

4

**LAS TRONCAS COMO TESTIMONIOS
FÓSILES DE LOS BOSQUES
DE LOS ÚLTIMOS MILENIOS**

Las claves para entender la evolución de los bosques desde el pasado hasta nuestros días nos las ofrecen los múltiples legados donde quedaron impresos los acontecimientos que sucedieron en la tierra a lo largo del tiempo. Bajo nuestros pies tenemos muchas veces evidencias de los organismos que ocuparon un determinado territorio, en forma de restos de sus cuerpos o actividades vitales. El reconocimiento y estudio de los mismos nos ofrece una excepcional información sobre el pasado que, combinada con la obtenida a partir de fuentes documentales, permite comprender mejor el porqué del paisaje que nos rodea.

Este es el caso de la sierra de Gredos, donde se han conservado hasta nuestros días restos de los árboles que formaban sus bosques en el pasado: troncos, tocones, raíces, ramillos, piñas...

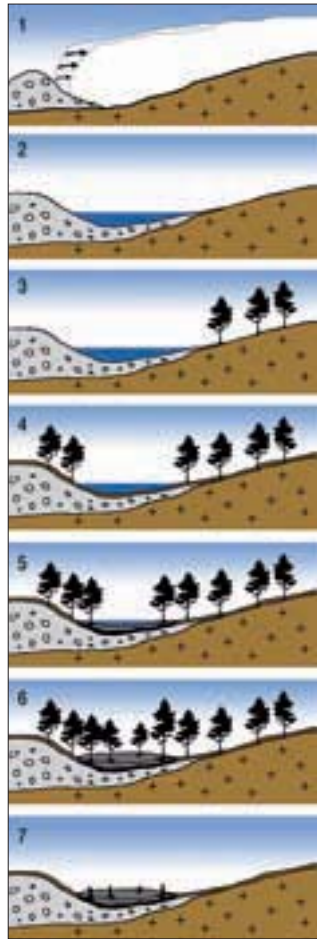
LOS MACRORRESTOS Y SU INFORMACIÓN PALEOBOTÁNICA

Las evidencias biológicas de la vida pasada en la Tierra se han dividido tradicionalmente en dos categorías en función de su tamaño: macrofósiles y microfósiles. Los macrofósiles, que se caracterizan por poder ser visualizados sin necesidad de microscopio alguno, constituyen el objeto del presente capítulo. Los troncos, piñas y fragmentos de acículas hallados en la sierra de Gredos corresponden a este tipo de restos. Cuando los restos son de gran tamaño (como por ejemplo troncos o tocones de árboles) pasan a denominarse megafósiles.

Desde el punto de vista de la Paleobotánica, el estudio de los restos vegetales ofrece dos tipos de información: la primera es la información de tipo secuencial, que presenta una cierta continuidad a lo largo de un periodo de tiempo (es el caso por ejemplo de los análisis polínicos); la segunda ocurre cuando la deposición de los fósiles es únicamente puntual en el tiempo. El estudio de macrorrestos vegetales no estratificados (troncos, ramillos, frutos y semillas), se enmarcaría dentro del segundo tipo, permitiendo obtener datos de mucho interés acerca de la flora y vegetación que hubo en un momento determinado y en un lugar concreto.

¿Cómo se conserva un resto fósil?

Unas de las primeras consideraciones a tener en cuenta al interpretar los restos fósiles, son las tafonómicas (relativas al estudio de los procesos de fosilización); ¿qué representa el resto encontrado?, ¿de dónde proviene?, ¿qué significa que aparezca ese resto y no otros?, ¿qué procesos de transformación ha sufrido? Desgraciadamente, no siempre se encuentran respuestas a todas estas cuestiones, pero un estudio detallado del proceso de formación del fósil nos proporcionará algunas claves.



- 4.1. Los depósitos de acumulación glaciar (1) suelen ser lugares en los que es fácil localizar turberas e histosoles. Las charcas de origen glaciar (2) pueden colmatarse con arcillas, gravas, drenarse naturalmente, o colonizarse de vegetación con plantas tales como *Carex*, *Scirpus*, etc. Una colmatación vegetal intensa (3,4) que lleve consigo una fuerte demanda de oxígeno acaba convirtiendo la laguna en un acúmulo de material orgánico sin descomponer. Si existen árboles capaces de instalarse en ese espacio (5,6), éste puede desecarse parcialmente, pero la presencia de esfagnos, adaptados a las condiciones de hidromorfía y al frío, generan una acidez en sus aguas que impiden aún más si cabe los procesos de descomposición orgánica (7).

