

# **Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante**

Fernando Valladares  
(editor)

EDITA: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE  
ORGANISMO AUTÓNOMO PARQUES NACIONALES.

ISBN: 84-8014-552-8  
NIPO: 311-04-037-7  
Depósito legal: M. 41976-2004  
Imprime: EGRAF, S. A.

# ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
<i>Presentación</i> .....	5
<i>Prólogo</i> .....	7
<b>A. Factores históricos y ambientales</b>	
1. El bosque mediterráneo, un sistema humanizado y dinámico - <i>Fernando Valladares, Jesús Julio Camarero, Fernando Pulido y Eustaquio Gil-Peigrín</i> .....	13
2. La distribución de las especies a diferentes escalas espacio-temporales - <i>Juan Arroyo, José S. Carrión, Arndt Hampe y Pedro Jordano</i> .....	27
3. Heterogeneidad ambiental y nichos de regeneración - <i>Teodoro Marañón, Jesús Julio Camarero, Jorge Castro, Mario Díaz, Josep María Espelta, Arndt Hampe, Fernando Valladares, Miguel Verdú y Regino Zamora</i> .....	69
4. Régimen de incendios y regeneración - <i>Francisco Lloret</i> .....	101
<b>B. Procesos y mecanismos</b>	
5. Fenología y características funcionales de las plantas leñosas mediterráneas - <i>Gabriel Montserrat-Martí, Sara Palacio Blasco y Rubén Milla Gutiérrez</i> .....	129
6. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía - <i>Fernando Valladares, Alberto Vilagrosa, Josep Peñuelas, Romá Ogaya, Jesús Julio Camarero, Leyre Corcuera, Sergio Sisó y Eustaquio Gil-Peigrín</i> .....	163
7. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas - <i>Rafael Villar, Jeannette Ruíz-Robledo, Jose Luis Quero, Hendrik Poorter, Fernando Valladares y Teodoro Marañón</i> .....	191
8. Procesos de limitación demográfica - <i>Pedro Jordano, Fernando Pulido, Juan Arroyo, Juan Luis García-Castaño y Patricio García-Fayos</i> .....	229
9. Estructura, dinámica y modelos de ensamblaje del bosque Mediterráneo: entre la necesidad y la contingencia.- <i>Miguel Angel de Zavala</i> .....	249
<b>C. Interacciones</b>	
10. Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles como paradigma de la interacción del bosque con la atmósfera - <i>Josep Peñuelas</i> .....	281
11. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica - <i>Patricio García-Fayos</i> ...	309
12. La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua - <i>Fernando Valladares, Ismael Aranda y David Sánchez-Gómez</i> .....	335
13. Las interacciones planta-planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica - <i>Regino Zamora, Patricio García-Fayos y Lorena Gómez</i> .....	371

**D. Cambio global**

14. Cambio global y decaimiento del bosque - <i>Jesús Julio Camarero, Francisco Lloret, Leyre Corcuera, Eustaquio Gil- Pelegrín</i> .....	397
15. Efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres: observación, experimentación y simulación - <i>Josep Peñuelas, Santiago Sabaté, Iolanda Filella, Carles Gracia</i> .....	425
16. El efecto del cambio global en las interacciones planta-animal- <i>José Antonio Hodar, Regino Zamora, y Josep Peñuelas</i> .....	461
17. Gestión forestal y ciclos de nutrientes en el marco del cambio global- <i>Bosco Imbert, Juan A. Blanco y Federico Castillo</i> .....	479

**E. Gestión forestal en un mundo cambiante: reflexiones**

18. Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo - <i>Miguel Angel de Zavala, Regino Zamora, Fernando Pulido, Juan A. Blanco, J. Bosco Imbert, Teodoro Marañón, Federico J. Castillo y Fernando Valladares</i> .....	509
<i>Apéndice de imágenes y fotos</i> .....	531
<i>Relación de autores y direcciones</i> .....	565
<i>Índice analítico de materias</i> .....	571
<i>Índice analítico de especies</i> .....	583

