de la funcionalidad y calidad ecológicas del rodal, que debe ser bien comprendido y asumido por el silvicultor. De este modo, la práctica de la silvicultura se sitúa entre la conservación, la economía y la ética. En ese espacio en el que son compatibles la conservación y la economía es donde el gestor forestal debe aplicar con acierto los conocimientos de la ecología y la silvicultura para garantizar en el tiempo la conservación y el uso y aprovechamiento, sin menoscabo de ninguno de los dos. Un esquema descriptivo se presenta en la Figura 5.2.

Figura 5.2: Encaje de la silvicultura entre la economía y la conservación.



Hoy se puede afirmar que, con los conocimientos actuales sobre ecología forestal, la selvicultura es la única ciencia ecológica experimental que tiene demostrada su eficacia, y que conoce por su dilatada experiencia la mayoría de las respuestas de los rodales forestales a la aplicación de determinadas intervenciones selvícolas. OLDEMAN (1990) propone para esta ciencia la denominación de “Silvología”, basándose en que las masas forestales naturales son diferentes a cualquier otro sistema terrestre, debido a la superficie que ocupan, a la longevidad de los individuos que las componen, especialmente árboles y arbustos y a su grado de complejidad, y en que, además, estos sistemas suelen representar las últimas etapas de evolución vegetal. La aplicación práctica de la selvicultura imita muy bien el desarrollo del ciclo filogenético que se da en la Naturaleza.

Otra razón, como antes se ha apuntado, es que la selvicultura es la única ciencia ecológica que posee la tecnología necesaria, imprescindible y contrastada para aprovechar las masas forestales, según las demandas de la sociedad, y para garantizar su regeneración y conservación sin menoscabo de las demás funciones de las mismas, lo que ha hecho que su contenido interese solamente a un grupo de profesionales preocupados, simultáneamente, por la técnica selvícola y por la ecología, casi exclusivamente forestales (MONTERO *et al.*, 1993). Como dice CIANCIO (1997), refiriéndose a los forestales en general, podemos considerar que lo mismo podría decirse de los selvicultores, cuando a veces se ven presionados por los naturalistas –o mejor dicho, por los ecologistas– y reaccionan pretendiendo transformarse y actuar solo como naturalistas, dejando de hacer. Y no se dan cuenta, u olvidan, que los naturalistas estudian, analizan y clasifican, pero no intervienen, mientras que los selvicultores tienen que diagnosticar, proyectar y ejecutar, es decir, “curar u operar al enfermo” (el monte) si es necesario, y después ponerle un tratamiento que puede durar todo el próximo turno, justificando y valorando los objetivos que persigue, indicando bien el qué, el porqué y el para qué de cada propuesta, y es que la selvicultura se caracteriza por ser una ciencia que pertenece al mundo de la práctica y del positivismo europeo; exige hacer, y esto no deberíamos olvidarlo nunca, para evitar errores y confusiones.

El sector forestal en España puede realizar una gran contribución a la economía verde, poniendo en el mercado grandes cantidades de materias primas renovables con gran capacidad de reutilización y contribuyendo al aumento del empleo rural. La corta de árboles no solo permite obtener madera, sino que es la herramienta clave de la selvicultura para modificar las condiciones de los bosques de forma que se puedan obtener otros servicios ecosistémicos. Por lo tanto, en muchas ocasiones, la corta de árboles se debe incluir como herramienta necesaria no solo

cuando la obtención de madera sea un objetivo prioritario dentro del modelo de gestión que se quiera desarrollar: en muchos casos, especialmente en zonas muy antropizadas, la gestión forestal sostenible y multifuncional puede crear y conservar estructuras de hábitats más diversas e interesantes para el fomento de la biodiversidad que las conseguidas por la evolución natural de esos mismos territorios sin la aplicación de la selvicultura adecuada.

El resto de los profesionales de la biología y la ecología, por lo general, han marginado a la selvicultura de las ciencias biológicas, considerando que se trata de una simplificación de la ecología y no de una tecnificación singular de la misma, que es lo que realmente es. La selvicultura lleva muchos años incorporando conocimientos de la ecología forestal; en cambio la ecología no ha hecho grandes esfuerzos por acercarse a la selvicultura para poder comprenderla y dotarla, más fuertemente, de base ecológica (DEL RÍO *et al.*, 2016).

Por supuesto que existen otras ciencias y técnicas que utilizan sus propias metodologías, cuya aplicación es necesaria para la gestión integral del monte, pero no constituyen el eje central de la gestión y sobre todo, de la obtención de productos y servicios ambientales, al menos tal como hoy se entiende el aprovechamiento sostenible de estos recursos. Pero en ocasiones, y seguramente por desconocimiento, la selvicultura ha sido considerada solo como una técnica empírica, con escasos contenidos biológicos-ecológicos, que no merecía la atención de los científicos ni la denominación de ciencia. Sin embargo, nosotros consideramos que la selvicultura, conceptualmente, es una ciencia genuinamente conservacionista, que cuando se ha aplicado correctamente, ha demostrado ser la mejor herramienta de tecnificación ecológica, también denominada ingeniería ecológica (TERRADAS, 2001).

En oposición a esas concepciones, nosotros pensamos que la selvicultura posee contenidos y peculiaridades de tipo biológico, ecológico y técnico, que, si bien en su origen no son exclusivos de la selvicultura, sí alcanzan en ella un desarrollo significativamente mayor y diferente del que suele concedérseles desde otras ciencias. Para los profesionales forestales que conocen bien las relaciones entre ecología y selvicultura, la ecología constituye la estructura fundamental que pone orden, solidez e inteligencia al edificio de la selvicultura, pero ni es todo el edificio ni puede llegar a sustituirlo en sus funciones (MONTROYA, 1983). El conocimiento de los efectos de las intervenciones selvícolas más adecuadas en cada caso, conocidos a través de las respuestas que

esas intervenciones han provocado en diferentes situaciones ecológicas y especies tratadas, ha proporcionado abundante información cuantitativa, de mucho valor empírico, sobre los efectos que la aplicación de la selvicultura ha producido en los rodales o tramos sometidos a tratamiento.

En la práctica, la aplicación de la selvicultura constituye el eje central de la actividad forestal. En cierto modo, la selvicultura consiste en un conjunto de prácticas o acciones a ejercer en las masas forestales, con el objetivo de obtener de ellas un determinado comportamiento, en el sentido que más convenga en cada momento a la sociedad, teniendo en cuenta que para que el monte pueda ofrecer a la sociedad una variada gama de productos y servicios ambientales, es necesario que el monte exista, lo que confirma que el objetivo de persistencia y sostenibilidad, además de un objetivo ecológico y selvícola fundamental, debe ser también compatible con el objetivo económico.

Ciertamente, las intervenciones selvícolas, con o sin extracción de productos, causan alteraciones visuales, durante un tiempo, en la estructura de la masa forestal a la cual se aplica. Si se hace un desbroce de matorral o se realiza un clareo mecánico en rodales de árboles jóvenes que crecen demasiado espesos, con el objetivo de darles un espacio vital suficiente a los árboles que quedan en pie para su buen desarrollo, de disminuir el peligro de incendios, o de obtener biomasa forestal, es evidente que el paisaje de ese rodal se modifica, durante un tiempo. Lo que no es tan evidente es que la funcionalidad ecológica, definida como el conjunto de interrelaciones que se establecen entre las especies que existen en ese ecosistema en el que cada especie contribuye de una forma mayor o menor al equilibrio del mismo, se vea mucho o poco alterada por esa intervención. Es decir, si las interrelaciones entre los individuos que existían antes de intervenir y las que se siguen produciendo entre los individuos que han quedado después de la intervención han variado, y si es así, ¿cuánto han variado?; o si afectarán positiva o negativamente a la fauna silvestre o edáfica. ¿Qué desequilibrios y en qué cuantía afectarán, por ejemplo, al ciclo de retención y liberación de agua y nutrientes de la cuenca o microcuenca en la cual se ha producido? ¿Cómo ha variado la cantidad de luz que llega al suelo y cómo influye en el ciclo de descomposición, mineralización y reutilización de la materia orgánica? Por último: ¿cuánto tiempo tardarán los mecanismos de autorregulación del ecosistema en recuperar el equilibrio anterior a la intervención selvícola realizada?

Hoy se sabe que la producción total de biomasa del rodal tratado no varía significativamente y que la cantidad de CO₂ total fijado anualmente por el rodal crecerá un poco. Esto lo confirman los experimentos sobre la intensidad de las claras en masas forestales (SCHÜTZ, 1998), que afirman además que aumentar la llegada de luz al suelo en masas forestales densas (“aclarando”) aumenta la biodiversidad, al menos en cuanto al número de especies. Es bien conocido que el concepto de “*lo natural*” encierra un alto grado de relatividad, en el que se pueden incluir como paisaje de carácter “natural” a cualquier medio forestal que esté poco perturbado por la actividad del hombre o los animales, frente a lo “*artificial*” visiblemente alterado por el hombre (RUIZ DE LA TORRE, 1976). En ocasiones la influencia humana puede ser beneficiosa, al menos en el medio mediterráneo, donde se conocen equilibrios especiales, como es el caso de las dehesas en España. Hechos similares fueron defendidos en otros ecosistemas por NAVEH (1971) y WESTHOFF (1971).

Existe una evidencia empírica contrastada a lo largo del tiempo que indica, casi garantiza, que en los montes tratados selvícolumente durante años se llega a crear un equilibrio biológico estable que se conoce como *equilibrio cultural*, que sustituye al equilibrio natural que se alcanza en las masas no tratadas. Esta teoría que algunos presentan como una certeza experimental, se suele conocer como *Equilibrio Natural versus Equilibrio Cultural de las masas forestales*.

El equilibrio natural se alcanza en los montes no intervenidos o no sometidos a usos y aprovechamientos distintos a los que la naturaleza impone en cada caso. Esto es así hasta que se producen disequilibrios poblacionales entre la fauna y la flora salvajes o perturbaciones naturales que rompen ese equilibrio (también en las masas no tratadas). A continuación, la reconstrucción del equilibrio se inicia a diferentes velocidades, hasta alcanzar el óptimo posible en ese lugar, pues todos los ecosistemas intentan recuperar su equilibrio, generando respuestas continuas a los cambios que se producen en ellos, mediante los llamados “mecanismos de autorregulación de los ecosistemas”, activando las múltiples interacciones y regulaciones tróficas que se establecen o restablecen entre sus componentes.

El equilibrio cultural se logra en los montes gestionados con criterios selvícolas multifuncionales y sostenibles. En estas condiciones, el óptimo ecológico primigenio da paso al óptimo ecológico cultural (MONTERO *et al.*, 2012). Este óptimo permite al hombre obtener productos y bienes ambientales, de manera que el bosque es susceptible de convertirse en un sujeto económico capaz de producir bienes y servicios a la sociedad, generando rentas de capital y trabajo, sin perder sus funciones ecológicas. Existen evidencias en nuestro país de que el estado de equilibrio cultural

es reversible si cesa el aprovechamiento, recuperando de nuevo el equilibrio natural sin dificultades y en relativamente poco tiempo. Este equilibrio cultural, denominado “clímax forestal”, por CEBALLOS y VICIOSO (1933), contiene las principales características del equilibrio natural, y permite al hombre obtener otros productos y utilidades del monte.

Para controlar los efectos de la gestión sobre el bosque y evaluar las diferencias de calidad ecológica y grado de funcionalidad entre el equilibrio natural y el cultural, los métodos de gestión aplicados son sometidos periódicamente a revisión (en plazos del orden de 10 años). Estas revisiones comparan la evolución de las distribuciones diamétricas por rodales, y la evolución de los crecimientos medios y corrientes, la abundancia y calidad de la regeneración, regulada por la cantidad de luz que llega al suelo, que, a su vez, viene graduada por la intensidad de las cortas de mejora y de regeneración y es diferente para las distintas especies, pendientes y orientación del terreno (fotoselvicultura o fotometría forestal). También se valoran los daños por pastoreo y caza, la conservación de las especies de ribera y matorrales más evolucionados en la escala de la sucesión vegetal, etc. Si todas estas variables presentan una evolución positiva y no se aprecian variaciones en la fauna silvestre, enfermedades y plagas, etc., se puede aceptar que el monte recupera, e incluso puede ser que mejore con normalidad, su equilibrio cultural-natural.

Para reforzar estas evidencias se hace necesario avanzar mucho en la investigación sobre dinámica forestal de rodales sometidos a tratamientos selvícolas determinados y comparar los resultados con los obtenidos en otros rodales sometidos a tratamientos más intensos y, a su vez los de estos, con rodales poco o nada intervenidos. Los resultados permitirían conocer el grado de simplificación del ecosistema y la degradación de su funcionalidad, que se supone, casi siempre por intuición, que la aplicación de la selvicultura causa o puede causar al ecosistema natural. Hasta ahora, la información experimental sobre los montes españoles es escasa, lo que limita el debate a simples opiniones observacionales, divididas entre quienes defienden la selvicultura y quienes la consideran perjudicial para la funcionalidad del ecosistema. En muchos casos, las posturas se sustentan en teorías generales sobre ecosistemas terrestres desde la biología y la ecología, o en propuestas que apelan a la teoría de la complejidad, olvidando que, si bien estos ecosistemas son indudablemente complejos, resulta igualmente difícil cuantificar las relaciones e interacciones entre las especies vegetales y animales que conviven y compiten en su interior.

La evolución de las especies a nivel individual y la coevolución de las mismas deben estar relacionadas con el mayor o menor grado de complejidad del ecosistema. Es urgente cuantificar esas interacciones y buscar su relación con la aplicación de determinados sistemas de silvicultura o intervenciones selvícolas, si se quiere cambiar la intensidad y modos de aplicación de los diferentes tratamientos selvícolas, y que eso se haga basándose en información científica sobre las características ecológicas específicas de cada monte, y para distintas especies, y no por apreciaciones personales o intuiciones.

Es verdad que en la actualidad la existencia y cuidado de las masas forestales no obedece solo a simples razones de producción, por importantes que estas sean, sino a la necesidad que tienen los países de contar con abundantes y bien distribuidas superficies forestales, ya que representan un papel esencial en el equilibrio biológico y social del territorio. Por tal razón la sociedad está cada vez más interesada en conocer y controlar dónde, cómo y con qué especies se repuebla o se restauran las masas ya existentes, así como los métodos de aprovechamiento empleados en cada caso. Esta preocupación social es, en principio, buena para lo forestal y para la silvicultura.

La política forestal no puede ser definida solo en función de criterios de ciencia y técnica, que no son más que medios a su servicio. La aplicación y difusión de la técnica forestal no puede ser considerada como un fin en sí misma; sin embargo, sus contenidos deben tener un papel orientador y esclarecedor insustituible en el proceso de información sobre las funciones ecológicas y productivas que cumplen las masas forestales, así como la necesidad de aplicar silvicultura en las masas muy antropizadas, para su recuperación y conservación, con o sin aprovechamiento.

Coincidimos con lo que ya defendía el gran forestal Mayer en 1966: *“a pesar de que cada vez aumenta más la demanda y disminuyen las reservas de madera, la importancia económica del bosque disminuye frente a su importancia ecológica y estabilizadora de sí mismo y de los sistemas circundantes, e incluso recreativa”*. Este cambio en la utilización y jerarquización de las producciones del monte debe ser tenido en cuenta por la silvicultura, buscando métodos flexibles capaces de optimizar dichas producciones en función de las demandas sociales, siempre que estas no exijan actuaciones de consecuencias irreversibles o pongan en peligro la persistencia y estabilidad de la masa forestal. Esta cuestión plantea un problema de escala temporal: las preferencias sociales suelen cambiar con relativa frecuencia, mientras que la silvicultura no puede adaptarse con la misma rapidez a esas demandas. Desde que se aplica un tratamiento selvícola, hasta que se obtiene una respuesta positiva de la masa en el sentido que se pretende, suele pasar un

periodo de tiempo, casi siempre, suficientemente largo como para que cuando el resultado pueda apreciarse, ya haya perdido interés para la sociedad (que ya es otra sociedad). OLIVER y LARSON (1990) lo expresan de la siguiente manera: *“La utilización preferente del bosque, el conocimiento que sobre él se tiene, las técnicas de gestión, las herramientas y la política forestal, cambian una o varias veces en el periodo comprendido entre el nacimiento o plantación de un árbol y la edad en la que, en principio, debe ser aprovechado”*. La evolución de la demanda de determinados bienes y servicios es mucho más rápida que la respuesta de las masas a un tratamiento selvícola para obtenerlos. Los forestales suelen aconsejar a la Administración que no sea propensa a adherirse, a toda costa, a las demandas más en boga en cada momento. El monte puede cambiar y cambia, como dice el profesor Serrada, pero necesita su tiempo.

Generalmente, la selvicultura de especies de montaña con alto interés ecológico y protector se planifica a turnos próximos a 100 o 120 años, lo que no permite, o al menos dificulta, las posibilidades reales de cambiar frecuentemente de tratamiento, aunque sí pueden y deben hacerse adaptaciones de algunos tratamientos si es necesario. Téngase en cuenta que casi siempre el tratamiento que se aplica a una masa de una clase de edad depende fuertemente del tratamiento recibido en edades anteriores. La selvicultura y las producciones forestales, por su naturaleza, se adaptan mal a los cambios de orientación repentinos sin comprometer algunas de las funciones principales de la masa, ya sean éstas ecológicas o productivas. La selvicultura debe tener especial cuidado a la hora de dar prioridad a los planes a corto plazo para no subestimar, e incluso descuidar, los más importantes objetivos a largo plazo (MAYER, 1966).