A escala celular no todos los compuestos se degradan al mismo ritmo. Las celulosas, hemicelulosas y ligninas, que constituyen el mayor porcentaje de la pared celular vegetal, figuran entre los compuestos más resistentes a la degradación. Como consecuencia, los tejidos con mayor proporción de estos elementos resistentes tendrán la máxima probabilidad de ser preservados. Este es el caso de la madera o las cortezas, donde una elevada proporción de ese tipo de sustancias explica que se cuenten entre los tejidos vegetales mejor conservados.

No obstante, la preservación de un resto orgánico está también condicionada por la existencia de un medio adecuado que impida su completa degradación. Los medios fríos, ácidos y pobres en oxígeno (como tremedales o turberas y lagunas de montaña), impiden la actuación de microorganismos y por tanto, la oxidación del resto fósil. Por otra parte, los fósiles suelen presentar una serie de alteraciones físico-químicas indicadoras de las condiciones en las que han perdurado. Entre ellas destacan los procesos de carbonificación, fácilmente detectables en los macrorrestos fósiles por presentar oscurecimientos heterogéneos, que son consecuencia de la degradación bacteriana en ausencia de oxígeno. El enriquecimiento en carbono que caracteriza a este proceso también se produce, pero de forma especialmente brusca, en la pirólisis o carbonización, donde las elevadas temperaturas que acompañan a la combustión favorecen la eliminación rápida de los compuestos volátiles de los restos vegetales. Las muestras carbonizadas de tal manera se vuelven frágiles y adquieren el brillo sedoso característico del carbón de leña o fusinita. La aparición de este tipo de restos pone de manifiesto la existencia en el pasado de fuegos.

Las características del fósil (tamaño, forma) y la estructura de la matriz en la que se encuentran, ofrecen valiosas indicaciones acerca de un posible arrastre hasta el lugar de sedimentación. Macrorrestos de pequeño tamaño provistos de estructuras que les permiten ser transportados por medio del viento, como frutos de abedules o semillas de pinos, pueden recorrer distancias relativamente grandes desde su origen hasta el lugar de deposición. Sin embargo, un gran tamaño de los macrorrestos dificultará el arrastre a largas distancias y en el caso de restos que conservan su posición de vida (tocones y troncos verticales), dicho arrastre no existe.

En cuanto a la matriz en la que se encuentran los fósiles, el potencial de arrastre del medio en el que se alojan es, por lo normal, directamente proporcional al tamaño de las partículas que componen dicha matriz. De esta manera, grandes troncos encontrados en sedimentos con cantos rodados pueden haber recorrido distancias no desdeñables, al ser arrastrados en avenidas torrenciales extraordinarias. En el caso opuesto se encuentran los histosoles y las turberas donde se localizan los megafósiles de Gredos, en los que el transporte potencial queda únicamente reducido a posibles corrimientos de ladera.

La información paleobotánica que ofrecen los macrorrestos

La mayor parte del conocimiento sobre la evolución de los paisajes cuaternarios procede del registro polínico fósil. No obstante, los estudios de macrorrestos, cada vez más valorados en los estudios paleobotánicos, permiten complementar y ampliar la información obtenida mediante estudios palinológicos (BIRKS & BIRKS, 2000). Por un lado, la presencia de macrorrestos vegetales, condicionada por las consideraciones anteriormente expuestas, permite determinar la presencia local de los grupos taxonómicos que reflejan aquéllos y, por otro, su estudio complementará y detallará el listado de taxones identificados en los estudios polínicos, al permitir, generalmente, precisar el rango de adscripción taxonómica. Además, plantas con escasa producción polínica (como por ejemplo, genisteas y algunas ericáceas entomófilas) pero de elevada importancia paisajística, podrán detectarse por sus restos leñosos.

Por otra parte, en el cuerpo vegetativo de los taxones fósiles pueden haber quedado reflejadas las condiciones ambientales en las que vivió el ejemplar y, cuando existe estacionalidad en el medio en el que se desarrolla un individuo, pueden formarse discontinuidades estructurales. En el caso de los vegetales leñosos, estas discontinuidades en la madera forman los anillos de crecimiento. De igual manera, una alteración en los factores que condicionan su desarrollo (clima, densidad de población, incendios, plagas), puede tener su reflejo en la morfología de algunos de sus tejidos. El estudio de dichas variaciones de crecimiento constituye la base de la paleodendrocronología, disciplina tratada en profundidad en el capítulo 5.