## PRESENTACIÓN

Los ecosistemas mediterráneos han generado miles, posiblemente millones, de páginas impresas y resulta más que justificado preguntarse sobre el interés de añadir unas cuantas más con este libro. Conscientes del riesgo de repetir lo ya publicado en numerosas ocasiones, los autores de este libro nos hemos preocupado de identificar lagunas, falsos paradigmas y controversias con las que guiar la escritura de cada capítulo. En este cometido nos ha resultado sorprendente constatar el elevado número de afirmaciones sin una base científica comprobada que se han publicado y se publican en la actualidad sobre la dinámica y el futuro de los bosques mediterráneos. Resulta llamativo, por ejemplo, que la gestión del bosque mediterráneo se realiza con frecuencia sobre la base de la silvicultura centroeuropea, sin apenas adecuación a las características ecológicas y socio-económicas de la región mediterránea. En ciertos casos esta situación ha sido causada por la falta de información precisa sobre los ecosistemas mediterráneos, y, en otros, por la aceptación de paradigmas y de conceptos artificiales que nunca han sido comprobados o cuya erradicación requiere de la combinación de argumentos y de tiempo para aceptarlos. Entre éstos destaca el mito de la ardilla viajera, atribuido a Plinio y según el cual en tiempos remotos era tal la continuidad de los bosques ibéricos que una ardilla no necesitaría pisar el suelo para recorrer la Península de punta a punta. O el concepto de clímax, según el cual en un territorio dado existe una única comunidad vegetal ideal que sólo la influencia humana puede evitar que se establezca, y que implica la innecesaria idea de las comunidades como superorganismos o auténticas “sociedades vegetales” y deja de lado la creciente evidencia sobre el papel de la historia, la dispersión y las interacciones entre especies individuales en el ensamblaje de las comunidades, simplificando su dinámica y evolución a un mero remplazamiento de unas “sociedades” por otras. En un mundo cambiante, resulta poco realista encorsetar el cambio y hacer discontinuo lo que en realidad es un continuo de combinaciones y procesos. Por difícil que nos parezca, el auténtico desafío científico es desenmarañar esta red de interacciones y procesos para comprender la evolución de los sistemas sin ideas preconcebidas, con el método experimental en la mano y colocando a la especie humana como parte integrante de los sistemas y responsable de la reciente aceleración del cambio. Y con este espíritu nació este nuevo libro sobre un viejo tema.

En este libro se desarrollan ideas como que la vegetación puede no ser eficaz en el control de la desertificación al no controlar los eventos catastróficos, cuestionándose si es realmente operativa una cubierta arbórea para frenar la erosión, cuando ésta es frenada de forma similar por una vegetación arbustiva que, en muchos casos, consume menos agua. Aquí nos cuestionamos si la tasa de crecimiento inherente de las especies es inversamente proporcional a su capacidad de supervivencia en ambientes adversos, y si esta capacidad de sobrevivir en el impredecible y seco clima guarda alguna relación con la moderada plasticidad y el uso conservativo de los recursos del que hacen gala especies vegetales emblemáticas del bosque

mediterráneo. En este libro se pretende romper la visión estática de la distribución de las especies, enfatizando su constante cambio a distintas escalas espaciales y temporales. Aquí intentamos reunir la información disponible sobre la luz como factor ecológico tradicionalmente olvidado en la descripción del funcionamiento de nuestros ecosistemas forestales. En estas páginas nos preguntamos si las especies compiten o se ayudan, y si el cambio en el signo de esta interacción puede predecirse en función de las características bióticas y abióticas del medio. Se ha hecho un esfuerzo por comprender, resumir y presentar procesos y mecanismos, y cómo de éstos y de la observación de tendencias en escalas temporales largas puede inferirse una serie de escenarios futuros para un mundo expuesto al cambio global. En este libro indagamos sobre las interacciones entre factores y entre organismos, mostrando siempre que ha sido posible, ejemplos de situaciones contra-intuitivas, no lineales y complejas, que son la esencia misma de los ecosistemas sobre los que tantas páginas se han escrito y sobre los que tan poco sabemos aún. En un intento por acercar posturas, culturas y saberes, se ha hecho un esfuerzo para reflexionar sobre las aplicaciones prácticas del conocimiento o desconocimiento que se resumen en cada capítulo; en otras palabras, se reflexiona sobre lo que la ecología puede decir sobre la gestión del bosque, ya sea para su conservación o para su explotación sostenible.