6. Algunos aspectos concretos de la selvicultura

Hasta aquí hemos visto cómo la selvicultura encuentra muchos apoyos técnico-científicos, pero también que hay una cierta preocupación social que desconfía de que su aplicación siempre sea correcta y por consiguiente beneficiosa, o al menos inocua, para mantener las necesarias biodiversidad y funcionalidad ecológica de nuestros montes.

6.1. Características de las producciones forestales

El proceso productivo forestal presenta numerosas características, las cuales derivan del hecho de ser una producción biológica y de las numerosas valoraciones sociales que el hombre hace del bosque. De la interacción de estos dos aspectos sociales y ambientales surgen la mayoría de las peculiaridades económicas de la producción forestal. Estas características pueden ser de índole más o menos técnica o económica, tales como:

- 1) La inmovilidad física del bosque hace que las producciones se presenten en un lugar determinado y no en otro. No es posible lo que podríamos llamar “deslocalización” del bosque.
- 2) La producción conjunta y simultánea de diversos productos y bienes en el mismo territorio y al mismo tiempo implica que el aprovechamiento de uno o varios de ellos ha de ser compatible con la conservación de los otros.
- 3) El carácter dual de la producción hace que sea a la vez “máquina y producto”. La “factoría de producción de madera” es el árbol y “el producto” es el crecimiento que anualmente acumulan los árboles del bosque, de tal manera que para extraer la madera es necesario cortar el árbol, que es “la máquina productora”. En el caso de las producciones no maderables no se da este hecho y se puede cosechar el producto sin cortar el árbol que lo produce (corcho, pinya, resinas, etc.).
- 4) La longitud del turno raras veces es inferior a 15–20 años, en los casos de montes bajos o de especies de crecimiento muy rápido, y en la mayoría de los casos de nuestras montañas, ha de superar los 80–120 años, si se quiere obtener maderas de calidad. Esto hace poco competitivas las inversiones, que siempre han de hacerse a muy largo plazo.
- 5) Se trata de una producción con un alto ratio entre el capital (árboles) y el producto (madera). Es necesario tener mucha madera inmovilizada para poder extraer cada año una cantidad que no suele superar el 2–3 % del *stock* en las especies de turno largo.
- 6) La naturaleza fundamentalmente institucional de las producciones forestales significa que el bosque no es solo un factor de producción sino un bien de importancia fundamental para la organización y el equilibrio biológico del país y de la sociedad.

Como consecuencia de las características anteriores, las producciones forestales presentan un elevado riesgo que puede derivarse de catástrofes ambientales, incendios, modificaciones legales respecto a las normas de aprovechamiento, etc., lo que crea incertidumbre en la dinámica de precios y demandas. Se puede afirmar que se trata de un proceso productivo que ha de tener en cuenta al resto de las producciones conjuntas y simultáneas que se generan en el monte para garantizar la multifuncionalidad que, junto a la sostenibilidad, siempre es exigible.

6.2. *El bosque productor*

Todos los bosques producen bienes y/o servicios útiles para la sociedad, pero a los efectos que ahora nos interesan se entiende por bosque o monte productor aquel cuyo objetivo preferente o principal sea la producción de bienes de mercado (madera, leñas, corcho, resinas, pastos, setas, caza, fijación de CO₂ o varios de estos conjuntamente). En Europa (excluida la Federación Rusa), se estima que aproximadamente el 56 % de la superficie de bosque se considera productor. El resto se distribuye entre un 11 % de bosque protector, un 10 % de bosque para la conservación de la biodiversidad, un 2 % para uso social, un 11 % de uso múltiple (uso productor, protector, conservador, conjuntamente y al mismo rango) y el 10 % restante se considera de uso no clasificado.

En España no contamos con una clasificación desagregada y completa en este sentido. Hay una extensa Red de Espacios Naturales Protegidos, que con la Red Natura 2000 ocupan el 40,3 % de la superficie forestal. Esta superficie está dedicada prioritariamente a la conservación de la diversidad biológica y a la protección de suelo, de especies, de paisajes, etc. Una parte, no bien cuantificada, de la Red Natura 2000 puede considerarse como de uso múltiple (productor, protector y conservador conjuntamente). No hemos encontrado información suficiente, pero todo indica que en nuestro país podría aceptarse que aproximadamente un 30 % de la superficie de los bosques podría considerarse como productora, un 30 % como prioritariamente dedicada a la conservación de la biodiversidad y otro 30 % como de uso múltiple, quedando el 10 % restante como superficie no clasificada.

La visión del bosque como entidad productora de bienes y servicios es diferente, también dependiendo del desarrollo socioeconómico de los pueblos. Así DOUROJEANNI (2003), refiriéndose a la silvicultura tropical, asegura que en los países en vías de desarrollo la población se divide

en tres grupos. En el primer grupo se incluye una mayoría, que califica como indiferente, y que en general vive en las ciudades; el segundo grupo está formado por un porcentaje considerable de personas que necesitan o saben que necesitan de la existencia del bosque y de sus bienes y productos; y un tercer grupo, formado por una proporción importante de población, necesitan o prefieren eliminar el bosque para desarrollar otras actividades.

Sin tener en cuenta a los indiferentes del primer grupo, los situados en el segundo y tercero constituyen una dicotomía antagónica. Los del segundo grupo propugnan la conservación de los bosques y los del tercer grupo (a través, sobre todo, de la agricultura y la ganadería) intentan o consiguen transformar el bosque en terrenos agrícolas o pastizales que resultan más beneficiosos para su medio de vida. La relación entre los dos grupos se regula en función de las necesidades humanas perentorias o no.

En Europa existe una situación similar, pero aquí se ha alcanzado un consenso entre ambas necesidades (aprovechamiento y conservación), ya que se acepta que ambas son necesarias para todos. La práctica totalidad de la UE considera importante la existencia y conservación de los bosques, pero también aquí surgen tres grandes grupos:

- 1) Los que viven directamente del bosque, como sucede con una parte de la población rural, o de forma indirecta cuando dependen o trabajan para industrias forestales y/o del comercio de los productos forestales.
- 2) Los que están dispuestos a pagar el coste de la conservación de la naturaleza, por considerarla como un patrimonio que no solamente produce (aceptan y valoran el consumo de productos forestales) sino que reúne valores éticos o estéticos especiales.
- 3) Y finalmente existe un tercer grupo que se ha percatado de que los servicios ambientales de los bosques son cada vez más importantes para las sociedades futuras y ven en esos servicios oportunidades de negocio.

Es evidente que no existe una separación clara entre los grupos y es frecuente que numerosas personas físicas o jurídicas no opten, claramente, por uno u otro. Una encuesta de la UE realizada en 2010 (EUROPEAN COMMISSION, 2010) pone de manifiesto que el 30 % de los ciudadanos preferían la regulación pública estricta de las actividades económicas para proteger la naturaleza,

frente al 12 % que prefieren dar prioridad al aumento de presupuesto público en la conservación de la naturaleza, y solo un 11 % prefiere dar prioridad al aumento de presupuesto público para compensar a los propietarios de los bosques por conservarlos. En este mismo sentido el documento ponía de manifiesto que un 41 % de los ciudadanos otorgaba prioridad al desarrollo de actividades económicas en las áreas naturales que implican pérdida de biodiversidad, siempre y cuando los beneficios compensen los costes de la restauración de hábitats y especies (entendiendo que en ningún caso se aceptan acciones irreversibles). Por el contrario, un 48 % concede prioridad a la conservación de la naturaleza frente al desarrollo de actividades económicas que causen daños a la biodiversidad.

De estas preferencias se desprende que no había un acuerdo mayoritario sobre renunciar o no al uso y aprovechamiento de los bosques. Desconocemos cómo estaban formuladas las preguntas, pero seguramente una opción para realizar actividades económicas en los bosques garantizando un equilibrio cultural del bosque, estable y próximo al equilibrio natural, como el que ofrece la selvicultura bien aplicada, decantaría a un mayor porcentaje de personas a favor de la gestión sostenible y multifuncional con garantías técnico-científicas. Pues bien, es en este contexto de acuerdos y desacuerdos entre los principales actores –conservacionistas, ciudadanía urbana, medio rural, sector forestal y administración pública– se llevan a cabo en Europa y en España las actividades de gestión y de conservación de los bosques.

6.3. Cómo responder a la diversificación de la selvicultura que la sociedad demanda

La sociedad actual se plantea si es posible gestionar los montes de otra manera. Por un lado se pide a los forestales que la gestión de los bosques satisfaga las exigencias de todas las partes interesadas, que defienden una mayor rentabilidad directa: medio rural en general, sector de la industria forestal, trabajadores y propietarios públicos o privados. Por otra parte, los movimientos conservacionistas y parte de la población urbana defienden el conservacionismo a ultranza y, aunque son usuarios de los productos del bosque (madera, papel, recreo, paisaje, etc.) critican la gestión forestal. Por último, los poderes públicos intentan hacer de puente entre las exigencias sociales y las posibilidades técnicas y económicas para satisfacer a ambas.

Esta delicada función no siempre es comprendida y calibrada en sus justos términos por los organismos de la administración competente, dando lugar a frecuentes errores y contradicciones. Las administraciones forestales legislan presionadas por grupos conservacionistas y movimientos urbanos afines, y casi siempre teniendo poco en cuenta las necesidades de las poblaciones rurales, que dependen de la gestión forestal para mantener o complementar sus ingresos.

Si por un lado está demostrado que los contenidos de la silvicultura son defendidos casi exclusivamente por los silvicultores y por los habitantes del mundo rural, por otro se aprecia que los efectos de la silvicultura interesan, cada vez más, a toda la sociedad. En los últimos años las funciones del monte se han ido diversificando, pero la gestión no consigue satisfacer los intereses de todos los grupos sociales. Unos dicen que la cultura del dominio y el control del monte y su aprovechamiento económico debe dar paso a la cultura de la complejidad, la mínima intervención y el respeto a la naturaleza (como si la silvicultura no garantizase la complejidad y el respeto a la naturaleza); otros que no es posible rechazar y prescindir de los aspectos económicos de la gestión silvícola; los ganaderos defienden el libre pastoreo con mínimas limitaciones de carga ganadera y espacios acotados; o los cazadores exigen el mantenimiento de altas poblaciones de animales silvestres y su prioridad frente a otros usos como el pastoreo con ganado doméstico. Esta pugna se está resolviendo casi siempre a favor de los cazadores, y de los ecologistas, hasta tal punto que los habitantes del mundo rural y muchos técnicos están cada vez más convencidos de que el poco pastoreo extensivo que queda será pronto sustituido por el pastoreo de los animales de caza. Es decir, la caza sustituirá a la ganadería extensiva contribuyendo así al abandono rural. Los grupos defensores de los animales se oponen a la caza y los forestales protestan porque el pastoreo de animales domésticos y salvajes no permite la necesaria regeneración natural de los montes, que también los conservacionistas exigen.

Por fin, la postura intermedia defendida por muchos silvicultores propugna que, aunque la silvicultura encierra necesariamente un cierto grado de artificialidad aparente, hay que intentar compatibilizar, cuando ello sea posible, el aprovechamiento sostenible del monte con la inducción y el reforzamiento de los procesos evolutivos y la promoción de la biodiversidad, en sentido amplio, aunque ello signifique un cierto grado de desorden estructural que haga más difícil y costosa la gestión. No existe acuerdo entre los usuarios en el modo de concebir el monte y, en especial, en definir y acotar el papel que debe desempeñar éste en una sociedad avanzada. Por otro lado, la consideración de bienes de utilidad pública que se le asigna a los sistemas forestales

y la afirmación, no demostrada ni cuantificada, de que la intervención selvícola limita, rebaja o anula la capacidad que, como sistemas biológicos, tienen para producir esos bienes ambientales y ecológicos, no puede ser condición suficiente para propugnar su abandono, interrumpir su tratamiento selvícola y renunciar a su uso y aprovechamiento económico, cuando éstos garanticen su conservación.

La discusión entre grupos sociales con diferentes intereses permite descubrir verdades latentes y avanzar en el conocimiento, pero si no se quiere seguir discutiendo sobre la nada, con el riesgo de añadir más confusión a la confusión, tenemos que aceptar que la discusión permite preguntas y exige respuestas y unas y otras han de estar basadas en conocimientos científico-técnicos y ser rebatidas y argumentadas de acuerdo a los paradigmas actuales de la silvicultura y la ecología forestal. No podemos seguir discutiendo temas científico-técnicos utilizando, casi exclusivamente, argumentos ideológicos.

Lógicamente, también entre los Ingenieros de Montes y demás profesionales forestales existen legítimas divergencias, tanto en los puntos de vista como en la aplicación de los métodos concretos. Donde no existe controversia no existen ideas, y probablemente tampoco existe ciencia. El avance científico está casi siempre ligado al contraste de ideas: los forestales deberíamos debatir más sobre la problemática de la silvicultura y la ordenación si queremos buscar respuestas al estado de letargo que atravesamos y encontrar vías para impulsar una gestión forestal que, sin abandonar muchos de los postulados básicos y largamente experimentados, consiga articular las modificaciones necesarias para ofrecer, al menos, algunas de las respuestas que la sociedad actual exige.

Es urgente precisar el verdadero objeto de la silvicultura y en este sentido hay que demostrar que:

- 1) el abandono del monte a la sola fuerza de la naturaleza, como medio para recuperar y perpetuar la fisionomía y la funcionalidad de los bosques primigenios no responde a la realidad, al menos en unas masas fuertemente antropizadas como las nuestras;
- 2) la gestión del monte y del territorio en su conjunto son aspectos inseparables de un mismo problema (la gestión del medio ambiente);

- 3) no siempre es cierto que la eficacia funcional de los sistemas forestales esté ligada indisolublemente a la no intervención selvícola, y si esto se afirma, ha de hacerse con argumentos teóricos y prácticos;
- 4) es necesaria la intervención para proteger y defender al monte de los daños posibles y probables a que está expuesto; y
- 5) en general, hay que demostrar que es necesario intervenir selvícolamente para garantizar la conservación, acelerar la restauración y, en muchos casos, mejorar la eficacia funcional de los sistemas forestales.

El problema que se presenta es: o asumimos la idea de la no intervención, que ya pocos grupos defienden; o aceptamos la aplicación de selvicultura. En este último caso la pregunta es: ¿qué selvicultura debemos hacer?; es decir ¿qué demanda social deben satisfacer, fundamentalmente, los tratamientos selvícolas?, ¿tiene la selvicultura actual herramientas suficientes para satisfacer todas las demandas?

En principio, la primera pregunta debe responderse desde los poderes públicos, diseñando planes de política forestal a nivel nacional y/o regional. Estos planes habrán de basarse en un buen conocimiento del medio natural y de las necesidades socioeconómicas de la zona, y deben ser concretos, sencillos y flexibles, pero no ambiguos.

Para responder a la segunda pregunta hay que evaluar las probabilidades de viabilidad del aprovechamiento multifuncional del monte. La selvicultura tiene actualmente base suficiente para tratar de satisfacer la totalidad de las demandas aisladamente, o la puede tener a través de reformas y cambios en algunos de sus postulados clásicos que deben venir de la investigación y experimentación. Pero la selvicultura actúa sobre sistemas biológicos complejos cuyos componentes están sometidos a cambios y fluctuaciones y además se producen numerosas y no bien conocidas interacciones entre ellos. Esto quiere decir que cuando se actúa sobre uno o más de sus componentes es posible que se produzca algún efecto sobre otros. Estos efectos en muchos casos son bien conocidos y su intensidad y tiempo de recuperación están cuantificados. Así, cuando se disminuye la densidad de la cubierta arbórea se produce una mayor afluencia de luz a la superficie del suelo, acelerando la descomposición de la materia orgánica del horizonte orgánico superficial

e induciendo, además, numerosas reacciones químicas en los complejos orgánico y mineral del suelo. En otros casos los efectos no están bien cuantificados, lo que aconseja ser prudentes en las intervenciones.

Casi todos los usos que el hombre demanda del monte exigen una intervención previa dirigida a proporcionar y, si es posible, optimizar ese uso. Si el uso recreativo es prioritario, habrá que crear las condiciones necesarias para facilitar el senderismo, el deporte al aire libre, la contemplación del paisaje, lugares de descanso, etc., y esto puede ir en detrimento de la caza, la necesaria tranquilidad de algunos animales silvestres o domésticos y la producción y aprovechamiento de leñas o maderas. No es posible optimizar todos los usos y aprovechamientos en un mismo lugar simultáneamente. Algunos son claramente incompatibles: por ejemplo, no se pueden optimizar una alta carga ganadera y la regeneración natural de la mayoría de las especies arbóreas simultáneamente, al menos en las zonas en regeneración. Es importante asumir que cuando se actúa selvícolamente para optimizar un uso, suelen producirse efectos que limitan la prestación de algún otro.

La solución es bien conocida para la ingeniería de montes y consiste, básicamente, en actuar en dos direcciones: la primera debe estudiar detenidamente el territorio, dividirlo en estratos y a cada una de esas superficies asignar uno o varios usos debidamente priorizados; y la segunda, actuar dentro de cada estrato o zona de forma que se optimicen los usos y aprovechamientos prioritarios, pero procurando que las intervenciones no rompan ninguno de los equilibrios básicos del monte. De esta forma, además de los usos y aprovechamientos que se hayan considerado prioritarios y en función de los cuales se hayan planificado las intervenciones selvícolas, tendremos la seguridad de que todas las demás funciones biológicas, ecológicas y ambientales serán satisfechas por el monte. Estas decisiones se toman con mayor rigor estudiando la matriz de usos, que debe figurar en los planes de aprovechamiento del proyecto de ordenación del monte, y que informa sobre cuáles de tales usos se consideran compatibles, incompatibles, complementarios o independientes.