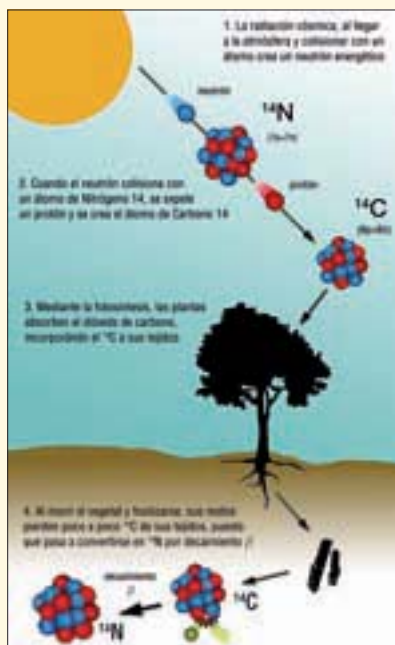
Información que aporta la datación de macrorrestos

La paleobotánica está fundamentada en dos pilares básicos: el primero lo constituyen las diferentes técnicas de identificación y cuantificación de los restos vegetales y el segundo la asignación de edades mediante procesos de datación. Para poder extraer conclusiones de los resultados obtenidos en la fase de identificación/cuantificación, es necesario conocer la edad de los restos identificados.

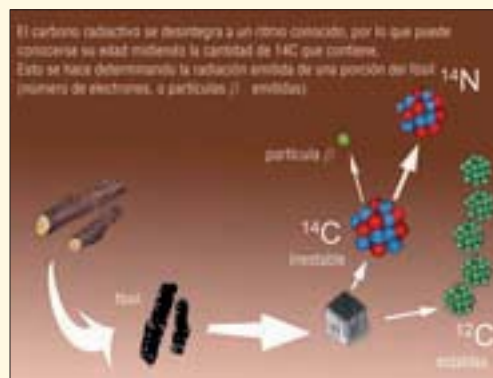
En los primeros trabajos de paleobotánica, la determinación de la edad de los fósiles se realizaba por métodos indirectos. De tal manera, se asignaba una cronología a un yacimiento determinado en función de cómo se ajustaban sus resultados a los modelos generales de evolución de la vegetación. En los casos donde la estratigrafía o la evolución geomorfológica del yacimiento era conocida, la posición del sedimento donde se encontraban los restos vegetales podía dar pistas más o menos acertadas de la edad de los fósiles estudiados.

DATAACIONES MEDIANTE RADIOCARBONO ^{14}C

El método de datación radiométrico con carbono 14 es una de las técnicas más apropiadas para conocer la edad de muestras orgánicas fósiles de edades inferiores a 40.000 años. Está basado en la ley de decaimiento exponencial de los isótopos radiactivos. El isótopo carbono-14 (^{14}C) es producido de forma continua en la atmósfera como consecuencia del bombardeo de átomos de nitrógeno atmosférico por neutrones cósmicos. Este isótopo creado es inestable por lo que, espontáneamente, se vuelve a transmutar en nitrógeno-14 (^{14}N). Este proceso de generación-degradación de ^{14}C se encuentra prácticamente equilibrado, de tal manera que el isótopo ^{14}C se encuentra en la atmósfera en una proporción casi constante y homogéneamente mezclado con otros isótopos de carbono no radiactivos (^{13}C y ^{12}C), en forma de átomos de CO_2 . El proceso de fotosíntesis incorpora el átomo radiactivo en las plantas, de manera que la proporción $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ en éstas es similar a la atmosférica. Ahora bien, tras la muerte de un organismo vivo no se incorporan nuevos átomos de ^{14}C a los tejidos y la concentración del isótopo ^{14}C va decreciendo conforme pasa el tiempo, al transformarse en ^{14}N por el proceso de decaimiento radiactivo.



4.2.



4.3.

La masa del isótopo ^{14}C de cualquier fósil disminuye a un ritmo exponencial negativo, de manera que a los 5.568 años de la muerte de un ser vivo, la cantidad de ^{14}C en sus restos fósiles se ha reducido a la mitad. Así pues, al medir la cantidad de radioactividad latente de los materiales orgánicos se calcula la cantidad de ^{14}C que aún queda en el material, y puede así ser datado el momento de la muerte del tejido. Es lo que se conoce por edad radiocarbónica, y se expresa en años BP (abreviatura de *Before Present*, que significa «antes del presente»). Esta unidad equivale a los años transcurridos desde la muerte del ejemplar hasta el año 1950 de nuestro calendario. Se elige esta fecha por convenio y porque en la segunda mitad del siglo XX, los ensayos nucleares en la atmósfera provocaron notables anomalías en las curvas de concentración relativa de los isótopos radiactivos.

Al comparar las concentraciones teóricas de ^{14}C con las de muestras de maderas de edades conocidas aplicando el método de datación dendrocronológico, se han detectado diferencias entre los resultados experimentales y los esperados. Esas diferencias se deben a que la concentración de carbono radiactivo en la atmósfera en realidad ni ha sido constante en el tiempo ni ha evolucionado de manera lineal. Gracias a las series continuas de anillos de crecimiento de árboles fósiles, con los que se puede registrar la concentración de ^{14}C , hoy se conoce con precisión la evolución de carbono radiactivo durante los últimos 22.000 años, por lo que es posible calibrar y ajustar las edades de otros fósiles. La edad así corregida se denomina edad calibrada y se expresa en años Cal BP, o en años Cal BC / AD (antes y después de Cristo).