Este libro nace de la combinación de experiencias e inquietudes de un heterogéneo grupo de ecólogos españoles que un día, hace ahora unos tres años, decidió auto-organizarse para intercambiar ideas y colaborar en sus investigaciones. De este impulso de autocatálisis surgió la red temática GLOBIMED ([www.globimed.net](http://www.globimed.net)), cuyas actividades de coordinación han estado financiadas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, a quien deben ir las primeras palabras de agradecimiento. Este libro se hace realidad gracias al interés de otro Ministerio, el de Medio Ambiente, quien ha apoyado esta edición desde un principio y a quien deben ir nuestras segundas palabras de agradecimiento. La lista de agradecimientos podría alargarse mucho, ya que muchas personas e instituciones han ayudado de alguna forma a que este libro saliera adelante, pero no querría cerrar este párrafo sin agradecer las facilidades que se pusieron a nuestra disposición en la casa de espiritualidad Santa María (Galapagar), cuyas tranquilas habitaciones y buenas vistas sobre los encinares al pie de Guadarrama inspiraron muchas y enjundiosas conversaciones y debates.

Entre los sueños que los científicos de GLOBIMED alimentan está la creación de una red española de observación y estudio de ecosistemas a largo plazo, la única forma de comprender las tendencias y los riesgos a que están sometidos nuestros ecosistemas en un mundo cambiante y amenazado por la rápida expansión de la especie humana. Somos conscientes de las dificultades de esta empresa, pero con este libro y nuestro trabajo en colaboración esperamos contribuir a que distintas entidades, instituciones y organismos comprendan su importancia y adopten a tiempo las medidas necesarias para unir esfuerzos y hacerlo de forma sostenida.

*Fernando Valladares*  
*Investigador del CSIC y coordinador de GLOBIMED*  
*Tres Cantos, Julio de 2004*

## PRÓLOGO

De acuerdo con las definiciones más habituales de clima mediterráneo, en la Península Ibérica tenemos hoy la mayor superficie continua de territorios bajo este clima de todo el mundo, lo que explica que nos sintamos especialmente preocupados por los ecosistemas terrestres mediterráneos y por los posibles efectos de los cambios globales en ellos. Es obvio que, de algún modo, el dato nos compromete a los ecólogos ibéricos a jugar un papel destacado en el progreso del conocimiento sobre estos temas. Creo sinceramente que no es una pretensión exagerada decir que este compromiso lo hemos asumido y, en las dos últimas décadas, la ecología terrestre ibérica ha dado un salto adelante extraordinario en una considerable variedad de campos específicos, que van desde aspectos históricos y estructurales a otros ecofisiológicos, demográficos, dinámicos, biogeoquímicos y directamente relacionados con la gestión. Este salto se traduce en una producción científica considerable, que aparece ya con regularidad en las más prestigiosas revistas, y en la participación en comités de expertos y otras actividades internacionales.

Este libro es una muestra de la calidad y variedad de los estudios que se están haciendo en España sobre los ecosistemas forestales y el cambio climático. En cuanto al contenido, no creo necesario resumirlo puesto que el índice es guía suficiente, pero sí deseo resaltar un hecho notable que añade mucho interés al trabajo. Y es que no pocos capítulos han sido escritos por varios autores que pertenecen a instituciones distintas, a veces muy repartidas geográficamente, lo que implica un meritorio esfuerzo de coordinación nada frecuente en este tipo de obras y hace que la síntesis vaya mucho más allá de una mera recopilación de experiencias concretas. Sin duda, esa era la voluntad del editor y de los autores. Creo que bien podemos agradecerlo y felicitarles por ello, puesto que la obra adquiere así un carácter de verdadera síntesis y, aunque el ritmo de adquisición de conocimientos es muy rápido, estoy persuadido de que no será un mero producto circunstancial, sino que se convertirá en una referencia útil durante un tiempo razonable.