Queda claro que la silvicultura y la ordenación forestal tienen –o pueden tener– herramientas suficientes para atender una demanda social diversa, pero corresponde a la sociedad, a través de los poderes públicos u otros órganos de representación, definir sus preferencias y establecer mecanismos de compensación adecuados para aquellos sectores cuyos intereses puedan verse perjudicados o menos favorecidos. Los especialistas tienen la obligación de informar sobre las limitaciones de determinados usos y en determinadas áreas de los sistemas forestales, desde los puntos de vista ecológico y económico.

6.4. *Exigencias de la selvicultura*

n los apartados anteriores hemos destacado la importancia de la selvicultura y los beneficios que puede aportar su aplicación; no obstante, su implementación requiere el cumplimiento de una serie de compromisos que deben ser plenamente comprendidos y asumidos por los encargados de llevarla a cabo.

Primero. La selvicultura exige un compromiso conservador y perpetuador de la masa forestal, que debe ser bien asumido y aceptado, sin reservas, por los gestores forestales. La selvicultura, conceptualmente, es una técnica genuinamente conservacionista, que cuando se ha aplicado correctamente ha demostrado ser un caso singular de tecnificación ecológica. En la elección de un tratamiento selvícola, la conservación, la perpetuación y el mantenimiento de la diversidad y el equilibrio biológico son absolutamente vinculantes y la producción no lo suele ser. El monte ha de ser concebido como sujeto de la selvicultura, es decir, como una entidad con derechos propios, lo que obliga a que todas las intervenciones que en él se realicen estén marcadas por el respeto hacia su integridad y persistencia.

Segundo. La selvicultura exige un compromiso regenerador o renovador que es inherente a la propia existencia de la masa forestal, como las amortizaciones de maquinaria lo son a la existencia de una industria productora de otros bienes. La maquinaria y el árbol son bienes “fungibles” y deben ser repuestos o renovados a un ritmo adecuado si la unidad productora de bienes y servicios ha de permanecer. Lógicamente, existen diferencias entre los procesos de regeneración de un rodal y amortización de la maquinaria de una factoría, y ya se ha dicho que el monte no puede ser concebido como una factoría, pero el paralelismo nos ha parecido esclarecedor.

Tercero. Es preciso asumir que la selvicultura es una ciencia en la que es imprescindible establecer prioridades, siempre fundamentadas en el conocimiento científico-técnico disponible. Aunque los objetivos pueden ser muy diversos, pueden agruparse en tres grandes categorías: ecológicos (orientados al mantenimiento de los procesos evolutivos y a la conservación de la funcionalidad del ecosistema); económicos (enfocados a preservar el equilibrio del sistema bioeconómico); y sociales (dirigidos a garantizar la equidad social). En cada caso es necesario calibrar bien la importancia relativa a conceder a cada objetivo y la cuantía en que deben ser aprovechados o utilizados los diferentes productos y utilidades que ofrecen los montes.

Cuarto. La selvicultura, por ser una técnica de objetivos, exige saber qué se quiere hacer, pero también qué se puede hacer. Para ello es imprescindible conocer muy bien las características ecológicas del lugar y de las especies sobre las que se va a actuar y la respuesta del sistema y de las especies ante la aplicación de un determinado tratamiento. Diferentes condiciones y especies necesitarán diferentes actuaciones selvícolas. No todos los conceptos o tratamientos pueden aplicarse por igual en todos los montes.

Quinto. En todos los casos, pero especialmente en los aprovechamientos de madera, la selvicultura exige entender muy bien el papel que juega la corta de árboles. Aunque parezca paradójico, la mejor manera de conservar, perpetuar y aprovechar la masa de manera sostenida consiste en eliminar determinados árboles según un cuidadoso plan de cortas que afecta a determinados individuos y no a otros. Esta programación de cortas afecta de manera distinta a los diferentes estadios de la masa. Así, aparecen las cortas de mejora, que afectan a las fases juveniles y se encaminan a regular la densidad de la masa, y las cortas de regeneración encaminadas a facilitar la autorregeneración del monte, conjuntamente con el aprovechamiento de los árboles maduros. En el lugar donde se extrae un árbol adulto (maduro) aparecen numerosos árboles jóvenes a los que, llegada una cierta edad, se les aplican clareos, claras y otras cortas de mejora para graduar su densidad con arreglo a patrones selvícolas específicos, y llegado el momento de su madurez o turno se procede a las cortas de regeneración y aprovechamiento, cerrando así el ciclo y volviendo a empezar. Este proceso puede desarrollarse sin apenas aporte de energía exterior; al cortar el árbol maduro, que constituye el producto aprovechable, se están creando las condiciones necesarias para que se produzca la regeneración de forma natural y permita perpetuar el sistema indefinidamente. Es decir, el producto extraído (el árbol maduro) se emplea como herramienta para conseguir la autorrenovación y la perpetuación del sistema.

6.5. Por qué se hace selvicultura

Aceptada por nosotros la necesidad, o al menos la conveniencia, de intervenir selvicolamente en los sistemas forestales, vamos a resumir a continuación aquellos motivos por lo que, a nuestro parecer, se ha hecho, se hace y se seguirá haciendo selvicultura.

Primero. Porque la sociedad necesita obtener productos y utilidades del monte. Y además porque en la actualidad se acepta, cada vez más, la necesidad de intervención selvícola para garantizar la conservación, acelerar la restauración y mejorar la eficacia funcional de los ecosistemas forestales degradados, incluso aunque no se obtengan beneficios económicos directos. Ya dijimos al inicio de este trabajo que la selvicultura es hija de la necesidad.

Segundo. La selvicultura, correctamente aplicada, garantiza la persistencia, la estabilidad y el mantenimiento de la biodiversidad de las masas forestales. Esto no significa que la conservación, estabilidad, persistencia y diversidad que pueden lograrse con la aplicación de una selvicultura correcta sean atributos exclusivos de esta técnica. Los sistemas forestales existían antes de que se aplicase la selvicultura y tienen, lógicamente, recursos suficientes para conseguir su autorregeneración, sobre todo cuando se trata de sistemas bien conservados; no podría decirse lo mismo de aquellos fuertemente degradados en los cuales es conveniente y, muchas veces necesaria, la intervención para mejorar su estado ecológico y garantizar su persistencia. La selvicultura se mueve entre la conservación y la producción (directa o indirecta) y es justamente en el engarce entre el compromiso económico y el conservador donde la selvicultura encuentra su justificación. Se ha acusado a la selvicultura de causar un supuesto impacto negativo en la fertilidad del suelo y en la capacidad productiva de los sistemas forestales, al considerar que podría inducir una simplificación excesiva de ecosistemas complejos; pero esta afirmación no ha sido demostrada científicamente. En 1993, el recién creado Instituto Forestal Europeo impulsó un estudio liderado por el profesor Heinrich Spiecker, de la Universidad de Friburgo (Alemania), en el que participaron científicos de quince países europeos pertenecientes a instituciones públicas de investigación. El objetivo era conocer las tendencias del crecimiento en masas forestales intervenidas durante muchos años y sus respuestas a los tratamientos selvícolas y al entonces presumible cambio climático. Se estudiaron 22 puntos geográficos y los resultados fueron los siguientes: en 12 puntos la productividad había crecido o se observaban tendencias hacia un mayor crecimiento, en 5 no se pudo afirmar si la tendencia era hacia un mayor crecimiento o éste estaba estabilizado, en 4 puntos se confirmó que la capacidad productiva del sistema se mantenía intacta, no se observaba un mayor crecimiento ni una merma de la productividad, y en sólo uno de ellos situado en la península de Kola, se confirmó que se había producido una disminución de la capacidad productiva (SPIECKER *et al.*, 1996).

Tercero. La aplicación de la selvicultura permite obtener mayores beneficios que en los montes no tratados. La selvicultura no tiene sentido si como consecuencia de su aplicación no se obtienen mayores beneficios, de todo tipo, del monte. Estos beneficios no tienen que ser necesariamente económicos, pueden ser otros bienes o servicios que de otro modo no se producirían, o se podrían correr riesgos en su producción atribuibles a la ausencia de intervención selvícola. Por ejemplo, se puede intervenir para mejorar la sanidad del monte, favorecer su regeneración, incrementar la producción de setas comestibles o reducir tanto el riesgo de inicio como la intensidad de los incendios forestales. Por definición, toda actuación selvícola sobre un sistema forestal busca provocar una respuesta beneficiosa en el ecosistema. En aquellos montes en los que como consecuencia de la aplicación de la selvicultura no se obtenga un balance positivo para la sociedad o para la estabilidad de la masa, habrá de meditar-se cuidadosamente su aplicación.

Cuarto. La selvicultura permite ofrecer una amplia gama de productos –como madera, leñas, setas, espacios recreativos y paisajes– que la sociedad demanda y por cuyo uso y disfrute está dispuesta a pagar, lo que contribuye significativamente al desarrollo de la economía rural y a la generación de empleo en áreas próximas a las masas forestales, ubicadas en su mayoría en zonas deprimidas y despobladas.

Quinto. Todo lo anterior no sería posible sin la aplicación de la selvicultura. Ya lo hemos dicho al principio: la selvicultura es la única ciencia ecológica-biológica con la tecnología necesaria y suficiente, en muchos casos, para gestionar racionalmente los ecosistemas forestales. Si la sociedad sigue demandando productos y utilidades del monte, y estos han de ser aprovechados o utilizados de una manera sostenible, tendrá que acudir a la selvicultura y a la ordenación de montes para conseguirlos sin asumir riesgos imprevisibles.

7. Tipos y caracterización de la selvicultura

7.1. Tipos de selvicultura

Siguiendo los criterios de SERRADA (2011), en principio se puede hablar de diferentes tipos o clases de selviculturas:

- 1) Selvicultura general, que se ocupa del estudio de los principios básicos y de los tratamientos selvícolas generales de las masas.
- 2) Selvicultura aplicada, que puede referirse a las regiones donde se aplica (tropical o mediterránea, por ejemplo); o a las funciones principales que se le exigen preferentemente (selvicultura para la prevención de incendios, para montes adehesados, etc.).
- 3) Selvicultura específica (por ejemplo, selvicultura del alcornoque, del pino piñonero, del haya, del pino silvestre). Este tipo de selvicultura puede tener una orientación más o menos multifuncional, puede ser más o menos próxima a la naturaleza y puede aplicarse de manera intensiva o extensiva. La frecuencia y el peso de las intervenciones selvícolas a lo largo del turno y los métodos de cortas de regeneración son los criterios más usados para la clasificación de una selvicultura como más o menos intensiva.

7.2. *Caracterización de la selvicultura*

Pese a lo expuesto en el epígrafe anterior sobre las clases de selvicultura, con frecuencia se admite que existen dos grandes líneas de actuación, una llamada naturalista o extensiva y otra que suele calificarse con los adjetivos de intensiva, artificial, agronómica, productivista etc., hija del racionalismo industrial del siglo XIX, algo inspirada en los principios de la técnica agronómica (SUSMEL, 1980). Lógicamente, esta diferenciación entre una y otra es nítida solamente en los extremos, existiendo toda una gama de estados intermedios. Entre lo que conocemos como entresaca pura y las cortas a hecho hay muchas formas intermedias de masas con estructura más o menos regular o semirregular, que permiten adaptarse a muy diversas circunstancias ecológicas y a diferentes especies forestales. La dificultad estriba en saber elegir en cada caso el tratamiento más adecuado entre los conocidos y contrastados (GARCÍA DÍAZ, 1963).

Las intervenciones selvícolas en una masa natural, para obtener alguna utilidad, interfieren en la sucesión natural o alteran, al menos aparentemente o visualmente, el equilibrio biológico. Estas interferencias pueden ser positivas desde el punto de vista económico y negativas desde el punto de vista ecológico (TOUMEY, 1947). Aunque uno de los objetivos de la selvicultura es siempre incrementar las producciones de todo tipo que pueden obtenerse del monte, los tratamientos selvícolas no pueden ignorar las leyes básicas que regulan la regeneración natural, la estructura

y el crecimiento de las masas forestales. Siempre que el hombre actúa selvícolamente en una masa natural altera en algo su equilibrio, al menos aparentemente y momentáneamente, aunque su restauración se produzca en un período de tiempo más o menos corto.

La selvicultura que solemos llamar naturalista se esfuerza en conseguir que la masa mantenga las cualidades del bosque natural, haciéndolas compatible con la obtención de bienes y servicios. El éxito depende, fundamentalmente, del conocimiento que se tenga de la autoecología de la especie y de lo bien que se conozcan las respuestas que otras masas de similar composición específica hayan tenido ante la aplicación de ese mismo o parecido tratamiento selvícola y de la buena o mala pericia que se haya tenido en su ejecución. Con tal conocimiento es posible conseguir un equilibrio entre lo que podríamos llamar bosque productor y bosque natural, coordinando adecuadamente los principios ecológicos y los económicos. El equilibrio que se establece en una masa de estructura más o menos irregular o mixta tratada con selvicultura extensiva es, lógicamente, un *equilibrio cultural* muy próximo al *equilibrio natural*, en todos los sentidos. Realmente, en estos tratamientos lo único que hace la selvicultura es colaborar y adelantarse a la naturaleza, forzando algunos procesos para obtener productos sin sacrificar el equilibrio biológico. En el extremo más conservador, el aprovechamiento selvícola sustituye a los consumidores primarios del bosque natural (CAPPELLI, 1991). Este sería el caso de la selvicultura a aplicar en Parques Nacionales y otros territorios sometidos a fuerte protección, realizando cortas de policía por huroneo con el objetivo principal de sanear la masa y prevenir incendios y no de extraer productos, aunque buenos serán si, como consecuencia de ello, se obtienen.

En zonas con diferentes grados de protección, como pueden ser los Parques Naturales, donde se aconsejan y autorizan lo que suele denominarse “aprovechamientos tradicionales”, se puede hacer una selvicultura más o menos extensiva o próxima a la naturaleza, poco mecanizada y si se estimase conveniente, en casos especiales, procurando que el impacto sobre el paisaje sea el menor, compatible con el aprovechamiento que se desea realizar. Los aprovechamientos tradicionales no son sinónimos de no intervención selvícola ni de no uso del territorio para el ganado, caza, etc. Significa justo lo que su nombre indica: seguir haciendo aquellos usos y aprovechamientos que se venían haciendo desde antiguo y cuyos efectos sobre la riqueza ecológica han permitido mantener esos montes o ecosistemas con un cierto grado de protección-conservación, y continuar haciendo esos mismos tratamientos habituales para preservarlos de posibles aprovechamientos abusivos que pudiesen poner en riesgo su buen estado de conservación actual.

Dentro de lo que se puede entender ya como selvicultura donde la producción tiene algún sentido, aun siendo más o menos extensiva, pueden establecerse varios tipos en función del objetivo principal y del grado de intervención o artificialización de los tratamientos. En todos los casos, y siempre que se trate de masas naturales o naturalizadas, se entiende que se cumplen los requisitos de una selvicultura basada en la prioridad de protección de los suelos, biodiversidad, sostenibilidad y estabilidad, como objetivos básicos, frente a las producciones comerciales, por importantes que estas sean. En estas condiciones los siguientes comentarios pueden ser orientativos de lo que suelen entenderse por selvicultura intensiva o extensiva.

7.3. Intensidad de la selvicultura

En montes con marcados objetivos productores, sin olvidar los aspectos ecológicos y protectores, se suele aplicar selviculturas más intensivas. Éstas selviculturas admiten: regeneración artificial, o ayudada con distintos grados de intensidad en la preparación del terreno; programas de claras fuertes (en la terminología específica) para regular y favorecer, en un sentido u otro, la cantidad y calidad de la producción, la protección del suelo, la resistencia del arbolado al viento, a la nieve, etc.; cortas de regeneración por alguna de las modalidades (cortas a hecho en uno o dos tiempos o por fajas normales o en cuña, según la dirección; cortas por aclareos sucesivos y uniformes; regeneración ayudada mediante preparación del terreno, reparto de semillas e incluso plantación).

En montes donde la producción es menos importante y los aspectos protectores exigen mayores cuidados, aun en caso de estar poblados por las mismas especies, se deben aplicar selviculturas menos intensivas, o extensivas, sin perder los objetivos productores, aplicando programas de claras moderadas, cortas de regeneración más cuidadosas, excluyendo las cortas a hecho y aplicando cortas por aclareos sucesivos o por entresaca. La regeneración, si no se consigue de forma satisfactoria, podrá ser ayudada en aquellas zonas o rodales donde haya mayores dificultades.

La intensidad de la selvicultura casi siempre vendrá marcada por el programa de claras (tanto en peso como en rotación), por el tipo de cortas de regeneración (aclareo sucesivo y uniforme, aclareo por bosquetes más o menos grandes); por la frecuencia de las fases de cortas (preparatorias, diseminatorias, aclaratorias y finales); y por el periodo de rotación de las cortas de regeneración en los rodales o cuarteles de entresaca.

En general, y aunque se apliquen sistemas de silvicultura similares, los montes más productivos suelen tolerar silviculturas más intensivas, porque suelen estar sobre suelos más fértiles y la recuperación de la vegetación es más rápida, y además ofrecen mayores producciones y la aplicación de la silvicultura suele admitir ciertos grados de mecanización, lo cual hace más económico el aprovechamiento.