Pero no fue hasta que el Premio Nobel Willard F. Libby publicó, en 1960, su original idea de utilizar el carbono¹⁴ para datar compuestos carbonados, cuando los trabajos de paleobotánica contaron con un método preciso de datación directa. Desde entonces, y gracias a los avances tecnológicos y científicos que han determinado tanto el abaratamiento de los costes de datación como la mayor precisión en los resultados, los estudios de evolución de la vegetación cuaternaria han ido mejorando sensiblemente.

Este método de datación adquiere especial relevancia en su aplicación a los macrofósiles y, en combinación con las técnicas de identificación, permite obtener información objetiva sobre la composición de la vegetación que había en un lugar y momento determinado.

En el marco peninsular no se conoce hasta el momento un trabajo paleobotánico basado en macrorrestos tan relevante como el que se presenta en este capítulo, tanto por la cantidad de material estudiado y su extensión geográfico-temporal, como por la precisión taxonómica y cronológica. La mayoría de los trabajos paleobotánicos peninsulares sobre macrorrestos publicados hasta la fecha se han centrado en yacimientos arqueológicos sobre asentamientos humanos. En ellos, las conclusiones suelen quedar sesgadas, entre otras causas, por la acción selectiva que el hombre ejerce en la recolección de los recursos naturales que le rodean. Por otro lado, cada vez más los estudios polínicos tienden a incluir la máxima información disponible del análisis de macrorrestos, cobrando éstos una importancia creciente.

LAS TRONCAS DE GREDOS

La discusión surgida en la segunda mitad del siglo pasado sobre el carácter espontáneo de los pinares en la sierra de Gredos, recogida de manera muy detallada en el trabajo de MARTÍNEZ & COSTA (2001), indujo a MANCEBO *et al.* (1993) a realizar una encuesta a la población local sobre la existencia de las denominadas *troncas*. La posible ubicación de estos restos leñosos de gran tamaño fue publicada en el citado trabajo, a partir de las comunicaciones verbales de vecinos de la sierra. En él se confirmó la sospecha de que se trataban de restos de antiguos pinares, al identificar, por vez primera, la pertenencia de una tronca a *Pinus sylvestris*. Dicho trabajo sirvió de base para la realización de una prospección exhaustiva y recolección de muestras de troncas en el marco de un proyecto de investigación de la Universidad Politécnica de Madrid, desarrollado entre los años 2001 y 2007.

Yacimiento (término municipal/ enclave)		Tipo de Yacimiento	Tipo de Macrorresto (nº de muestras)	Identificación
Cepeda la Mora		Cervunal (cauce de arroyo)	Raíz (1)	<i>Pinus sylvestris</i>
Garganta del Villar		Trampal	Raíz (1), Tronco (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
		Cervunal	Raíz (1)	<i>Juniperus sp.</i>
Hoyocasero	Los reventones	Cervunal (cauce de arroyo)	Raíz (2)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	Arroyo de la Cueva	Tremedal	Tronco (6), Piñas (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	La Cañada	Cervunal	Tronco (1), Rama (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Hoyos del Collado		Cervunal	Tronco (2)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Hoyos del Espino	La Covacha	Cervunal	Tronco (4), Raíz (1), Rama (1)	<i>Pinus sylvestris</i>
			Raíz (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
			Ramillo (1)	<i>Cytisus gr scoparius</i>