Dicho esto, me gustaría contribuir con algunas ideas muy generales sobre el estado y las perspectivas de los bosques mediterráneos que me interesan especialmente. Los bosques de la Cuenca Mediterránea han experimentado profundas transformaciones a lo largo de la historia, como resultado de una actividad humana que ha durado milenios. Esta transformación ha sido especialmente importante en las llanuras y ha consistido en la tala, selectiva o masiva, la quema, la roturación, el pastoreo, la replantación y otras transformaciones asociadas a la urbanización y construcción de vías de transporte. Ello ha tenido consecuencias sobre la extensión, estructura, composición de especies (plantas, animales o microorganismos), grado de fragmentación, erosión y degradación del suelo, diversidad de microambientes, etc. Como resultado, puede decirse que no quedan bosques vírgenes y son escasos los retazos de bosques con un alto grado de madurez. El bosque mediterráneo que conocemos es en gran medida un pro-

ducto de la acción humana sobre el medio natural, y esto es algo que no debemos ignorar ni olvidar.

Cuando consideramos el conjunto de la Cuenca Mediterránea, vemos que del orden de dos tercios de los bosques y del 90% de la biomasa forestal se hallan en los países europeos del margen septentrional. No obstante, la destrucción del bosque en las llanuras y su sustitución por cultivos y asentamientos humanos ha dejado las principales masas forestales en zonas montañosas que, en ese margen septentrional, tienden a presentar condiciones de clima atlántico o eurosiberiano y no mediterráneo. Hay que descender un poco de latitud, en el sur de Francia, en nuestra península, en Italia, Grecia o Turquía, para que los bosques de la montaña baja y media tengan características propiamente mediterráneas, y sólo en el margen meridional de la cuenca el bosque mediterráneo conquista cotas relativamente elevadas, alrededor de los dos mil metros, en las montañas.

Estos bosques mediterráneos, que se caracterizan por el predominio de especies de hoja plana, esclerófila y perenne, o de coníferas, han experimentado procesos rápidos de cambio en el último siglo. En los países del “norte económico”, que en general concuerdan en este caso con el norte geográfico, durante la primera mitad del siglo XX hubo fases novedosas de explotación forestal con fines industriales (en esencia, para la extracción de productos químicos) que resultaron de breve duración al desaparecer la necesidad de materia prima forestal como resultado de cambios en la tecnología de producción, y se mantuvieron actividades tradicionales como el carboneo y la extracción de leña en general, incluso con un aumento importante relacionado con la primera Guerra Mundial, hasta que declinaron a su vez rápidamente hacia mediados de siglo. La explotación de corcho, un ejemplo notable de uso sostenible, experimentó diversas vicisitudes, con fluctuaciones notables. Las últimas décadas han visto una tendencia a la expansión del bosque en superficie y al aumento de las biomásas en pie como resultado del abandono de cultivos en las zonas de secano de menor rendimiento, a la vez que un incremento de incendios forestales. El aumento de los incendios se relaciona en parte con el constante aumento de las actividades con riesgo de inicio de fuego en y, sobre todo, alrededor del bosque, en parte con la acumulación de vegetación leñosa en cultivos abandonados y como resultado del abandono de extracciones en el propio monte, y en parte por las temperaturas en aumento y la mayor frecuencia de sequías prolongadas que se han observado durante los últimos treinta años. El cambio de régimen de incendios, y en especial la recurrencia de grandes incendios con elevadas intensidades, puede convertirse en un factor decisivo para la evolución futura de las masas, sobre todo en los territorios con precipitaciones anuales inferiores a los 800 mm.

En la parte meridional de la cuenca, en muchos países se está viviendo una explosión demográfica que comporta sobre-explotación del bosque por extracción de combustible y por un intenso pastoreo que compromete la regeneración. Ello conduce a la pérdida de superficie forestal mediterránea, con una tasa media de  $-1,1\%$ , harto preocupante ya que supera incluso la de los bosques tropicales, acompañada además en muchos casos de fuertes procesos erosivos, lo que origina un riesgo considerable de desertificación.