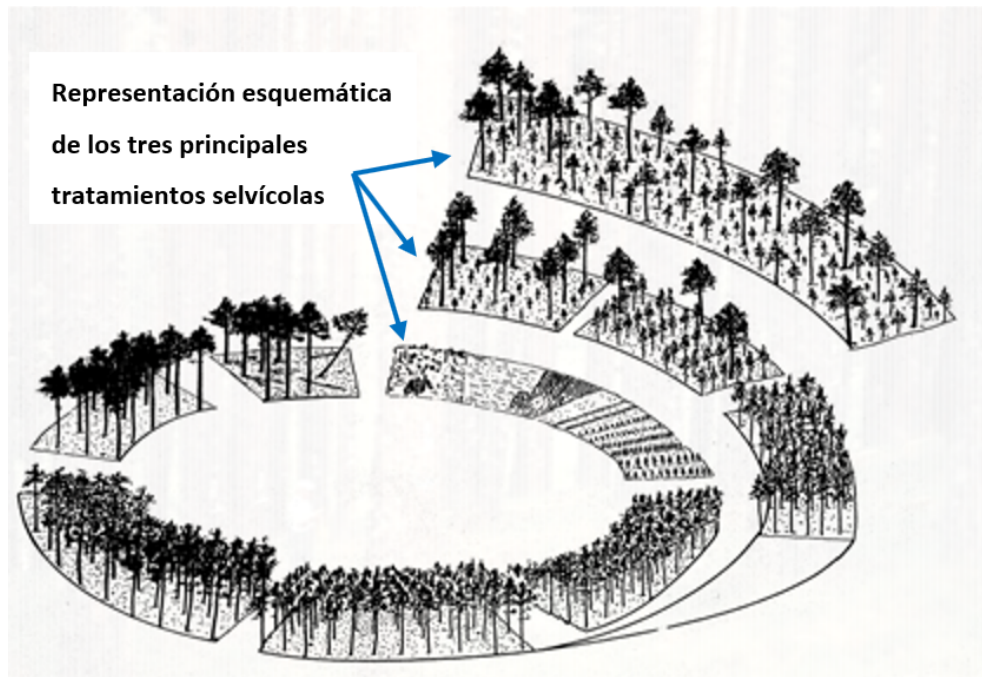
Aun admitiendo muchas variaciones específicas para cada caso, las cortas de regeneración pueden resumirse en tres grandes grupos:

- Cortas a hecho, en uno o varios tiempos, en fajas alternas o en cuñas.
- Aclareos sucesivos y uniformes o por bosquetes con mayor o menor número y peso de las cortas aclaratorias, preparatorias, diseminatorias y finales.
- Cortas por entresaca normal o regularizada, con menor o mayor número de árboles por cada clase biométricas, establecido a priori en el proyecto de ordenación o estimados por el Ingeniero sobre la marcha, en la operación del señalamiento, en el caso de la silvicultura naturalista o próxima a la naturaleza.

Un esquema de los tres principales tipos de cortas de regeneración (a hecho, aclareos sucesivos y entresaca) se expone en la Figura 7.1.

En España y en Europa existen sistemas selvícolas adaptados a diferentes especies, que permiten aprovechar los montes y obtener de ellos diferentes productos comerciales sin perjuicio para sus funciones ecológicas y ambientales. En nuestro país existen numerosos ejemplos de montes gestionados desde finales del siglo XIX, en los que se demuestra la compatibilidad de su uso y aprovechamiento durante más de 120–130 años con el mantenimiento y mejora de sus funciones ecológicas y ambientales. A continuación, presentaremos un resumen de los más conocidos.

Figura 7.1: Representación esquemática de los tres principales tipos de cortas de regeneración



8. Sistemas de silvicultura

Los sistemas selvícolas se componen de un conjunto de actuaciones o tratamientos individuales relacionados entre sí que se aplican de forma conjunta, secuencial y articulada en el tiempo y el espacio, susceptibles de ser integrados en un sistema planificado, para alcanzar objetivos económicos, ambientales y sociales predeterminados. Es la ordenación espacio-temporal de la silvicultura; en términos de ingeniería de montes, es la “ordenación de montes” (VON BERTALANFFY, 1976; MATTHEWS, 1989).

Por lo general las definiciones y los requisitos que se exigen de los sistemas selvícolas han ido cambiando a medida que cambiaba la sociedad. La silvicultura ha estado siempre en constante cambio o readaptación a las nuevas exigencias sociales, pero en los últimos 30–40 años los cambios han sido más rápidos e importantes que en tiempos anteriores, llegando a cuestionar la capacidad de la silvicultura para garantizar la sostenibilidad ecológica y funcional de los montes en los que se aplica. Se exigen resultados de mayor calidad y diversidad económica y ambiental, lo cual requiere aumentar la complejidad de los sistemas selvícolas, las tasas de inversión y en general

alargar los periodos entre intervenciones, para rebajar los niveles de riesgo. En todos los casos se garantiza la regeneración, la sanidad de la masa y la obtención de producciones compatibles con la conservación y mejora del paisaje y la biodiversidad de la flora y fauna locales.

Las directrices básicas de los sistemas selvícolas se asientan en aspectos relevantes de medio natural, las características culturales de la especie o especies principales y las condiciones sociales del lugar donde se aplican. Se tienen en cuenta: 1) Factores ecológicos-selvícolas; 2) Factores edafo-climáticos; 3) Factores económicos y tecnológicos del aprovechamiento; 4) Factores sociales tales como impactos en el paisaje, la fauna, el uso recreativo, etc., dependiendo de factores topográficos y micro ecológicos, los factores anteriores toman mayor o menor preponderancia, lo que obliga a introducir opciones de flexibilidad en los sistemas selvícolas y en la intensidad de su aplicación, para asegurar la optimización de las intervenciones.

A día de hoy, en toda Europa, existen conocimientos y experiencia que garantizan la aplicación de la selvicultura sin provocar menoscabo alguno en los ecosistemas forestales en los que pueda y deba ser aplicada. Los conocedores de esta ciencia tienen a su disposición conocimientos teóricos y prácticos suficientes como para no cometer errores importantes, y mucho menos aún irreversibles. Es verdad que no existen reglas dicotómicas sencillas que aseguren cuando SÍ y cuando NO puede aplicarse uno u otro tipo de selvicultura en los casos dudosos. Sí hay herramientas para que en función de las especies principales que pueblan el monte, las condiciones orográficas, edáfico-climáticas, la historia y la situación del monte respecto a grandes núcleos urbanos, etc., se pueda decidir qué tipo de selvicultura aplicar para satisfacer la mayoría de las necesidades que la sociedad demande en cada caso (selvicultura urbana, selvicultura más o menos intensiva, con predominio de aspectos paisajísticos, recreativos, producción de frutos, maderas, pastos, fauna salvaje, etc.) o incluso varios aspectos conjuntamente siempre que ellos resulten compatibles al realizar la matriz de usos del territorio en cuestión. La selvicultura puede responder a la mayoría de las demandas que la sociedad pueda exigirla, solo demandará disponer del tiempo necesario y de los costes que los cambios exijan.

La mayor dificultad suele presentarse en aspectos importantes que a veces pueden ser conflictivos por la ambigüedad de sus denominaciones: pasa eso frecuentemente con la definición de selvicultura intensiva o extensiva, o con la intensidad de los tratamientos selvícolas (peso y frecuencia de las intervenciones). Sucede esto último a pesar de que la regulación de la densidad de las masas forestales está muy estudiada y es conocida experimentalmente para las principales

especies forestales de nuestro país, por el hecho de que no es la misma para todas las especies. Eso causa que personas no expertas, que suelen medir la intensidad de la selvicultura solo por el aspecto visual que les provoca el peso aparente de la última corta realizada en un rodal, caigan en interpretaciones erróneas.

Por eso se dice en selvicultura que la densidad no solo es el cuánto se corta y extrae, sino la velocidad de intervención en el tiempo y el grado de artificialización de las intervenciones, que suele relacionarse con la cantidad de energía que entra o sale del ecosistema. Aquí tiene mucho sentido hablar de una selvicultura que aproveche las fuerzas de la naturaleza y se aproxime más o menos a los procesos que se dan de forma natural en el monte y cómo éstos se llevan a cabo en las distintas fases del desarrollo, generalmente por edades de los árboles, de tal manera que cuanto más parecidas sean las intervenciones selvícolas a los procesos naturales más extensiva o natural parecerá esa selvicultura. MARTÍNEZ DE PISÓN (1948) denominaba a esas cortas muy cuidadosas, poco intensas y frecuentes, “entresacas de peluquería”, y CIANCIO (1991) habla de la selvicultura de las tres ces (C.C.C.) refiriéndose a que las intervenciones han de ser cuidadosas, continuas y “*capillari*” (poco intensas y en pequeñas superficies), añadiendo: “*Es verdad que no es posible rechazar totalmente el realismo económico, principalmente porque permite observar el microcosmos forestal como realmente es, y no como a una parte de sociedad le gustaría que fuese*”.

Como antes se ha indicado, actualmente estos sistemas selvícolas, con sus peculiaridades, más o menos adaptados a las condiciones de cada monte, se han acreditado como sistemas sostenibles, y así lo confirman la experiencia de muchos años de aplicación y los organismos de Certificación Forestal hoy competentes (FSC y PEFC) cuando se solicita su certificación para garantizar la sostenibilidad de los mismos. A continuación, se presenta una somera descripción, de carácter general, de los principales sistemas selvícolas más aplicados a lo largo del tiempo en los montes españoles, siguiendo las denominaciones más comunes.

8.1. Selvicultura clásica o racionalista

El aprovechamiento tradicional de los montes ligado a la economía de las familias rurales, instituciones civiles y religiosas y grandes terratenientes, sin la aplicación de técnica forestal reglada, condujo en los siglos XVII a XVIII, en España y en toda Europa, a una situación de

empobrecimiento y degradación de los terrenos forestales, como consecuencia, casi siempre, de aprovechamientos abusivos y desordenados. Como respuesta a esta situación, la sociedad muestra su preocupación y demanda de los poderes públicos una mayor atención y control de los aprovechamientos de los montes, de tal forma que se frene su degradación y se incremente la producción de madera, resinas y pastos, etc., garantizando su aprovechamiento de manera regular y continua (aprovechamiento sostenible).

Como respuesta a esta necesidad aparece a finales del siglo XVIII en Centroeuropa, principalmente en Alemania, lo que actualmente conocemos como selvicultura productivista, intensiva, clásica o racionalista. Hija del racionalismo industrial, y con cierta inspiración en la técnica agronómica, fue descrita y desarrollada por Johann Heinrich Cotta, de la Escuela de Tharandt y Georg Ludwig Hartig, de la Escuela de Múnich. El objetivo era recuperar y densificar la cubierta arbórea, elevar su producción y ordenar su aprovechamiento. La regeneración se ponía como premisa fundamental para garantizar la persistencia y la producción futura de madera, partiendo del hecho de que la mera existencia de la masa garantiza el cumplimiento de sus múltiples funciones: protección del suelo; purificación del aire; generación de riqueza ambiental, etc. Para alcanzar estos objetivos se desarrollaron una serie de métodos selvícolas encaminados a obtener masas forestales puras con estructura regular y densidad normal, que se consideraba que eran las más productivas y fáciles de gestionar, es decir, un monte ideal para uno, óptimo para otros, en el que no se permitían anomalías ni irregularidades (CIANCIO, 1997). Lo heterogéneo se intenta convertir en homogéneo y el desorden en orden.

Esta intención (convertir lo heterogéneo en homogéneo y el desorden en orden) se convirtió en una “idea fuerza” que todo gestor procuraba poner en práctica. El objetivo resultaba relativamente sencillo de alcanzar en los montes del centro y norte de Europa, donde predominaban extensas masas forestales asentadas sobre grandes llanuras de relieve, clima y suelo homogéneos, y que a menudo también eran uniformes en cuanto a la calidad de estación o capacidad productiva, aunque es razonable suponer que esta última característica presenta, en general, una mayor variabilidad territorial. Estas condiciones, unidas a la facilidad de mecanización de las labores de corta, extracción de árboles y preparación del suelo para ayudar a la regeneración, permiten la aplicación de una selvicultura más intensiva, más homogénea a lo largo del espacio y más ordenada y parecida, en ese sentido, a la organización de los campos de producción agrícola. En esas mismas condiciones, pero en zonas con menor capacidad productiva, la selvicultura tiende a

ser más extensiva, recibe menos *input* del exterior en preparación del terreno, fertilización, ayuda a la regeneración, intensificación de los programas de claras y cualquiera otros tendentes a la homogenización de la masa o a la preservación del orden en la aplicación de la selvicultura.

En el caso concreto de España, la mayoría de los montes en los que la administración forestal intentó, de manera preconcebida, intensificar la selvicultura durante la década de 1961–70, eran montes de utilidad pública, protegidos por encontrarse situados en laderas con grandes pendientes, cabeceras de las cuencas hidrográficas y tratarse de tierras pobladas por especies forestales de interés y que no eran aptas para la agricultura por su baja fertilidad y dificultad para la mecanización de su laboreo, siquiera fuese de tracción animal. En estas condiciones orográficas, lo forestal que se salvó de las desamortizaciones a menudo quedó reducido a terrenos de montaña, con microtopografías muy variadas y alto riesgo de erosión.

Es evidente que, en estas condiciones de degradación ecológica y sobrepastoreo, en las que aún se percibían los efectos de la Mesta, resultaba inviable aplicar una selvicultura intensiva equiparable a la que se desarrollaba en el centro y norte de Europa. No hubo aplicación de selvicultura intensiva en España, porque casi nunca fue posible más que, de forma puntual, en algunas condiciones microtopográficas de los pinares de la sierra de Urbión-Demanda, Sistema Central y estribaciones del Sistema Ibérico en Montes Universales, siempre circunscritos a zonas fértiles más o menos llanas, productivas y susceptibles de ligera mecanización.

Nunca en estas condiciones se pudo hablar de transformación de lo complejo en simple, lo heterogéneo en homogéneo, el desorden en orden ni de convertir ecosistema forestal en un agrosistema, tal como afirman PUETTMANN *et al.* (2016) al referirse de forma genérica a la aplicación de la selvicultura racionalista en Europa, dejando la sensación de que toda la selvicultura aplicada desde finales del siglo XVIII y la que se sigue haciendo en la actualidad cumple con esas definiciones, y como consecuencia de ello, debe ser rechazada por productivista, simplificadora de la biodiversidad y empobrecedora de los sistemas forestales a los cuales, poco a poco y por la acción de su aplicación continúa, iría convirtiendo en agrosistemas (CIANCIO, 2014).

Este tipo de selvicultura es acusada de abusar de la previsibilidad, lo cual es muy comprensible, pues tener estimado de antemano, con muchas garantías de acierto y a través de modelos o tablas de producción, el volumen de la masa principal, el número de árboles por hectárea, el área basimétrica y otras variables de masa, para cada tramo o rodal en cualquier edad, constituye una

valiosa información para el selvicultor y garantiza la buena marcha de las intervenciones selvícolas que se van realizando a lo largo del turno, controlando las respuestas de la masa a los tratamientos, a través de las revisiones periódicas. Cuando las condiciones ecológicas o las características de la especie arbórea a aprovechar lo exigían, se aplicaban métodos selvícolas para obtener masas irregulares en el sentido selvícola, que aparentan mayor “naturalidad” que las masas regulares, pero en las cuales el número de árboles por clase diamétrica está perfectamente prefijado por la selvicultura y su orden y grado de intervención es igual o superior al que se alcanza en las masas regulares.

Los críticos de este tipo de selvicultura (CIANCIO, 1997 y PUETTMANN *et al.*, 2016) la acusan de pretender un dominio y control excesivo del hombre sobre el monte y defienden que el resultado final es un monte o bosque “construido” que aparentemente parece natural, pero que en la realidad está muy artificializado, porque, poco a poco, se va transformando el ecosistema forestal en un agrosistema. Estas afirmaciones son más intuitivas que racionales, pues de hecho el orden y el grado de artificialidad que se alcanzan en la realidad son mucho menores de los que se propone en su planteamiento teórico. En la práctica, pocas veces se cumplían los esquemas geométricos y rígidos que propugnaban los proyectos de ordenación, pudiéndose hablar, en muchos casos (al menos en la mayoría de los montes españoles) más que de un orden rígido de un *desorden controlado*, que suele ser lo más que se puede alcanzar. Por otra parte, y aunque intuitivamente parezca lo contrario, no está demostrado que un monte intervenido ordenadamente pierda gran parte de su funcionalidad biológica.

Sea como fuere, la selvicultura racionalista, también conocida como teoría del “realismo económico”, ha sido acusada de imponer el predominio de la economía sobre las exigencias ecológicas y selvícolas y ha generado, no sólo en los movimientos ecologistas, sino en numerosos intelectuales, líderes de opinión y buena parte de la sociedad urbana, la idea de que esta forma de tratamiento del monte alimenta procesos de degradación de su funcionalidad biológica, e infravalora la importancia de otros servicios que la sociedad exige del monte, frente a las producciones económicas directas. Los defensores de este método de gestión aseguraban y aseguran que *“cuando el bosque se encuentra gestionado de tal forma que se asegure el máximo económico en producción de madera, proporciona también a la colectividad el máximo de beneficios materiales, y otros servicios y utilidades, todo ello en armonía con un principio de orden universal según*

el cual, en el caso de la producción de bienes conjuntos, la cuestión que más debe preocupar al selvicultor es la de conservar en buen estado todas las demás funciones del monte” (PATRONE, 1972).