Yacimiento (término municipal/ enclave)		Tipo de Yacimiento	Tipo de Macrorresto (nº de muestras)	Identificación
Hoyos del Espino	Regajo del Acarreo	Turbera	Tronco (2)	<i>Pinus sylvestris</i>
			Raíz (1), Rama (2)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	Pradogrande	Cervunal	Tronco (1), Piñas (26)	<i>Pinus sylvestris</i>
			Tronco (1), Piñas (5)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
La Herguijuela	Afluente Arroyo del Saucal	Cervunal	Tronco (2)	<i>Populus</i>
			Ramillo (2)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	Arroyo de los Horcajos	Acequia	Ramillo (1)	<i>Cytisus gr scoparius</i>
			Rama (2)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Navacepeda de Tormes	Dehesa del Prado de la Casa	Trampal-Toma de agua	Tronco (1)	<i>Pinus sylvestris</i>
	Cerro Triguero	Cervunal	Tronco (1)	<i>Pinus sylvestris</i>
			Tronco (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Navacepedilla de Corneja		Trampal	Tronco (2)	<i>Salix tp atrocineria</i>
Navadijos		Trampal	Tronco (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Navalacruz	Astillero	Cervunal	Tronco (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	Arroyo del Medraero	Cervunal	Raíz (1), Rama (1)	<i>Quercus caducifolio</i>
	Arroyo de Obreguilla	Cauce de arroyo	Tronco (2)	<i>Rosaceae</i> subfam. <i>Maloideae</i>
			Tronco (1)	<i>Populus</i>
Navalperal de Tormes	Laguna del Cervunal	Laguna	Tronco (1), Ramas (5)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
			Tronco (1), Rama (1), Ramillo (1)	<i>Quercus caducifolio</i>
	Garganta de Gredos	Cervunal (cauce de arroyo)	Tronco(1) Rama (4), Ramillo (3)	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
			Troncos (2)	<i>Betula sp.</i>
			Ramillo (2)	<i>Cytisus gr scoparius</i>
	Roncesvalles	Cervunal	Tronco (1)	<i>Pinus sylvestris</i>
	Navalsauz	La Pobedilla	Cervunal	Tronco (1), Ramillo (1)
Tronco (1)				<i>Salix tp atrocineria</i>
Huertos del Prado de la Casa		Cauce de arroyo	Rama (1)	<i>Quercus caducifolio</i>
			Rama (1)	<i>Pinus sylvestris</i>
			Tronco(1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
La Llanálla		Cervunal	Rama (1), Raíz (2)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Navarredonda de Gredos		Cervunal	Tronco (3)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
			Rama (1)	<i>Salix tp atrocineria</i>
Puerto de Serranillos		Cervunal	Tronco (1)	<i>Pinus sylvestris</i>

Yacimiento (término municipal/ enclave)	Tipo de Yacimiento	Tipo de Macrorresto (nº de muestras)	Identificación	
San Esteban del Valle	Trampal	Tronco (1)	<i>Pinus sylvestris</i>	
		Rama (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>	
San Martín de la Vega del Alberche	Arroyo de Pinorredondo	Turbera	Tronco (8)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	Arroyo de la Piedad	Cervunal	Tronco (1), Ramillo (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
San Martín del Pimpollar	Arroyo de las Hoyuelas	Cervunal	Tronco (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
	Arroyo Arrovalle		Tronco (4)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>
Villafranca de la Sierra	Cervunal	Tronco (4)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>	
		Ramillo (1)	<i>Cytisus gr scoparius</i>	
		Tronco (1)	<i>Populus sp.</i>	
Villarejo del Valle	Cervunal	Rama (1)	<i>Pinus gr sylvestris-nigra</i>	

Tabla 4.1. Ubicación de los yacimientos de macrorrestos, tipos e identificación de los mismos. Entre paréntesis se indica el número de macrorrestos analizados.

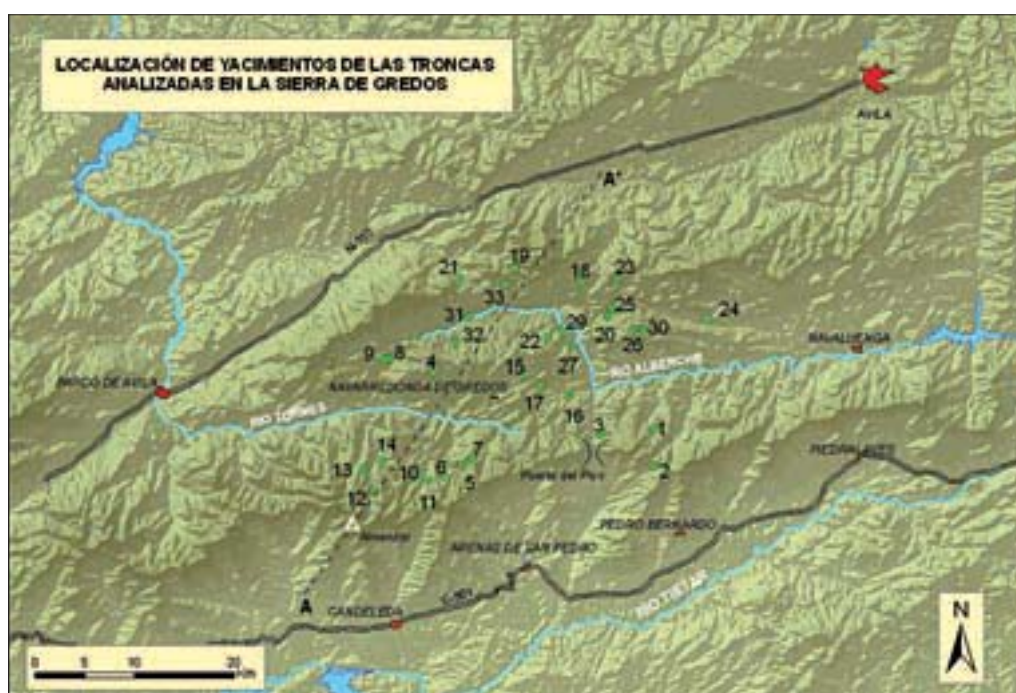
Localización, recolección y conservación de los restos