Esta es la situación general de los bosques mediterráneos en el conjunto de la Cuenca, como vemos con una problemática bien diferenciada entre Norte y Sur. Insistamos en que se trata en todo caso de bosques fuertemente intervenidos por el hombre, que ha modificado sustancialmente su composición con una tendencia a reducir la diversidad de especies arbóreas, a favorecer los bosques monoespecíficos o, como mucho, mixtos pero dominados por sólo un par de especies, y desde luego a eliminar a los grandes animales, algunos de los cuales realizaban funciones de dispersión de semillas. Esto último ha contribuido sin duda a la disminu-

ción de la diversidad de leñosas del vuelo o del subvuelo en las masas forestales. Así pues, la dinámica más reciente impuesta por el hombre y el fuego parte de unos ecosistemas notoriamente empobrecidos a lo largo de los siglos en componentes que fueron importantes. En cambio, allí donde la explotación es moderada se ha generado heterogeneidad en mosaico, lo que puede aumentar la riqueza de especies en relación a la que tendría un bosque homogéneo y continuo, como se verá en el capítulo 1 y posteriores.

Algunos factores más añaden motivos de preocupación. Las sequías debilitan a los árboles y aumentan el poder destructivo de plagas, sobre todo hongos, algunas bacterias, virus y nemátodos. Algunas de estas plagas han sido introducidas recientemente. También algunos contaminantes, además de su efecto directo sobre la salud de las masas, pueden ejercer el debilitamiento, como ocurre en general con el ozono troposférico, la acidez debida a compuestos de azufre y nitrógeno, los metales pesados y quizás las radiaciones ultravioletas y, localmente, con otras emisiones, pese a que en las últimas décadas se hayan corregido algunas, disminuyendo las de sulfuros y sulfatos. En conjunto, los estudios de control en el grado de defoliación de los árboles en España han verificado un aumento importante entre 1990 y 1995, desde un promedio del orden del 5% hasta un alarmante 23,5% (más del 30% en el caso de la encina) y, luego, una disminución hasta el 13% en 2001. Sin duda, la fuerte sequía de 1994 tuvo una incidencia notable en esta evolución. Las previsiones del cambio climático hacen temer una recurrencia cada vez mayor de sequías graves del tipo de la mencionada.

Vemos pues que los bosques mediterráneos están afectados por casi todos los grandes factores del cambio global: cambio en los usos del suelo, en el régimen de perturbación, en la composición de la atmósfera, en el clima, pérdidas de biodiversidad, invasiones de especies (en particular, plagas). Ello configura un panorama complejo y el reto urgente de avanzar no sólo hacia usos forestales sostenibles sino hacia la comprensión de los procesos que, a diferentes escalas, determinan las respuestas del bosque ante los cambios. De ahí la oportunidad de la aparición de este volumen. Demuestra que los científicos, aquí y ahora, “estamos en ello”, tratando de entender tan complicados sistemas y relaciones y de buscar nuevas maneras de ver y actuar sobre ellos. A veces nos sentimos, con razón, como la voz que clama en el desierto y es que de los bosques mediterráneos se suele hablar sólo cuando se queman. Las políticas forestales sólo en aspectos muy parciales han sido orientadas hacia la sostenibilidad. Para avanzar en esa dirección, hay obstáculos muy graves. Quizá el mayor sea, después de la deforestación meridional, que la falta de rentabilidad de muchos bosques mediterráneos dificulta la ejecución de planes de gestión razonables, dejando la iniciativa al fuego. Esta crisis es por tanto, en buena medida, económica. El tema merece una reflexión, aunque sea breve.