Esta afirmación no está confirmada por la experimentación de forma explícita para un grado de intervención más o menos intenso, pero existen las tablas de evolución de existencias de los montes públicos ordenados en España que ofrecen información numérica que apunta a que el principio de orden universal propuesto por Patrone podría cumplirse al menos en ciertos aspectos y variables que pueden ser interpretados como mejoradoras del ecosistema. Si, como aceptan CHAPIN *et al.* (2000), HUSTON *et al.* (2000), TILMAN *et al.* (2002) y otros citados por PUETTMANN *et al.* (2016), se acepta que existe una relación directa entre el mantenimiento de cierta heterogeneidad y diversidad de estructuras composición y funciones del ecosistema y el mantenimiento de su productividad a largo plazo, entonces los ejemplos conocidos de mantenimiento y crecimiento de la productividad, podrían indicar también que la estructura y la diversidad que el monte ha tenido durante los últimos 100–120 años han sido adecuadas.

En cualquier caso, corresponde a la selvicultura y no a la economía estimar la cantidad y tipo de productos que pueden extraerse del monte sin menoscabo del ecosistema forestal; no hacerlo así conduce a la aplicación de tratamientos selvícolas interesados cuyos resultados futuros pueden ser comprometidos. No se puede considerar al monte como objeto de la selvicultura, sino como sujeto de ésta, es decir, son las características ecológicas y de la especie las que indican qué tratamientos selvícolas pueden y deben aplicarse y no las exigencias económicas externas.

8.2. Selvicultura naturalista, natural o próxima a la naturaleza

A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, y basándose en algunos fracasos de la denominada selvicultura racionalista y en la creciente preocupación por los aspectos ecológicos y biológicos del monte, fue configurándose en algunos gestores la idea de una selvicultura con mayor base ecológica. Esta selvicultura debía prestar más atención a los criterios científicos extraídos del campo de las ciencias naturales para conceder mayor importancia a todo el complejo de factores ambientales que influyen y condicionan la aplicación de los métodos selvícolas, tales como

la diversidad biológica y sobre todo la diversidad estructural de la masa. Se preconizaban las ventajas de las masas irregulares sobre las coetáneas, de las masas mixtas sobre las puras y de la regeneración natural sobre la artificial.

La idea de esta selvicultura, que ahora se conoce como selvicultura naturalista, se sintetizaba con frases como “*imitar a la naturaleza*” (PARADE, 1883) o “*regresemos a la naturaleza*” (GAYER, 1880), y afirmaba que esta selvicultura debía de basarse en “*la armonía entre las fuerzas de la naturaleza y el aprovechamiento de las producciones forestales*”, sin alterar peligrosamente los equilibrios originales. Los defensores de esta teoría aseguran que este tipo de selvicultura rebaja los costes de gestión, porque aprovecha al máximo las fuerzas de la naturaleza. Este tipo de selvicultura defiende la producción en calidad y cantidad como uno de sus principales objetivos, y precisa de una gestión más cuidadosa, y como consecuencia, más personal técnico muy especializado y conocedor de las condiciones de cada monte. El qué hacer en cada rodal no es necesario que esté escrito, ni siquiera indicado, en los planes periódicos o anuales de la ordenación, que no son imprescindibles, “todo está en la cabeza del técnico gestor”. Los conocimientos del técnico sustituyen a las indicaciones de la selvicultura y la ordenación, lo cual, en ocasiones, puede generar dificultades para decidir, dónde, cuándo y cuánto se debe intervenir, cuándo hacerlo y cuánto extraer en cada rodal, sin peligro de que se puedan producir desequilibrios en el conjunto del monte.

El debate entre los defensores de este sistema y los del conocido como selvicultura racional se ha prolongado durante todo el siglo XX y el actual. Predomina la aplicación de la selvicultura clásica o racionalista en montes de clara vocación productiva, y la selvicultura naturalista en aquellas masas con una mayor función protectora, paisajística y biológica, pero siempre procurando alcanzar la estructura de masa irregular. Esta última es la selvicultura típica en los cuarteles correspondientes a las zonas con fuertes pendientes y peligro de erosión, denominados como cuarteles protectores o de entresaca, que no se ajusta a la selvicultura naturalista pero es la que más se le parece. Frecuentemente, y por falta de conocimiento sobre la dinámica y funcionamiento del monte y de los métodos selvícolas, el debate ha superado los límites técnico-científicos y se ha convertido en un debate ideológico, en el que no se argumenta y a veces no se respetan las ideas expuestas. Los prejuicios científicos y culturales parece que se han convertido en ideología (CIANCIO, 1997).

Pese a las profundas discrepancias, en la mayoría de los casos se ha procurado obtener una combinación equilibrada de las diversas funciones que el monte puede ofrecer a la sociedad. La prioridad que el plan de ordenación otorgue a cada una de las funciones determina el tipo de silvicultura a aplicar –siempre dentro de un enfoque ecológicamente compatible con las condiciones del lugar y nunca impuesto de forma externa–, pudiendo en un mismo monte coexistir métodos silvícolas más o menos cercanos a las distintas tendencias, sin que sea posible establecer, desde una perspectiva científico-técnica, cuál de ellos resulta más adecuado de manera general.. Lo importante es que no se produzcan desequilibrios irreversibles a corto y medio plazo y que las producciones de todo tipo no se vean amenazadas.

Esta tendencia actualmente se conoce como silvicultura próxima a la naturaleza, aunque el concepto no se ha definido con precisión. Se trata más bien de una idea general que defiende la supremacía de las masas irregulares frente a las regulares y las mixtas frente a las puras o monoespecíficas. La regeneración se debe producir de forma continua y por corta de árboles individuales y no por superficies de regeneración. En ocasiones no se fija el diámetro de cortabilidad, se corta cada árbol cuando se considera que ofrece mayor rendimiento comercial. No existe, o puede no existir, una planificación previa que obligue u oriente al silvicultor a repartir las cortas en el espacio y menos aún en el tiempo. La opinión del silvicultor prevalece sobre lo planificado, que no existe. Se trata de una forma liberal de concebir la silvicultura basada en el principio de libre régimen de cortas (SCHÜTZ, 1997a). Este mismo autor la distingue del concepto más rígido que preconizaba MÖLLER (1922), que mantiene la práctica silvícola dentro de un plan de ordenación del monte.

En Suiza comenzó a desarrollarse a partir de las teorías de BOLLÉY (1897), y MÖLLER (1922), considerados como los grandes impulsores de las masas irregulares tratadas por entresaca. Leibundgut en 1949 declara a la silvicultura próxima a la naturaleza, como “principio de gestión silvícola” y defiende que de esta manera se libera a la gestión forestal de las “limitaciones centralizadoras”, especialmente de la ordenación forestal y por otra se subordina la técnica silvícola a los principios superiores de la gestión multifuncional.

Para poder aplicar con éxito este sistema de silvicultura es necesario conocer muy bien la evolución y regulación de las masas forestales a las que se va a aplicar. LEIBUNDGUT (1960) puso en marcha una red de parcelas de masas de reserva forestales integrales para conocer, a través de

ellas la evolución de las mismas sobre el terreno, y así poder imitar su comportamiento con la llamada selvicultura naturalista, de las cuales según SCHÜTZ (1997a) existían cuarenta reservas a esta fecha.

8.3. *Selvicultura sistémica*

Tradicionalmente se ha definido la selvicultura como la técnica o la ciencia que se ocupa del cultivo del monte, entendido en el sentido de manejo masivo de las comunidades vegetales, preferentemente arbóreas, en la que los individuos tienen alguna relación de interdependencia, es decir, forman masa, y no en el sentido de cultivo de árboles aislados como la arboricultura. La selvicultura, desde su origen, está pensada para ser aplicada a masas forestales, no a árboles individuales. El concepto de técnica masiva ha permanecido en todas las tendencias selvícolas que han ido apareciendo (incluida la selvicultura naturalista, aunque no lo incorpore explícitamente en sus definiciones), desarrollándose y conviviendo a lo largo de casi dos siglos en la cultura forestal europea, lo que demuestra que el concepto de sistema está reconocido explícitamente por todas las tendencias de la selvicultura desde sus orígenes (MONTERO y CAÑELLAS, 1998).

En los últimos 30–40 años, se ha extendido la idea de gestionar los montes como los sistemas complejos adaptativos que son, aplicando sistemas selvícolas más complejos o “selvicultura de la complejidad”, como ahora comienza a denominarse. La complejidad es la cualidad de lo que está compuesto por diversos elementos que forman un conjunto intrincado y difícil de comprender y de desagregar sus componentes, y su definición tiene importantes sesgos diferenciadores según el campo de su aplicación (física, matemáticas, economía, fisiología, biología, etc.). La teoría de la complejidad, poco aplicada en ecología, busca integrar los extremos de la realidad en un contexto intermedio para afrontar la incertidumbre. Los sistemas forestales, a escala de monte y rodal, constituyen sistemas complejos compuestos de partes interrelacionadas, que conjuntamente exhiben propiedades y comportamientos no evidentes ni propios de las partes individuales, que emergen, como nuevos, a partir de las interacciones que se producen entre los diversos elementos del sistema complejo. El problema estriba en que el comportamiento científico de estas interacciones está poco estudiado (PUETTMANN *et al.*, 2016), y además su estudio se aborda casi siempre al margen de la selvicultura, con lo cual no se puede llegar a conocer bien cómo afecta la aplicación de tratamientos selvícolas de diferente intensidad al reforzamiento o degradación de las interacciones entre elementos del sistema.

La selvicultura es una ciencia experimental que, para ser aplicada sin riesgos, necesita certezas experimentales concretas que el conocimiento actual de la estructura y funcionamiento de los sistemas ecológicos casi nunca está en disposición de poder ofrecer con datos o conocimientos contrastados. Existe información, no completa, de cada uno de los elementos (suelo, nutrientes, ciclos del C, N, descomposición de la materia orgánica, capacidad de retención de agua, etc.) y se conoce muy poco sobre la microfauna y su importancia en los elementos o procesos anteriores, pero desconocemos casi todo sobre la forma en que interactúan y hacen evolucionar el sistema, ya que hay mucha información oculta en esas interacciones. El pensamiento sistémico busca comprender el funcionamiento de los ecosistemas y abordar los problemas derivados de sus propiedades, así como identificar indicadores que reflejen su evolución o degradación. Esta información, cuantificada en función del tipo de selvicultura aplicada, resulta esencial para afrontar el dilema de si gestionar o no los sistemas forestales, y en caso afirmativo, determinar con qué grado de intensidad hacerlo.

Naturalmente, la consideración del monte como sistema complejo adaptativo requiere un replanteamiento de las bases de la selvicultura, pero ese planteamiento necesita de información cuantificada y contrastada que pocas veces está disponible, y por falta de ella, la selvicultura sistémica no ha llegado a establecerse en la práctica de manera generalizada. A diferencia de la selvicultura racionalista o de la naturalista que hemos comentado anteriormente, la selvicultura de la complejidad o sistémica no cuenta con herramientas precisas y contrastadas por la experiencia que permitan afirmar que con la aplicación de tal o cual método de corta y regeneración aplicados con mayor o menor intensidad, se pueda garantizar que no se produce empobrecimiento ecológico. La experiencia empírica de observación sobre el terreno, a lo largo de periodos de más de 100 años, no ofrece sintomatología aparente de que, incluso con una selvicultura relativamente intensiva, se produzca empobrecimiento ecológico.

Es evidente que el objetivo es lo que podríamos llamar el cultivo o gestión del ecosistema, tratando de optimizar todas las producciones y servicios ecosistémicos del monte. Es decir, se trataría de un cultivo o cultura del ecosistema, lo que ALLUÉ (1987) denominó ecocultura, y TERRADAS (2001) califica de ingeniería ecológica. Esta forma de entender la selvicultura obliga a redefinir la posición de la selvicultura frente al monte y a la sociedad. Como dice CIANCIO (1997): *“vivimos en un mundo en el que la cultura tradicional convive con la de la innovación y el cambio. Por un lado, nos identificamos con la novedad y miramos hacia el futuro y por*

otro permanecemos con la mirada vuelta hacia el pasado, a nuestro origen rural y natural con el cual compartimos fuertes lazos”. En estas condiciones se presenta un dilema: o aprovechar conservando; o no gestionar ni aprovechar los montes. La sociedad demanda hoy el derecho de tutela sobre la gestión forestal con ideas no siempre ajustadas a los postulados que la selvicultura recomienda, y se entra así en un conflicto en el que podríamos decir que la ciencia y la técnica selvícola presentan razones para gestionar y la sociedad tiene el derecho de controlar el uso y aprovechamiento que quiere hacer de los terrenos forestales que son y considera como bienes públicos, cuya conservación y funciones biológicas y ecológicas convienen a la sociedad.

La cuestión, cuando se presenta en estos términos, es así de general y de profunda, y crea, como antes se indicó, un dilema que seguramente no puede resolverse, solamente, con razones de ciencia y técnica forestales. La importancia de este asunto necesita buscar soluciones aproximativas, que a la luz de los conocimientos científicos actuales alumbren soluciones que, incluyendo todos los principios de precaución, permitan el aprovechamiento sostenible de los montes.

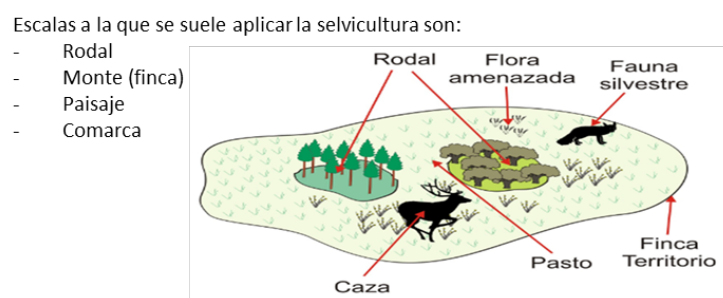
8.4. Selvicultura multifuncional

En la década de 1940–50 se anunció la teoría de la multifuncionalidad del monte, y en la década de 1960–70 se impuso el concepto en numerosos planes de ordenación, con especial énfasis en el uso recreativo y paisajístico, aunque la idea estaba en la selvicultura desde su principio. La prioridad del uso recreativo ha tomado mucha más importancia en la selvicultura a partir del aumento de la presión ejercida por sociedad industrial-urbana, que tiene la necesidad de utilizar los espacios naturales como áreas de recreo donde desarrollar actividades deportivas, senderismo, juegos al aire libre, contemplación del paisaje, etc., y que considera los valores estéticos como uno de los productos básicos del bosque. Por consiguiente, esta presión era y es mayor en las proximidades de las grandes ciudades, a lo largo de los ríos de montaña y en las zonas con especiales características ecológicas, paisajísticas o culturales.

El concepto fue evolucionando y pronto se comenzó a hablar de selvicultura multifuncional en un sentido más amplio. Si aceptamos que los montes producen diversos bienes y servicios ecosistémicos conjuntamente, inmediatamente surge la idea de que esa capacidad multifuncional debe encontrar un sistema selvícola también multifuncional que dé respuesta a cada una de las producciones.

En principio se afirmaba por los gestores forestales partidarios de la multifuncionalidad del monte que esta forma de proceder podía ofrecer una variada gama de productos, que la sociedad demandaba, sin que se produjese una disminución en la producción de madera, leña y otras producciones directas y comerciales. Pronto se vio que esta afirmación no siempre se cumplía y que, en el juego de equilibrio conjunto de las diversas producciones comerciales y no comercializables del monte, la prioridad de algunas de ellas podía influir negativamente en la producción y en los costes de explotación de alguna de las otras. En cambio, sí se han extendido los modelos de gestión multifuncional que tienen en cuenta varios aspectos productivos, tales como madera y frutos, prevención de incendios, bioenergética, que se están aplicando, frecuentemente en los Instrumentos de Ordenación Forestal (IOF) de montes privados de Cataluña (BAIGES *et al.*, 2017). Lo que denominamos sistema selvícola multifuncional hace referencia a que se debe hacer silvicultura para aprovechar todos los beneficios que el monte pueda proporcionar a la sociedad, pero es obvio que las intervenciones selvícolas necesarias para asegurar el cumplimiento de esos objetivos hay que buscarlas entre los tratamientos existentes y conocidos por su eficiencia para lograr a cada uno de ellas. El nombre hace mención a que el selvicultor debe esforzarse en gestionar el monte de la manera más completa e integral, no aplicando la silvicultura solo a la producción de madera de los rodales arbóreos, sino también a otros aspectos como la fauna salvaje, ganado doméstico, los matorrales, el uso recreativo y paisajístico u otros, que en los montes mediterráneos suelen ser muy demandados por su interés económico y ecológico (Figura 8.1).

Figura 8.1: Diagrama indicativo del uso múltiple del monte.



Los selvicultores más proclives a la aplicación de la silvicultura sistémica defienden que es ésta la verdadera silvicultura multifuncional, pues se propone optimizar y mantener todas las funciones del ecosistema aprovechando, de manera activa o pasiva, todos aquellos valores que el monte ofrece a la sociedad, sin menoscabo de ninguno de ellos provocado por el aprovechamiento de otro.

8.5. *Selvicultura adaptativa*

Los bosques o ecosistemas naturales o naturalizados están adaptados al medio en que viven, aunque constantemente están readaptándose para reequilibrarse con los factores del medio (en especial los climáticos que varían muy frecuentemente), a través de los mecanismos de autorregulación de los ecosistemas que les permiten mantenerse en estado estable. Mientras los factores que regulan el equilibrio no sufran cambios importantes, el ecosistema forestal permanecerá en equilibrio manteniendo su estructura, funcionamiento y vitalidad.