Entre el macizo central de Gredos y las sierras de Villafranca, la Serrota y la Paramera, encontramos hoy en día un paisaje caracterizado por la ausencia generalizada de vegetación arbórea. Algunas masas o pequeños rodales de *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*, por encima de los 1.400 m de altitud, a la vera de los ríos que dividen las dos alineaciones montañosas (Alberche y Tormes), constituyen la excepción a un paisaje dominado por matorrales de alta montaña (enebrales rastreros de *Juniperus communis*, cambronales de *Echinopartum barnadesii*, piornales de *Cytisus oromediterraneus*, escobonales de *Genista cinerascens*) y prados y pastizales. En todos estos tipos de formaciones vegetales, enterradas total o parcialmente, se han encontrado las troncas de Gredos.

En la figura 4.4 se puede observar la importancia en extensión de los yacimientos muestreados, ubicados entre los 1.100 y los 1.840 m de altitud. Tocones en posición de vida, troncos de hasta 5 m de longitud y más de 40 cm de diámetro, ramas y raíces, emergen de forma natural por deslizamiento de tierras (a causa, entre otras razones, de la erosión provocada por fuertes tormentas) o por las actuaciones realizadas por el hombre. Lagunas, charcas, tremedales, riachuelos o suelos poco drenados, han conservado hasta nuestros días, a veces a más de un metro de profundidad, estos testimonios de bosques que existieron en su entorno.

Las laderas septentrionales del macizo central de Gredos son especialmente ricas en yacimientos de este tipo, principalmente entre el puerto del Pico y

Navalperal de Tormes, donde se ubican numerosos macrorrestos. De entre todas las localidades, destacan por su singularidad los yacimientos situados en Hoyos del Espino (parajes de La Covacha, Pradogrande y Regajo del Acarreo). En la turbera de Pradogrande, ligada al arroyo, una grieta provocada por movimientos de deslizamiento, dejó a la luz un apreciable número de tocones. El tamizado del sedimento que albergaba esas troncas, ha dejado además al descubierto restos de acículas y piñas, que también aportan una importante información taxonómica.



4.4. Mapa de ubicación de los yacimientos de troncas en Gredos con la numeración correspondiente a la tabla 4.2. La sección A-A' se corresponde con la catena presentada en la figura 4.8.

Otro yacimiento remarcable es el situado al norte de San Martín de la Vega del Alberche, en el arroyo de Pinorredondo, topónimo que alude a la presencia de pinos en un lugar hoy completamente desprovisto de vegetación arbórea. Aquí, a casi 1700 m de altitud, aparecen numerosos restos de árboles maduros de considerable grosor (casi todos ellos en posición de vida), testigos fósiles de un antiguo bosque. Los troncos se conservan excepcionalmente bien en este depósito higroturboso, en donde fueron localizados como consecuencia de la realización de zanjas para la captación de aguas.

El entorno de la Laguna del Cervunal fue otro de los lugares donde se hallaron restos de gran interés. Esta laguna temporal de origen glaciario se encuentra colgada a unos 1.800 m de altitud, entre dos profundas gargantas: la de Gredos y la del Pinar. En el

complejo de canales de drenaje del amplio tremedal cercano a la laguna, se descubrieron varios restos de maderas sumergidas; el más espectacular de ellos correspondía a un tronco de grandes dimensiones, cuya datación estima su existencia hace unos 5.000 años.

El recorrido sistemático de las localidades indicadas por MANCEBO *et al.* (1993) y del resto de lugares con características ambientales similares en el marco de la sierra de Gredos, así como las valiosísimas informaciones de la Guardería Forestal de la zona, posibilitaron la recolecta de muestras de un total de 110 troncas (tabla 4.1 y figura 4.5). Asimismo, en los yacimientos de Pradogrande (Hoyos del Espino) y de Arroyo de la Cueva (Hoyocasero) se recolectaron, en un muestreo superficial, 32 piñas y varias muestras de sus sedimentos con restos fósiles orgánicos de pequeño tamaño.

Los fragmentos de troncas fueron cortados con sierra o motosierra, guardados y etiquetados en bolsas de plástico para su posterior estudio, al igual que las piñas y muestras de sedimentos. Estos materiales fueron depositados en la Unidad Docente de Botánica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (Universidad Politécnica de Madrid), donde se conservan en cámara frigorífica a 2°C, con el fin de evitar su degradación.