Cuando los bosques, desde el punto de vista de la producción (de madera o de otros productos como caza, hongos, etc.) no son rentables, no se invierte en ellos. Casi da lo mismo que sean de propiedad pública o privada, porque hablamos de superficies muy grandes, millones de hectáreas, que ni siquiera el Estado tiene capacidad para gestionar “a fondo perdido”. En la Unión Europea, el tema forestal está dominado por los países que son grandes productores de madera, en especial los escandinavos, mientras que los bosques mediterráneos, pese a ocupar superficies considerables, se ven como algo marginal, precisamente por esta falta de rentabilidad. En España hay cerca de 15 millones de hectáreas de bosques, de los que alrededor de tres cuartas partes son de propiedad privada, pero el sector forestal sólo contribuye en un 2% al PBI y en poco más del 2% al empleo. Además, estas contribuciones se concentran bastante en ciertas áreas, así que hay grandes superficies que contribuyen en proporción mínima a la actividad económica directa (las industrias maderera y corchera, esencialmente). En ellas abunda el monte no rentable, sobre todo en las zonas de clima mediterráneo seco, y además

se incluyen los espacios protegidos. El resultado es que España es el país europeo con mayor proporción de bosque improductivo desde el punto de vista maderero (proporción que, según las estimaciones, varía entre el 20 y el 24% de la superficie forestal).

La sociedad actual asigna al bosque una serie de funciones que superan con mucho las productivas, e incluso las clásicas de regulación hidrológica y protección de cuencas contra la erosión: se valoran ahora, y cada vez más, el uso recreativo, el de conservación de biodiversidad y del paisaje, el almacenamiento de carbono y otras funciones que hacen aumentar las prestaciones sociales reconocidas al bosque, pero que no tienen contrapartidas económicas directas. Ni el estado, ni los propietarios particulares reciben ingresos por estos servicios, de modo que no hay fuentes de financiación para realizar inversiones de mejora del monte orientadas al cumplimiento de las funciones sociales. Desde luego, es posible avanzar algo con acuerdos cooperativos y planes técnicos propiciados desde la administración. En cualquier caso, los ecólogos no tenemos la respuesta a esta clase de problemas, sólo podemos apuntar cuáles son las disfunciones y contribuir a desarrollar ideas para la gestión en este mundo en cambio, pero sí debemos saber y reconocer que la gestión sólo se realizará si se resuelve el problema de financiación.

Aunque no soy economista, me atrevería a señalar que las administraciones deben dejar de mirar sólo a su propio bolsillo y al de los propietarios y buscar, con imaginación, fuentes nuevas de recursos. Si el monte ofrece servicios, éstos deben ser retribuidos de algún modo por los beneficiarios de estos servicios. A veces, el beneficiario es un etéreo “el conjunto de la sociedad”, pero muy a menudo lo son también colectivos más concretos, e incluso particulares. Si el monte produce agua limpia, las sociedades de suministro de agua y los municipios deberían sentirse implicados en la gestión forestal y contribuir a hacerla posible. Si el monte sirve de paso a conducciones, lo mismo puede decirse de las compañías eléctricas, y otro tanto sucede con las urbanizaciones, hoteles y otros establecimientos turísticos que se benefician del paisaje. Y tal vez con los que simplemente paseamos. Podrían buscarse soluciones impositivas y de peaje (que producen un rechazo muy amplio por razones de tipo cultural) o desgravaciones que favorezcan las contribuciones hechas al financiamiento de la gestión. Hay una variedad de posibilidades que han sido ya ensayadas en otros países, y que incluyen la emisión de bonos negociables y otros procedimientos que no comprendo a fondo ni pueden ser desarrollados aquí. Ya tenemos algún ejemplo de fundación privada que compra y gestiona territorio con fines conservacionistas o sostenibilistas. Son ejemplos a imitar. Pero lo que sí podemos hacer los ecólogos es, una vez constatada la problemática y entrevistados algunos caminos para una gestión mejor, reclamar un compromiso colectivo, una implicación social que desarrolle vías hoy inexistentes para hacer posible esta nueva gestión necesaria y acorde con los nuevos servicios reconocidos al monte. La solución no vendrá directamente de los bolsillos exhaustos de las administraciones ni de un esfuerzo altruista de los propietarios, que sólo unos pocos estarían en condiciones de hacer, sino de políticas mucho más imaginativas y flexibles para lograr que este compromiso colectivo sea realidad y los montes sean tratados como merecen, en función de los servicios que nos prestan y de su valor intrínseco.

*Jaume Terradas*  
*CREAF, Universitat Autònoma de Barcelona*  
*Barcelona, Abril de 2004*