Basándose en este principio, el estudio de la autoecología de las especies forestales permite conocer, con cierta precisión, las variaciones de los valores de los factores de la estación dentro de los que pueden vivir las principales especies forestales, sin que se vean afectadas significativamente. Esta capacidad para poder vivir con normalidad en una estación donde varían los factores climáticos, edáficos, y en cierta medida también los fisiográficos y biológicos, aun sin salirse de los límites que cada especie exige (sus “caracteres culturales”), se conoce como plasticidad ecológica.

La selvicultura aplicada tiene que tener en cuenta las coincidencias y las disparidades entre los factores que ofrece ese medio y las necesidades de esos factores que demanda cada especie. Cuando las coincidencias son altas se dice que la especie vive dentro de su área óptima de habitación y cuando están muy separadas indican que la especie vive en un área marginal de su hábitat, es decir, la selvicultura aplicada a una misma especie será diferente cuando ésta se encuentra en su optimum ecológico o en un área marginal.

Así las cosas, en nuestro país y de forma relativamente sencilla, al menos para los Ingenieros de Montes, se puede conocer y se conoce casi siempre lo alejados o lo próximos que están los requisitos medios de las especies y los valores medios de esos mismos factores en el territorio en que viven. Mediante el conocimiento de lo bien o lo mal que se ajustan las necesidades de la especie a ese territorio, se puede conocer si la especie está en una clase de productividad óptima, alta, media o baja, lo cual indica el tipo de selvicultura que puede y debe aplicarse en cada caso. O dicho de otra forma, los objetivos de la selvicultura para una misma especie serán diferentes dependiendo de las condiciones ecológicas en las que viva, además de los condicionantes que

marquen otro tipo de aspectos como los socioeconómicos, sociales, culturales, etc. Es decir, la silvicultura debe adaptarse primero a la especie en el medio en que vive, y después, si es posible, responder a las demandas sociales.

Si por un desajuste entre las condiciones del medio y las especies, o por un mal pronóstico en el engarce entre las necesidades de las especies y las condiciones del medio cuando se decidió el tratamiento silvícola, se aprecia que los objetivos planteados no se cumplen en aspectos como la regeneración natural, o que los tipos, intensidad y frecuencia de las cortas no han logrado los objetivos previstos durante el periodo pasado y puesto de manifiesto en los datos ofrecidos por la última Revisión de la Ordenación, el silvicultor debe plantearse cambios en los tratamientos silvícolas o en su intensidad y/o forma de aplicarlos, para adaptar la silvicultura a las necesidades de las especie o especies en ese monte concreto, de acuerdo con la realidad de lo experimentado en el periodo anterior.

Desde su inicio la silvicultura se une a un proyecto de ordenación, que es en realidad el que marca y programa las diversas intervenciones silvícolas a lo largo del tiempo y el espacio dentro de un monte ordenado. Los resultados obtenidos se analizan periódicamente (revisión periódica), por medio del inventario general y de las observaciones hechas sobre el terreno de los resultados obtenidos y su comparación con los propuestos o esperados, lo cual pone de manifiesto que la silvicultura ya nació como *ciencia adaptativa* con el propósito de ser *revisada o readaptada* periódicamente. En estos casos siempre se aceptaba que el monte estaba en el mayor grado de equilibrio ecológico que había logrado alcanzar hasta ese momento y se trataba de *adaptar la silvicultura al monte*, acompañando a su evolución, lo que ahora se conoce como adaptación pasiva.

Cuando los cambios de los factores del medio son muy fuertes, es probable que se deba modificar la silvicultura que se venía aplicando para poder cumplir sus funciones y objetivos: es el caso del cambio climático actual, o de las fuertes deposiciones de lluvia ácida que recorrieron Centroeuropa hace algún tiempo. Pero no suele ser suficiente con intentar adaptar la silvicultura a las variaciones del medio, porque éstas no suelen conocerse con precisión ni cuándo pueden variar, y en consecuencia, tampoco sabemos cuánto hay que cambiar ahora, y cuánto habrá que cambiar en el futuro. En estos casos se están aplicando técnicas silvícolas específicas para intentar *adaptar* la supervivencia de las especies a los cambios bruscos del clima, mediante intervenciones silvícolas como clareos y claras u otras cortas que disminuyan la densidad o espesura de la masa,

para que los árboles que quedan puedan obtener un mayor suministro de agua y seguir creciendo con relativa normalidad, o incluso cambiar de especies mediante introducción de otras o de otros ecotipos o procedencias que se consideren mejor adaptados a las condiciones actuales de un monte concreto. Esto se conoce como *adaptación activa* de la silvicultura, aunque más podría considerarse como el uso de algunas técnicas selvícolas para ayudar a la aclimatación de las especies a ese nuevo medio sobrevenido.

Actualmente hay mucha preocupación por encontrar formas de remediar los efectos del cambio climático mediante la aplicación de silvicultura adaptativa, porque realmente en algunos lugares, como los ecotonos entre fitoclimas, se están produciendo cambios tan importantes que parecen amenazar con la desaparición o la disminución muy importante de algunas especies. Naturalmente, siempre que sea posible, debe explorarse la adaptación de la silvicultura al cambio climático. Sin embargo, cuando dicha adaptación resulte difícil o inviable –ya sea por alteraciones climáticas u otros factores que comprometan la supervivencia de la especie principal– será necesario considerar la aclimatación o la introducción de nuevas especies, ecotipos o procedencias que estén adaptadas, o puedan adaptarse, a las condiciones específicas de las zonas donde la intervención resulte imprescindible.

En España existen numerosos trabajos de investigación y experimentación, así como observaciones directas en montes, que ofrecen una buena colección de casos reales y descripciones de actuaciones concretas, muchos de ellos publicados en los Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, en las actas de los Congresos Forestales Españoles y en las revistas forestales. Otra forma de adaptación de la silvicultura es la que tiene en cuenta qué tratamiento es más conveniente para cada zona o rodal, no solo por sus características ecológico-selvícolas, sino por su situación dentro del monte o respecto de las fincas colindantes y en función de las características y los usos de éstas, que aconsejan muchas veces aplicar intervenciones selvícolas más apropiadas a cada caso concreto: en el caso de la Figura 8.2, aun siendo el mismo monte que la figura anterior (8.1), la consideración de los usos de las fincas colindantes puede exigir precauciones adicionales.

Figura 8.2: Ejemplo de monte que por las características de sus colindantes puede hacer necesario adaptar o readaptar algunos tratamientos por precauciones. Las zonas colindantes con un humedal o con un camping pueden requerir actuaciones diferentes.



8.6. *Selvicultura de la madurez, de la conservación y otras*

Las demandas de nuevos sistemas de selvicultura están llevando a los gestores forestales a buscar nuevas maneras de tratar los montes, buscando variaciones sobre conceptos ya más o menos conocidos, pero intentando reforzar algunos aspectos puntuales con el empleo de nuevas denominaciones y readaptaciones que puedan corregir, al menos en parte, las deficiencias que con más o menos fundamentos una parte de la sociedad critica. Me refiero a lo que empieza a llamarse selvicultura de la madurez, selvicultura de la conservación, etc., que pueden ser opciones validas si acaban integrándose en un sistema selvícola planificado.

9. Algunos criterios para la valoración de los sistemas selvícolas

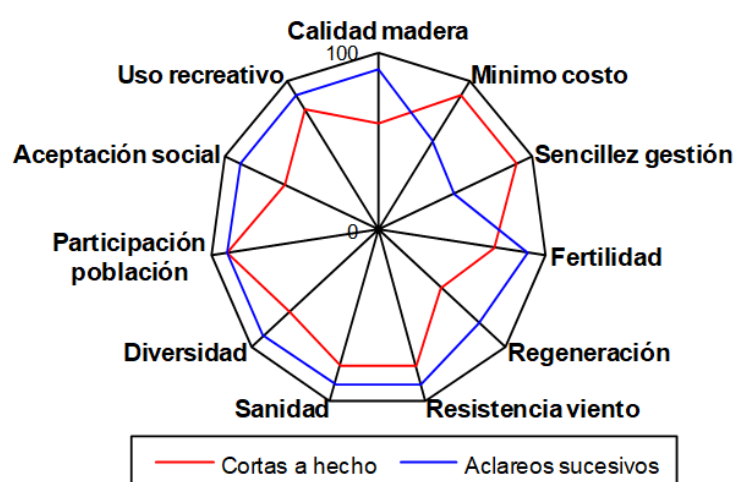
Por definición, los diferentes tratamientos que conforman cada sistema son distintos entre sí en todo o en parte, y se conoce su eficiencia sólo en algunos casos. Por ejemplo, se sabe que las cortas a hecho necesitan menos personal técnico y tienen menores costes de gestión que las cortas por entresaca, pero producen un mayor impacto paisajístico. Como ya se ha indicado, la elección de unos u otros tratamientos requiere un buen conocimiento del monte y de sus aspectos ecológicos, económicos y sociales. Por lo tanto, un sistema selvícola, antes de ser implantado para gestionar un monte, deberá ser evaluado no solo en sus aspectos selvícolas, sino también en los económicos, ambientales y sociales. La selvicultura es una ciencia de objetivos y cada uno de ellos debe estar bien evaluado, comparado con otros posibles y priorizado entre ellos, mediante la matriz de usos del monte. A continuación, se exponen los componentes, según los diferentes factores que aparecen en la matriz.

9.1. Valoración selvícola

- 1) Asegurarse de que las intervenciones que se proponen son viables técnicamente, si actualmente se dispone de medios y conocimientos técnicos para su realización. Nos referimos a: sistemas de implantación; adecuación de las intervenciones selvícolas y formas de realizarlas según la especie; objetivos y condiciones ecológicas; sistema de aprovechamiento; vías de saca, etc.
- 2) Elección del momento de la intervención y número de intervenciones durante el turno. Programas de claras, tipo de cortas de regeneración.
- 3) Tipo de productos que se pretende obtener y su valoración comercial.
- 4) Valoración del modelo selvícola desde el punto de vista de sus implicaciones ecológicas (biodiversidad, fauna y flora silvestre, fijación de CO₂, etc.)
- 5) Valoración del modelo selvícola frente a incendios (combustibilidad antes y después de la intervención, escenarios de futuro).
- 6) Implicaciones paisajísticas que puede suponer la aplicación del modelo selvícola elegido.
- 7) Posibilidades de mejora del uso recreativo, senderismo y otras prácticas deportivas en la naturaleza.

Una forma sencilla de ver y entender cuánto se ajustan los tratamientos selvícolas a los factores ecológicos, económicos sociales, aparte de los certificados de gestión sostenible expedidos por los organismos especializados (PEFC y FSC), y siempre que se tenga una buena información sobre cómo responde el monte a los tratamientos que se están aplicando, son los conocidos gráficos de sostenibilidad de la gestión forestal que deben ser tan completos como se pueda, dependiendo de la información que se tenga. El ejemplo de gráfico tipo ameba representa, de forma estimada (no con resultados reales y métricos) los efectos que tienen sobre 11 aspectos o cuestiones relacionadas con la gestión del monte la aplicación de cortas a hecho frente a las cortas por aclareos sucesivos. El número de variables a comparar y cuáles se elijan, dependerá de la información que se tenga de cada monte (Figura 9.1).

Figura 9.1: Comparación estimada (no métrica) de dos sistemas selvícolas, con respecto a 11 aspectos.



9.2. Valoración económica

Se estudia el comportamiento económico del modelo a lo largo de todo el turno o ciclo productivo, no solo el de una intervención aislada en un momento dado (clareos, claras, desbroces, etc.). Analiza si la inversión es rentable en términos de rentas del capital y del trabajo, rentas ambientales y rentas sociales.

9.3. *Valoración ambiental*

Es difícil cuantificar el valor ambiental de un modelo selvícola, que debe hacer referencia al menos a los siguientes aspectos:

- 1) Valoración ecológica y de su funcionalidad biológica en el ecosistema forestal.
- 2) Influencia de la protección del suelo frente a la erosión.
- 3) Influencia sobre la flora y fauna silvestre.
- 4) Valoración del paisaje que ofrece el monte después de su aplicación.
- 5) Valoración de su influencia en el uso recreativo.
- 6) Valoración de su eficacia en la gestión y optimización del carbono en el monte.

9.4. *Valoración social*

La gestión de los montes es una cuestión que interesa, cada vez más, a la sociedad en su conjunto: tanto a la población rural, que vive cerca de los montes, trabaja en ellos, los cuida e intenta obtener algunos beneficios a través de sus productos, como la madera, la caza, o el pastoreo de sus pequeños rebaños de ganadería extensiva, como a la sociedad urbana, que cada vez se concientiza más de la importancia de los montes para regulación del clima, la recarga de los acuíferos, la purificación del aire, el recreo y los deportes al aire libre, el paisaje, etc. En consecuencia, cada grupo intenta imponer sus intereses en lo que considera la mejor forma de gestión forestal para conseguirlos.

10. Aplicación de la selvicultura en España

Como venimos indicando a lo largo de este texto, en los montes españoles se ha aplicado selvicultura de forma constante y reglada desde hace más de 130 años. Por razones poco reconocidas, ni explicadas por las Administraciones Forestales de las Comunidades Autónomas, todo parece indicar que la aplicación de la selvicultura ha ido disminuyendo progresivamente a lo largo de

los últimos 30–40 años. No obstante, es también cierto que los tratamientos selvícolas básicos han permanecido bastante estables, y que han aparecido nuevas adaptaciones a casos particulares concretos, para tratar de solucionar nuevos problemas planteados por la escasez de mano de obra rural cualificada y por la necesidad de adoptar nuevas tecnologías para los aprovechamientos que hagan compatible su economía con la regeneración, lo más natural que sea posible, en las fases de cortas de regeneración.

La selvicultura, hasta ahora, ha demostrado que es una ciencia o una técnica ecológica capaz de garantizar el aprovechamiento sostenible de los montes, pero es necesario que se cumplan determinadas exigencias, bien conocidas, para poder seguir afirmándolo. Con frecuencia se oyen propuestas acerca de que la selvicultura tiene que seguir ofreciendo la tecnología necesaria para realizar los aprovechamientos a costes compatibles con la economía. La respuesta tendrá que venir de la investigación selvícola y de la implantación de nuevas tecnologías relacionadas con la inventariación y el control (como análisis de imágenes por dron, sensores remotos para detección de problemas, etc.) pero siempre buscando el acuerdo y consentimiento de la naturaleza. La selvicultura siempre se sitúa en el delicado engarce entre la economía y la ecología. Otros piensan que todo en esta sociedad se adapta a las exigencias económicas, y las técnicas de aprovechamientos de los montes no pueden ser menos, lo cual puede estar produciendo un cierto cansancio de esas formas de uso y aprovechamiento de los montes, a las que se acusa de no dar respuesta a las necesidades económicas actuales. Por otra parte, esa disminución de las actividades selvícolas referidas es mayor en los montes públicos, propiedad de los municipios y del Estado, donde los problemas de costes suelen tener menos importancia. En los montes privados, salvo en los poblados por especies de crecimiento rápido, la selvicultura siempre se ha aplicado de forma eventual y poco reglada, sin duda debido a su situación en zona con menores necesidades de protección de los suelos, nieve, derribos por vientos, desprendimientos, avenidas, etc.

Volviendo al análisis de la selvicultura que se ha venido haciendo en los montes españoles desde finales del siglo XIX, hemos seleccionado seis montes importantes y bien conocidos por su gran extensión superficial y por las características de las especies principales que los pueblan. Naturalmente podríamos haber elegido otros, de similares características y representatividad poblados por *Pinus pinea*, *P. halepensis*, *P. uncinata*, *Abies alba*, *Quercus petraea* o *Q. robur* y otros,

en los cuales podríamos haber encontrado ejemplos similares a los seis montes seleccionados, que se enumeran a continuación, y que ofrecen información de más de 100 años de selvicultura, por lo que los consideramos una muestra representativa:

1. Monte: Pinar Navafría (Segovia). Especie principal: *Pinus sylvestris*.
2. Monte: Pinar de Valsaín (Segovia). Especie principal: *Pinus sylvestris*.
3. Monte: Los Palancares y Agregados (Cuenca). Especie principal: *Pinus nigra*.
4. Monte: Aralar (Navarra). Especie principal: *Fagus sylvatica*.
5. Montes: El Robledal y La Sauceda (Málaga). Especie principal: *Quercus suber*.
6. Monte Común Grande de las Pegueras (Segovia). Especie principal: *Pinus pinaster*.

Los resultados están reflejados en las tablas correspondientes, que presentan la evolución de las existencias acumuladas en el monte —es decir, la biomasa forestal (principalmente madera), el número de árboles, los crecimientos y las extracciones—, comparada con la “posibilidad”, esto es, la cantidad de madera que debería o podría extraerse en cada uno de los periodos de revisión del plan de ordenación (generalmente de diez años), extracción debe ser igual o inferior al crecimiento anual, para evitar la descapitalización del monte. Estas informaciones ofrecen un balance muy positivo en todos los casos, tanto en aquellos montes donde la selvicultura ha sido más intensiva, coincidente con lo que antes hemos denominado selvicultura clásica o racionalista, como puede ser el caso del Pinar de Navafría en Segovia (Tabla 10.1) o el monte “Los Palancares y Agregados” de Cuenca (Tabla 10.3), como en los que se ha aplicado una selvicultura más extensiva, caso de los montes Pinar de Valsaín de Segovia (Tabla 10.2) y Aralar de Navarra (Tabla 10.4).