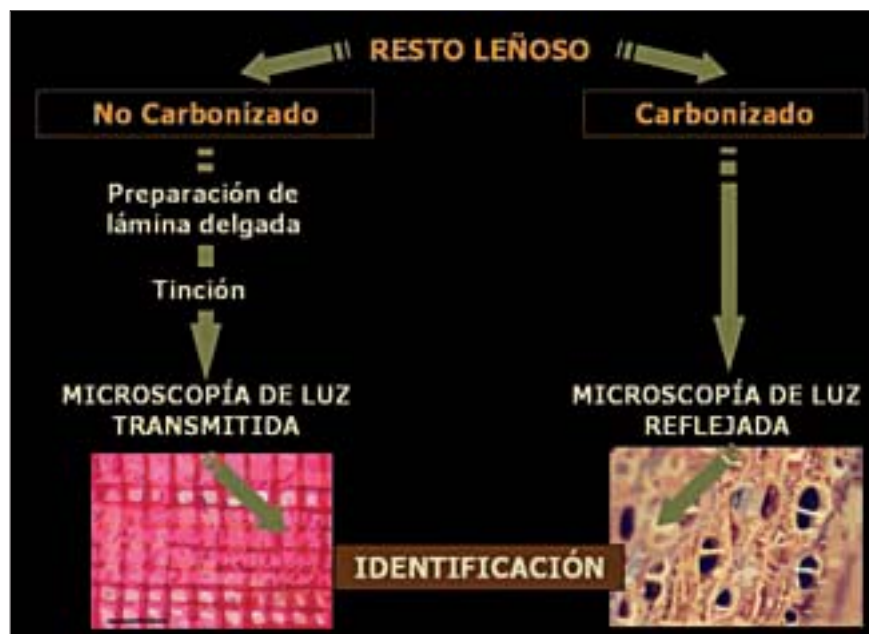
4.5. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Tronca en posición de vida (yacimiento de Navalperal de Tormes-Roncesvalles). Piña fósil de *Pinus sylvestris* (yacimiento de Hoyos del Espino-Regajo del Acarreo). Tronca de *Pinus sylvestris* (yacimiento de San Martín de la Vega del Alberche-Pinoredondo). Cervunal muy encharcado (yacimiento de Cervunal), donde fue hallada, completamente sumergida, una de las troncas (foto siguiente) más antiguas y espectaculares; al fondo la cima.

MÉTODOS DE ESTUDIO

Las maderas fósiles

Es preciso señalar que el empleo del término fósil no implica que ese resto se encuentre petrificado. En algunos casos las propiedades físicas y estructura anatómica de estos restos, a pesar de haber sufrido procesos de alteración, pueden llegar a ser enormemente similares a las de individuos vivos.

En las maderas colectadas en Gredos, un estado de degradación no muy elevado ha permitido su estudio mediante preparaciones en lámina delgada, técnica que también es la empleada para el análisis microscópico de maderas actuales (ROIG *et al.*, 1997). Para ello se realizan preparaciones con el fin de obtener los tres planos principales de observación: transversal, tangencial y radial. Se realiza la extracción, con microtomo de carro, de muestras laminares de entre 10 y 20 μm de grosor, seguido de la aplicación de un protocolo de tinción con safranina. En las muestras obtenidas se lleva a cabo la observación de los caracteres anatómicos diagnósticos al microscopio óptico de luz transmitida. En las maderas fácilmente quebrables y carbones, puede efectuarse su examen de manera directa mediante microscopía óptica de reflexión. Posteriormente, se identifican las muestras con ayuda de claves y descripciones de anatomía de la madera, y son comparados con material actual y colecciones de referencia.



4.6. Esquema del proceso seguido en el estudio de los macrorrestos fósiles.

El estudio detallado de los restos leñosos mediante la técnica descrita, ha permitido la identificación de 86 ejemplares de *Pinus* gr. *sylvestris-nigra*, 17 de los cuales se adscriben con certeza a *Pinus sylvestris* (ver ventana de la página 137), en función de los caracteres anatómicos descritos por GREGUSS (1955), JACQUIOT (1955) y GARCÍA & GUINDEO (1988). Seis restos han sido adscritos al género *Quercus* tipo caducifolio dada la distribución y tamaño de los vasos de primavera. Del resto de las muestras se han identificado cinco pertenecientes a *Cytisus* gr. *sco-parius*, cuatro al género *Populus*, cuatro a *Salix* sp. *atrocinerea*, dos a *Betula*, dos a *Rosaceae* (tipo *Maloideae*) y sólo una a *Juniperus* (tabla 4.2).