En todos los casos los resultados son espectaculares, y similares a los que se pueden encontrar en otros trabajos que analizan la evolución de los montes españoles en los que se ha aplicado la selvicultura y la ordenación durante largos periodos (MONTERO *et al.*, 1991; ROJO y MANUEL, 1992; HERNÁNDEZ DE ROJAS y MONTERO, 1993), de tal forma que los datos expuestos en las tablas de cada monte, con todas las imprecisiones que puedan tener, pueden considerarse significativos y representativos de la práctica selvícola aplicada en España durante los últimos 130 años, y podrían considerarse como una buena demostración de que la selvicultura permite “aprovechar conservando”.

Tabla 10.1: Evolución del número de pies, existencias, posibilidad y aprovechamientos en el Monte “Pinar de Navafría” (Segovia). Especie: *Pinus sylvestris* (2.760 ha. total, 2.505 ha. pobladas).

Proyecto	Periodo vigencia	Número de pies		Existencias m ³ c.c.	Posibilidad del periodo de vigencia m ³ c.c.	Cortado en periodo m ³ c.c.
		Nº de árboles 10-20 cm Ø	Nº de árboles > 20 cm Ø			
Ordenación	1896-1905	-	476.825	258.421	45.527	45.596
1ª Revisión	1907-16	-	579.266	290.201	46.755	46.856
2ª Revisión	1918-27	-	559.469	298.672	53.031	53.166
3ª Revisión	1928-37	-	619.251	311.670	58.750	58.760
4ª Revisión	1938-47	-	707.100	354.528	65.749	73.416
5ª Revisión	1948-57	478.386	664.254	377.058	71.418	70.969
6ª Revisión	1958-67	476.080	718.412	449.540	90.092	109.008
7ª Revisión	1968-77	606.513	722.676	494.736	112.928	111.859
8ª Revisión	1979-88	774.134	736.532	508.057	115.541	110.655
9ª Revisión	1989-98	925.109	743.752	515.140	135.183	-
T O T A L					659.791 (1)	680.285

(1) No se incluye la posibilidad del último decenio a efectos de comparación con el total cortado.

Pinar de Navafría (Tabla 10.1): En los 100 años transcurridos, la regeneración de pies menores inventariados a partir de 1948 se ha duplicado, pasando de 478.386 pies a 925.109, en 1989, lo que indica que el monte se regeneró a buen ritmo. El número de pies mayores de 20 cm de diámetro se ha multiplicado por 1,6, pasando de 478.825 a 743.140 en los 100 años de aplicación de la silvicultura. Las existencias expresadas en m³ c.c. de madera acumulada se han duplicado, pasando de 258.421 a 515.140 m³ c.c. Estos incrementos se producen después de haber extraído 680.285 m³ c.c. entre 1886 y 1989, lo que significa que se ha aprovechado una cantidad equivalente a 2,6 veces la cantidad que había acumulada al inicio. Otro dato que indica el grado de cumplimiento de lo planificado y la intensidad de la silvicultura aplicada es que se ha cortado, casi exactamente, lo propuesto en la posibilidad de los planes decenales.

Pinar de Valsaín (Tabla 10.2): Las existencias (en 1990) se mantenían sensiblemente iguales a las iniciales (1890). Las extracciones habían sido de 1.927.190 m³ c.c., un poco superiores al volumen inicial (1.814.150 m³ c.c.). Este dato, unido a que sólo se ha extraído un 70 % de lo propuesto en los planes decenales (1.927.190 m³ c.c. de 2.797.429), pone de manifiesto que en este monte se ha aplicado, y se aplica actualmente, una silvicultura extensiva o menos intensiva que en el monte de Navafría. Si se hubiese aplicado una silvicultura más intensiva, con ayudas más intensas a la regeneración, se habría producido más madera y se podría haber cortado más y estaríamos en el mismo caso del Pinar de Navafría.

Tabla 10.2: Evolución del número de pies, existencias, posibilidad y aprovechamientos en el Monte “Pinar de Valsaín” (Segovia). Especie: *Pinus sylvestris* (7.622 ha. total, 7.182 ha. pobladas)-

Proyecto	Periodo vigencia	Número de pies		Existencias m ³ c.c.	Posibilidad del periodo de vigencia m ³ c.c.	Cortado durante el periodo m ³ c.c.
		Nº árboles 10-20 cm Ø	Nº árboles > 20 cm Ø			
Ordenación	1890-99	-	-	1.814.150	294.481	192.140
-	1900-09	-	-	-	294.481	142.044
-	1910-19	-	-	-	294.481	140.054
-	1920-29	-	-	-	294.481	147.593
-	1930-39	-	-	-	294.481	119.453
1ª Revisión	1941-48	852.726	1.854.212	1.481.708	152.104	156.120
2ª Revisión	1948-57	708.619	1.862.408	1.640.251	218.700	205.962
3ª Revisión	1958-64	808.044	1.868.122	1.671.270	167.692	163.193
4ª Revisión	1965-77	945.402	1.804.284	2.062.116	466.338	427.699
(1)	1978-87	1.151.749	1.841.368	-	320.190	232.932
5ª Revisión	1990-99	2.114.976	2.098.618	2.101.543	270.000	-
T O T A L					2.797.429 (2)	1.927.190

(1) Datos referentes al inventario realizado en 1981

(2) Para poder comparar con el total cortado, no se ha incluido la posibilidad de la última década

Tabla 10.3: Evolución del número de pies, existencias, posibilidad y aprovechamientos en el Monte “Los Palancares y agregados” (Cuenca). Especie: *Pinus nigra* (4.848 ha. total, 4.561 ha. pobladas).

Proyecto	Periodo vigencia	Número de pies		Existencias m ³ c.c.	Posibilidad del periodo de vigencia m ³ c.c.	Cortados en el periodo m ³ c.c.
		Nº árboles 10-20 cm Ø	Nº árboles > 20 cm Ø			
Ordenación	1896-1905	-	429.292	221.180	31.911	32.608
1ª Revisión	1905-15	-	466.776	226.275	34.286	34.286
2ª Revisión	1915-25	-	511.890	268.440	44.376	44.062
Plan anual	1925-28	-	-	-	12.000	12.860
3ª Revisión	1928-38	-	462.285	224.906	40.380	42.697
Plan anual	1938-41	-	-	-	5.862	6.867
4ª Revisión	1941-51	-	456.779	225.382	35.176	37.233
5ª Revisión	1951-60	605.613	521.625	327.899	44.318	40.630
Prórroga	1960-65	-	-	-	52.350	59.292
6ª Revisión	1966-75	733.507	506.809	291.677	67.650	70.291
7ª Revisión	1976-85	748.481	493.555	256.375	64.620	71.184
8ª Revisión	1986-95	558.532	450.501	231.334	62.128	-
T O T A L					432.929 (1)	452.010

(1) No se incluye la posibilidad del último decenio a efectos de comparación con el total cortado.

Los Palancares y Agregados (Tabla 10.3): Las existencias en 1985, tanto en número de pies mayores como en m³ c.c., eran ligeramente superiores a las de un siglo antes (1885). La cantidad de madera producida por el monte y extraída en cien años es 2 veces superior a las existencias

iniciales. Los datos indican que se ha aplicado una selvicultura casi tan intensiva como en el Pinar de Navafría, en cuanto a las extracciones, pero no se ha logrado una regeneración tan intensa, como lo demuestra el hecho de que, en este caso, el número de pies menores y las existencias se mantienen casi iguales a las iniciales, mientras que en el Pinar de Navafría se han multiplicado por 1,6 y 2 respectivamente. Igual que en el caso del Pinar de Navafría, lo cortado coincide casi exactamente con lo propuesto en las ordenaciones.

Tabla 10.4: Evolución del número de pies, existencias, posibilidad y aprovechamientos en el Monte “Aralar” (Navarra). Especie: *Fagus sylvatica* (2.177 ha. total, 1.1144 ha. pobladas).

Proyecto	Periodo de aplicación	Nº arboles Ø > 20 cm	Existencias m³ c.c.	Posibilidad del periodo de vigencia m³ c.c.	Cortado en el periodo m³ c.c.
Ordenación	1900-1922	230.790	110.290	43.357	45.787
1ª Revisión	1923-1936	249.726	117.437	49.215	54.157
2ª Revisión	1937-1944	250.387	118.561	32.320	29.947
3ª Revisión	1945-1957	251.854	125.144	37.500	41.485
4ª Revisión	1958-1972	258.428	124.034	32.325	35.666
5ª Revisión	1973-1993	255.145	137.876	59.240	50.703
6ª Revisión	1994-2008	255.879	175.798	51.735	-
TOTAL				253.957 (1)	257.745

(1) No se incluye la posibilidad del último decenio a efectos de comparación con el total cortado.

Monte Aralar (Tabla 10.4): En los cien años transcurridos desde la ordenación del monte, las existencias se han multiplicado por 1,6 y el número de árboles mayores de 20 cm de diámetro se ha incrementado en un 11 %. Estos incrementos se obtienen después de haber extraído 257.745 m³, lo que indica que durante estos 100 años se han extraído del monte 2,3 veces las existencias iniciales, que ascienden a 110.290 m³. No hay datos de inventarios de pies menores, pero todo parece indicar que, pese al intenso pastoreo, se ha logrado un aumento significativo.

El Robledal (Tabla 10.5): En este monte, poblado por alcornoque y quejigo (*Quercus canariensis*), el grado de intensificación de la selvicultura es menos aparente porque el aprovechamiento no es la madera, sino el corcho (que se recolecta sin extraer el árbol). Los pies mayores (des-corchados) se han multiplicado por 5,5 entre 1894 y 1990, los pies menores (bornizos) por 2 y el número total de árboles por 9. La producción de corcho, según los actuales responsables de la gestión del monte, se ha triplicado, si bien no se ha encontrado suficiente información para reconstruir una serie completa de producciones.

Tabla 10.5: Evolución del número de pies, existencias, posibilidad y aprovechamientos en el Monte “El Robledal” (Málaga). Especies: *Quercus suber* y *Quercus canariensis* (5.024 ha).

Proyecto	Fecha	Número de pies			
		Alcornoque			Quejigo
		Bornizos	Segunderos	Total	
Ordenación	1894	0	55.874	55.874	26.278
1ª Revisión	1904	87.721	117.823	205.544	40.088
2ª Revisión	1914	135.239	139.295	274.534	37.298
3ª Revisión	-	-	-	-	-
4ª Revisión	1936	184.963	269.275	454.238	48.642
5ª Revisión	1944	139.908	276.287	416.195	40.251
6ª Revisión	1955	161.498	283.222	444.720	35.187
7ª Revisión	1963	56.357	309.182	365.539	31.981
8ª Revisión	1971	69.180	324.762	393.942	29.768
9ª Revisión	1981	109.871	318.537	428.408	27.764
10ª Revisión	1990	189.767	308.426	498.193	52.002

Tabla 10.6: Evolución del número de pies, existencias, crecimiento y producciones de madera y miera. M.U.P N° 48. “Común grande de Las Pegueras” Cuéllar (Segovia). Especie: *Pinus pinaster* en resinación (6.140 ha de cabida arbolada).

Estudio o Proyecto	Periodo	Número de árboles en pie		Existencias (m³) >20cm	Crecimiento (m³/decenio)	Posibilidad (m³/decenio)	Cortado (m³)	N° Entalladuras	Miera (t)
		10-20 cm (no métricos)	>20cm (métricos)						
Ordenac.	1912-1922	S.D.	271.484	70.426	SD	7.728	SD	1.177.760	SD
1ª Rev	1922-1932	293.417	398.566	112.837	SD	4.411	2.721	1.663.136	7.024
2ª Rev.	1932-1942	126.494	521.311	167.183	SD	18.211	5.625	2.187.164	9.306
3ª Rev.	1942-1952	66.598	576.958	208.015	23.631	23.552	29.282	2.674.494	11.887
4ª Rev	1952-1962	94.873	531.114	224.117	22.411	39.221	37.005	2.205.534	9.399
5ª Rev.	1962-1972	108.069	514.543	226.684	28.045	41.674	42.305	2.706.248	9.127
6ª Rev.	1972-1982	228.174	522.995	258.640	41.357	64.180	66.208	2.394.265	6.440
7ª Rev.	1982-1993	247.850	509.524	254.101	29.094	51.320	55.957	1.993.948	5.202
8ª Rev.	1993-2003	254.803	543.398	306.252	73.662	40.659	24.622	SD	SD
9ª Rev.	2003-2014	96.003	770.315	323.903	99.823	84.800	55.252	156.000	6.552 (**)
10ª Rev (*)	2015-2026	120.018	714.309	426.448	161.417	121.124	-	1.419.539	5.962 (**)

(*) Se adelantan los datos de la Revisión actual (10ª) para permitir una comparación más amplia. (**) Producción estimada. (SD) Sin dato

Monte Común Grande de Las Pegueras (Tabla 10.6). En este monte, poblado por *Pinus pinaster* con algunos rodales de *Pinus pinea*, se ha aplicado, desde 1912 hasta la actualidad, una silvicultura específica para la resinación en vida. Al igual que en las especies anteriores, ésta

ha contribuido a triplicar el número de árboles mayores de 20 cm de diámetro, incrementar el volumen de existencias y su crecimiento periódico. El número de pies mayores se ha multiplicado por 2,6 y la producción anual de madera por 20. Esto ha permitido extraer 318.977 m³ de madera desde el inicio de la ordenación (equivalente a extraer 4,5 veces las existencias iniciales) y además extraer 81.199 toneladas de miera (equivalente a 788 toneladas anuales de media).

En todos los casos la producción directa de los montes (madera o corcho y otros que hayan sido cuantificadas) ha crecido con la aplicación de la selvicultura; las demás producciones, protección, medioambientales incluso paisajística y otras, no tienen por qué ser menores que al inicio de su aplicación. En ningún caso (ni en los montes con selvicultura más intensa) se ha observado empobrecimiento del suelo, sino todo lo contrario, ya que las producciones por hectárea son iguales o superiores al momento en que se empezó a aplicar la selvicultura.

Bibliografía

Adame, P. 2010. *Crecimiento y dinámica de Quercus pyrenaica Willd. en Castilla y León: Modelización a partir de datos del Inventario Forestal Nacional*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.

Allué, M. 1987. *Expectativas de investigación en la selvicultura española de coníferas a corto, medio y largo plazo*. Memoria para ingreso a INIA (inédito).

Álvarez de Mon, R. 1963. Ordenación de montes y selvicultura intensiva. En: *II Asamblea Técnica Forestal*, pp. 15–23. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Ministerio de Agricultura, Madrid.

Artigas, P. 1875. *El alcornoque y la industria taponera*. Madrid. Imprenta y fundición de Manuel Tello, Madrid, 88 pp.

Artigas, P. 1888. *Noticia sobre el alcornoque y la industria corchera*. Imprenta de Moreno y Rojas, Madrid, 32 pp.

Artigas, P. 1890. *Selvicultura, o cría y cultivo de los montes*. Imprenta de Moreno y Rojas, Madrid, 2 vols. (374 pp. + XII hh.).

Artigas, P. 1895. *Alcornocales e Industria corchera*. Imprenta de Ricardo de Rojas, Madrid, 2 vols. (343 pp. + XXVII hh.).

- Baiges, M.T.; Cervera, T. y Porras, D., 2017. La gestión multifuncional a la práctica: aplicación de los modelos ORGEST en los montes privados de Catalunya. *Actas del 7º Congreso Forestal Español*, 7CFE01-266.
- Ball, J. y Kollert, W. 2013. El Centro Internacional de Silvicultura y su colección de volúmenes históricos. *Unasylva* 240, Vol. **64**.
- Bengoa, J.L. 1999. *Análisis de un modelo de crecimiento en altura para masas forestales: aplicación a las masas de Quercus pyrenaica de La Rioja*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- von Bertalanffy, L. 1976. *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Traducción de Juan Almela. Fondo de Cultura Económica, México, 312 pp.
- Biolley, H. 1897. *L'aménagement des forêts d'après la méthode du contrôle*. Couvet. 37 pp.
- Bravo, F. 1999. *Modelos de crecimiento y producción de Pinus sylvestris L. en el Alto Ebro*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, Palencia.
- Bravo, A.; Pretzsch, H. y del Río, M. (eds.), 2018. *Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests*. Springer, Cham (Suiza), 420 pp.
- Bravo, A.; Roig, S. y Serrada, R. 2008. Selvicultura de montes bajos y medios de *Quercus ilex*, *Q. pyrenaica* y *Q. faginea*. En: Serrada et al., *Compendio de selvicultura*, pp. 657–744. INIA. Fugvasa, Madrid.
- Calama, R. 2004. *Modelo interregional de selvicultura para Pinus pinea L. Aproximación mediante funciones con componentes aleatorios*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Cañadas, N. 2000. *Pinus pinea L. en el Sistema Central (Valles del Tiétar y del Alberche): Desarrollo de un modelo de crecimiento y producción de piña*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- von Carlowitz, H.C. 1713. *Sylvicultura Oeconomica oder Hauswirthliche Nachricht und naturgemässe Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*. J.F. Braun, Leipzig, 332 pp.
- Ceballos, L. y Vicioso, C. 1933. *Estudio sobre la vegetación y flora forestal de la provincia de Málaga*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, 286 pp.
- Chapin III, F.S.; Zavaleta, E.S.; Eviner, V.T.; Naylor, R.L.; Vitousek, P.M.; Reynolds, H.L.; Hooper, D.U.; Lavorel, S.; Sala, O.E.; Hobbie, S.E.; Mack, M.C. y Díaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**, 234–242.
- Ciancio, O. 1991. La selvicultura oggi. *L'Italia Forestale e Montana*, **46** (1): 7–18.
- Ciancio, O. 1997. La selvicultura ritrovata. *L'Italia Forestale e Montana*, **52**(3): 161–191.

- Ciancio, O. 2014. *Storia del pensiero forestale. Selvicoltura, filosofia, etica*. Rubbettino Editore, Firenze, 546 pp.
- Colomo, B. y Elorrieta, O. 1914. *Estudio sobre experimentación forestal*. Imprenta alemana, Madrid, 248 pp.
- Dourojeanni, M.J. 2003. Tierras y bosques amazónicos: ¿para qué y para quién?. En: *Actas del XII Congreso Forestal Mundial, Libro A. Bosques para la gente: Memoria General*, pp. 3–9. FAO.
- Echegaray, J. 1905. *La ciencia y la crítica. Discurso leído en la Universidad Central en la solemne inauguración del curso académico de 1905 a 1906*. Universidad Central de Madrid, 73 pp.
- Echeverría, I. 1952. *Eucalyptus globulus: estudio de las leyes de crecimiento en la zona forestal de Huelva del Patrimonio Forestal del Estado*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, n.º 62, Madrid, 39 pp.
- Echeverría, I. y de Pedro, S. 1948. *El Pinus pinaster en Pontevedra. Su productividad normal y aplicación a la celulosa industrial*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, n.º 38, Madrid, 147 pp.
- Elorrieta, O. 1959. *El IFIE, Fundación, historia de su desarrollo y características de la investigación forestal*. Inédito, Biblioteca del INIA.
- Esteve, Á. 1962. *Informe de la Jefatura de la Sección sobre la necesidad y objetivos del establecimiento y sostenimiento de parcelas de experimentación para el estudio del crecimiento de las principales especies maderables españolas y de su debido tratamiento, para su mejor producción*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Sección de Selvicoltura y Ordenación de Montes, 61 pp. Inédito, Biblioteca del INIA.
- European Commission. 2010. *Attitudes of Europeans towards the issue of biodiversity. Analytical report. Wave 2*. Flash Euro Barometer Series #290. Bruselas, 98 pp.
- García Abejón, J.L. 1981. *Tablas de producción de densidad variable para Pinus sylvestris L. en el sistema ibérico*. Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales, n.º 29. Madrid, 36 pp.
- García Abejón, J.L. y Gómez, J.A. 1989. *Tablas de producción de densidad variable para Pinus pinaster Ait. en el sistema central*. Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales, n.º 47. Madrid, 45 pp.
- García Abejón, J.L. y Tella, G. 1986. *Tablas de producción de densidad variable para Pinus sylvestris L. en el sistema pirenaico*. Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales, n.º 43. Madrid, 28 pp.
- García Díaz, E. 1963. España y la selvicoltura. En: *II Asamblea Técnica Forestal*, pp. 81–84. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Ministerio de Agricultura, Madrid.
- García Güemes, C. 1999. *Modelos de simulación selvícola para Pinus pinea L. en la provincia de Valladolid*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Gayer, K. 1880. *Der Waldbau*. Wiegandt, Hempel und Parey, Berlín, 700 pp.

González, J.A., 2004. *Variación de la producción de corcho en cantidad y calidad en la Comunidad de Extremadura*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid.

González Vázquez, E., 1938. *Selvicultura I. Libro Primero: Fundamentos naturales de la selvicultura y los bosques ibéricos*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Valencia, 474 pp.

González Vázquez, E., 1948. *Selvicultura. Libro segundo: estudio cultural de las masas forestales y de los métodos de regeneración*. Residencia de profesores Ciudad Universitaria, Madrid, 451 pp.

Grau Corbi, J.M. 2003. *Resultados de 67 años de experiencias en Covarrubias (Burgos) : crecimiento y adaptación de Pinus sylvestris L., P. pinaster Ait. y P. nigra Arn. subsp. salzmannii, subsp. nigra y subsp. laricio (corsicana y calabrica)*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, 327 pp.

Hays, S. 1959. *Conservation and the gospel of efficiency: the progressive conservation movement, 1890–1920*. University of Pittsburgh, Harvard University Press, Cambridge, 297 p.

Hernández de Rojas, A. y Montero, G. 1993. Evolución de la selvicultura en los montes de pino silvestre de Soria. Métodos de corta de regeneración aplicados. *Actas del Primer Congreso Forestal Español. Ponencias y comunicaciones*, Tomo II, pp. 511–516.

Huston, M.A.; Aarssen L.W.; Austin, M.P.; Cade, B.S.; Fridley, J.D.; Garnier, E.; Grime, J.P.; Hodgson, J.; Lauenroth, W.K.; Thompson, K.; Vandermeer, J.H. y Wardle, D.A. 2000. No Consistent Effect of Plant Diversity on Productivity. *Science* **289**, 1255.

Johann, E. 2007. *Aufgaben und Tätigkeiten des Centre International de Sylviculture (C.I.S.) bzw. der Internationalen Forstzentrale (IFZ) in Berlin 1939 bis 1945*. Informe de trabajo sin publicar, Roma, FAO.

Leibundgut, H. 1960. Risultati delle ricerche in foreste vergini europee. *Annali della Accademia Italiana di Scienze Forestali*, **9**: 277–287.

Leopold, A. 1949. *A Sand County Almanac, and sketches here and there*. Oxford University Press, 226 pp.

Madrigal, A.; Herranza, J.; López, M. y Mosquera, R. 1977. *Tablas de producción de Eucalyptus globulus Labill. en el sudoeste de España*. Dirección General de la Producción Agraria, Ministerio de Agricultura, Madrid, inédito.

Madrigal, A. y Montero, G. 1985. *Estado actual de las investigaciones sobre claras. Primeros resultados obtenidos en una experiencia en masa artificial de Pinus sylvestris L. en el sistema Central*. Comunicaciones INIA, n.º 42. Serie Recursos Naturales, Madrid, 49 pp.

Martín Bolaños, M. 1947. *Ensayo de investigación indirecta sobre origen, desarrollo y producciones del monte alto*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, 143 pp.

- Martínez de Pisón, M. 1948. *Defensa del método denominado “ordenar transformando”*. Sección de publicaciones de la Escuela Especial de Ingenieros de Montes, Madrid, 108 pp.
- Mayer, H. 1966. Silvicultural trends in classical forest management. *Actas del VI Congreso Forestal Mundial*: 2204–2213. Madrid.
- Möller, A. 1922. *Der dauerwaldgedanke: sein sinn und seine bedeutung*. Springer, Berlin-Heidelberg, 84 pp.
- Montero, G. 1987a. *Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornocales (Quercus suber L.) en función de la calidad de estación y de los tratamientos selvícolas*. Edit. Tesis doctorales INIA, Madrid, 277 pp.
- Montero, G. 1987b. Producción y regeneración de los alcornocales. *Montes, Revista de Ámbito Forestal*, n.º 15, pp. 37–45.
- Montero, G. 1995. *Breve descripción del proceso repoblador en España*. 16 pp. Disponible en <https://distritoforestal.es>.
- Montero, G. y Cañellas, I. 1998. Selvicultura y gestión sostenible de los sistemas forestales. En: *Actas del I Encuentro Científico del Parque Natural de Peñalara y Valle del Paular*, pp. 67–80, Comunidad de Madrid.
- Montero, G.; Cañellas, I. y Ruiz-Peinado, R. 2001. Growth and yield models for *Pinus halepensis* Mill. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Vol. **10**, n.º 1, pp. 179–201.
- Montero, G.; Cisneros, O.; Cañellas, I. 2003. *Manual de selvicultura para las plantaciones de especies productoras de madera de calidad*. Mundi-Prensa e INIA. Madrid, 284 pp.
- Montero, G.; del Río, M. y Ortega, C. 2000. Ensayo de claras en una masa natural de pino silvestre en el Sistema Central. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Vol. **9**, n.º 1, pp. 147–177.
- Montero, G.; Madrigal, G. y Ruiz-Peinado, R. 2004. Red de Parcelas Experimentales Permanentes del CIFOR-INIA. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, n.º 18, pp. 229–236.
- Montero, G.; Ortega, C. y Gómez, J.A. 1991. Estimación de la productividad aérea en una repoblación de *Pinus pinaster* Ait. en el Centro de España. *Investigación Agraria. Sistemas y recursos forestales*, Vol. **0**, n.º 1-1991, pp. 191–202.
- Montero, G.; Pasalodos, M. y López, E. 2012. El bosque productor. *Foresta*, n.º 56, pp. 76–95.
- Montero, G.; Rojo, A.; Hernández, A. 1993. Teoría y práctica de la selvicultura. *I Congreso Forestal Español, Ponencias y Comunicaciones*, Tomo II, pp. 433–448.
- Montero, G. y Torres, E. 1992. Influencia de la selvicultura en la producción de corcho. *II Encontro sobre os montados de sobro e azinho*. Ponencia invitada. Évora (Portugal).

- Montoya, J.M. 1983. *Pastoralismo mediterráneo*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid, 162 pp.
- Muir, J. 1901. *Our National Parks*. Houghton Mifflin Company / The Riverside Press Cambridge, Boston and New York, 370 pp.
- Murillo, M.; Montero Calvo, A; Cardillo, E., Berdón, J; Palacios, R.; Maya, V.; Beltrán, R. 2020. *Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornocales en Extremadura*. CICYTEX, Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal. Junta de Extremadura. Mérida, 181 pp.
- Nanos, N. 2001. *Variabilidad y modelización geoestadística de producción de resina y madera de Pinus pinaster Ait. en los montes de Segovia*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Naredo, J.M.; González, M. 1998. Reforma Agraria y desarrollo económico en Andalucía del siglo XX. En: González, M. y Parejo, J.A. (eds.), *La historia de Andalucía a debate. II. El campo andaluz*, pp. 88–116. Anthropos, Barcelona.
- Naveh, Z. 1971. The conservation of ecological diversity of mediterranean ecosystems through ecological management. En: Duffey, E. y Watt, A.S. (Eds.), *The scientific management of animal and plant communities for conservation*, pp. 605–622. Blackwell, Oxford.
- Oldeman, R. 1990. *Forest: Elements of silvology*. Springer-Verlag, Berlin, 624 pp.
- Oliver, C.D. y Larson, B.C. 1990. *Forest stand dynamics*. Mc Graw Hill, Nueva York, 467 pp.
- Ortega, A. 1989. *Modelos de evolución de masas de Pinus sylvestris L.* Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Parade, A. 1883. *Cours élémentaire de culture des bois*. Sixième édition publiée par A. Lorentz et L. Tassy. Paris, 720 pp.
- Patrone, G. 1972. Stravaganza prima: l'essenza dell'assestamento forestale. *L'Italia forestale e montana*, (27) 1, pp. 1–22.
- Pinchot, G. 1910. *The fight for conservation*. Doubleday, Page, Nueva York, 150 pp.
- Piqué, M. 2003. *Modelos de producción para las masas de Pinus pinea L. en Catalunya. Orientaciones para la gestión y aprovechamiento sostenible de madera y piña*. Tesis doctoral. Universidad de Lérida.
- Pretzsch, H.; del Río, M.; Toraño-Caicoya, A.; Montero, G. 2025. *Crecimiento y producción forestales. Aplicaciones a la gestión*. Springer, Berlin-Heidelberg, 650 pp.
- Ramos Gorostiza, J.L. 2004. Economía y gestión forestal en el movimiento conservacionista americano: Bernhard Fernow. *Historia agraria. Revista de agricultura e historia rural*, n.º 33, pp. 131–152.

- del Río, M. 1998. *Régimen de claras y modelos de producción para Pinus sylvestris L. en los sistemas Central e Ibérico*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- del Río, M. y Montero, G. 2001. *Modelos de simulación de claras en masas de Pinus sylvestris L.* Monografías INIA, Serie Forestal, n.º 3, 114 pp.
- del Río, M.; Pretzsch, H.; Alberdi, I. *et al.* 2016. Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives. *European Journal of Forest Research*, n.º 135, pp. 23–49.
- del Río, M.; Roig, S.; Cañellas, I. y Montero, G. 2005. *Programación de claras en repoblaciones de Pinus sylvestris L.* Monografías INIA, Serie Forestal, n.º 12, 46 pp.
- Rojo, A. 1994. *Crecimiento y producción de masas de Pinus sylvestris L. en la sierra de Guadarrama*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Rojo, A. y Manuel, C.M. 1992. La intervención dasocrática en los montes públicos españoles. El caso de Pinar y Agregados de Cercedilla, Madrid. *Agricultura y Sociedad*, n.º 65, pp. 414–452.
- Rojo, A. y Montero, G. 1996. *El Pino silvestre en la sierra de Guadarrama. Historia y selvicultura de los pinares de Cercedilla, Navacerrada y Valsaín*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 293 pp.
- Ruiz de la Torre, J. 1976. Selvicultura natural. *Boletín de la Estación Central de Ecología*, n.º 5 (9), pp. 3–29.
- Ruiz-Peinado, R. 2013. *Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas Forestales. Influencia de la selvicultura en los stocks de carbono*. Tesis Doctoral. Escuela de Ingenierías Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid.
- Sánchez, M.O. 2006. *Modelos de crecimiento y producción para monte alcornocal*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Schmithüsen, P.M. 2013. La sostenibilidad aplicada en el sector de las actividades forestales cumple 30. *Unasylva*, **64** (240), pp. 3–11.
- Schütz, J.P. 1997a. La sylviculture proche de la nature face au conflit économie-écologie: panacée ou illusion? *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, Vol. **1** (1997), n.º 4, pp. 239–247.
- Schütz, J.P. 1998. Licht bis auf den Waldboden: Waldbauliche Möglichkeiten zur Optimierung des Lichteinfalls im Walde. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, **149** (11), pp. 843–864.
- Serrada, R. 2011. *Apuntes de Selvicultura*. Fundación Conde del Valle Salazar, Madrid, 501 pp.
- Serrada, R.; Montero, G. y Reque, J.A. (coords.). 2008. *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, 1.178 pp.

- Spiecker, H.; Mielikäinen, K.; Köhl, M. y Skovsgaard, J.P. (Eds.) 1996. *Growth trends in European Forests*. Springer Berlin, Heidelberg, 372 pp.
- Spurr, S.H. y Barnes, B.V. 1982. *Ecología Forestal*. AGT editor, S.A., México DF, 690 pp.
- Susmel, L. 1980. *Normalizzazione delle foreste Alpine: basi ecosistemiche, equilibrio, modelli colturali, produttività: con applicazione alle foreste del Trentino*. Liviana, Padova, 437 pp.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Edit. Omega, Barcelona, 760 pp.
- Tilman, D.; Knops, J.; Wedin, D.; Reich, P. 2002. Experimental and Observational Studies of Diversity, Productivity, and Stability. En: Kinzig, A.; Pacala, S.; Tilman, D. (eds) *Functional consequences of biodiversity: empirical progress and theoretical extensions*. pp 42–70. Princeton University Press.
- Torres, E. 1995. *Estudio de los principales problemas selvícolas de los alcornocales del Macizo del Aljibe*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, 401 pp.
- Torres, E. y Montero, G. 2000. *Los alcornocales del macizo del Aljibe y sierras del Campo de Gibraltar. Clasificación ecológica y caracterización selvícola y productiva*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 228 pp.
- Toumey, J.W. 1947. *Foundations of silviculture upon an ecological basis*. John Wiley, New York, 468 pp.
- Westhoff, V. 1971. “The dynamic structure of plant communities in relation to the objectives of conservation”. En: Duffey, E. y Watt, A.S. (eds.) *The scientific management of animal and plant communities for conservation*, pp. 3–14. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- de Xérica, R. 1869. *La teoría y la práctica de la resinación*. Imprenta del Universal, Madrid, 158 pp.

A. Anexo: Libros de Silvicultura de autores europeos o americanos que han sido muy leídos y utilizados por los Ingenieros de Montes españoles para mejorar las técnicas selvícolas.

Boudru, M. 1986. *Sylviculture appliquée*. Les Presses Agronomiques, Gembloux (Bélgica), 244 pp.

Boudru, M. 1989. *Forêt et sylviculture: traitement des forêts*. Les Presses Agronomiques, Gembloux (Bélgica), 356 pp.

Cappelli, M. 1991. *Elementi di selvicoltura generale: governo, trattamento e cure colturali ai boschi*. Edagricole, Bologna, 2ª ed., 389 pp.

Hawley, R. y Smith, D.M. 1982. *Silvicultura práctica*. Traducción de Jaume Terradas. Edit. Omega, Barcelona, 544 pp.

Lanier, L. y Bradé, M. 1986. *Précis de sylviculture*. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, 468 pp.

Matthews, J.D., 1989. *Silvicultural Systems*. Clarendon Press, Oxford, 284 pp.

Monteiro, A.; Santos, J. y Vaz, A. 2012. *Silvicultura: a gestão dos ecossistemas florestais*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 597 pp.

Piussi, P. 1994. *Selvicoltura generale*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 421 pp.

Puettmann, K.J.; Coates, D.K. y Messier, Ch.C. 2016. *Crítica de la silvicultura : el manejo de la complejidad*. Traducción al español de Benedicto Vargas Larrea y Cristóbal G. Aguirre-Calderón. Revisión de Ana I. Aguirre Hernández. ACCI, Asociación Científica y Cultural Iberoamericana, Madrid, 291 pp.

Schütz, J.P. 1990. *Sylviculture 1: principes d'éducation des forêts*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 243 pp.

Schütz, J.P. 1997b. *Sylviculture 2: la gestion des forêts irrégulières et mélangées*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 178 pp.