Zonación	Yacimientos		Coordenadas UTM	Dataciones (BP)	Nº muestras	Altitud (m)	
Zona Oriental	San Esteban del Valle (1)		30T 334924 4467023	1815±25	2	1560	
	Serranillos (2)		30T 334942 4463107	2440±60	1	1580	
	Villarejo del Valle (3)		30T 329600 4466500	—	1	1380	
Macizo Central	Hoyos del Collado (4)		30T 312915 4472776	1670±40	2	1700	
	Hoyos del Espino	La Covacha (5)	30T 316246 4463863	1090±30	8	1750	
		Pradogrande (6)	30T 314000 4462300	—	2	1680	
		Regajo del Acarreo (7)	30T 316661 4464047	1300±60	5	1840	
	La Herguijuela	Saucal (8)	30T 308097 4474045	—	4	1560	
		Horcajos (9)	30T 310695 4475238	—	3	1650	
	Navacepeda de Tormes	Dehesa del Prado de la Casa (10)	30T 311600 4462586	2085±25	1	1560	
		Cerro Triguero (11)	30T 312346 4461885	1090±50	2	1630	
	Navalperal de Tormes	Garganta de Gredos (12)	30T 306661 4460653	970±60	12	1750	
		Laguna del Cervunal (13)	30T 305800 4463100	4350±60	9	1790	
		Roncesvalles (14)	30T 307701 4463855	1560±35	1	1570	
	Navarredonda de Gredos (15)			30T 321105 4472504	—	4	1560
	San Martín del Pimpollar	Arroyo Arrovalle (16)	30T 326550 4470424	2320±40	4	1300	
		Arroyo de las Hoyuelas (17)	30T 323629 4471534	—	1	1410	
	Alto Alberche y Serrota	Cepeda la Mora (18)		30T 327801 4481724	—	1	1510
		Garganta del Villar (19)		30T 320108 4481597	2430±15	3	1600
		Hoyocasero	Los reventones (20)	30T 330385 4478293	—	2	1500
			Arroyo de la Cueva (26)	30T 332963 4476959	—	6	1670
La Cañada (30)			30T 333879 447695	5630±70	2	1620	
Navacepedilla de Corneja (21)		30T 315492 4481929	—	2	1650		
Navadijos (22)		30T 324314 4476124	1750±45	1	1580		
Navalacruz		Arroyo del Medraero (23)	30T 331425 4482172	—	2	1620	
		Arroyo Obreguilla (24)	30T 340500 4478100	—	3	1110	
		Astillero (25)	30T 330879 4479167	860±20	1	1490	
Navalsauz		La Pobedilla (27)	30T 325880 4476936	—	3	1440	
		Huertos del Prado de la Casa (28)	30T 326901 4475345	—	3	1330	
		La Llanilla (29)	30T 326064 4475807	—	3	1380	
San Martín de la Vega del Alberche		Arroyo de la Piedad (31)	30T 316431 4478280	—	2	1500	
		Arroyo de Pinorredondo (32)	30T 315088 4475772	1170±40	8	1645	
Villafranca de la Sierra (33)			30T 321032 4483129	2830±60	6	1800	

Tabla 4.2. Localización de los yacimientos de las troncas analizadas de la sierra de Gredos (la cifra entre paréntesis corresponde al del gráfico de ubicación de yacimientos). Se indica el número de muestras recolectadas en cada yacimiento, y sus dataciones, realizadas sobre muestras identificadas como *Pinus* gr. *sylvestris-nigra*.

Otros macrorrestos

Junto con los restos leñosos muestreados en la turbera de Hoyos del Espino (Regajo del Acarreo), se encontraron numerosas piñas y restos orgánicos de distinto origen. Las primeras se recolectaron mediante una prospección superficial de la turbera y para obtener una muestra representativa del resto de macrorrestos, se recolectaron 4 fracciones de sedimento, que posteriormente fueron diluidos en una solución de hexametáfosfato de sodio. Las piñas y restos obtenidos fueron minuciosamente limpiados con la ayuda de pinceles y lancetas en agua templada y estudiados mediante un análisis morfológico, para posteriormente comparar los caracteres diagnósticos con los descritos para las especies de coníferas (TUTIN *et al.*, 1964). Una vez identificado el género y el grupo, se realizó un estudio focalizado en la diagnosis de pinos montanos (GALERA, 1993; ROIG *et al.*, 1997; ALCALDE *et al.*, 2000), que facilitó la identificación de *Pinus sylvestris* en 25 de las 31 piñas recolectadas.

Finalmente, la técnica de datación radiométrica del ^{14}C aplicada sobre 17 de los troncos fósiles hallados, nos ha indicado su extensión cronológica con bastante aproximación (tablas 4.2 y 4.3).

Muestra analizada		Yacimiento	Datación ^{14}C (Años BP)	Datación calibrada (años Cal AC/DC)	
Id	Nº referencia			Intervalo 2σ ($p=1$)	Media
NVL006	Pta-9240	Navalacruz-Astillero	860±20	1056-1224 DC	1144 DC
NVT012	Beta-187347	Navalperal de Tormes-Garganta de Gredos	970±60	970-1210 DC	1090 DC
HOY009	Pta- 9249	Hoyos del Espino-La Covacha	1090±30	893-1013 DC	953 DC
SJG010	Pta- 9245	Navacepeda de Tormes-Cerro Triguero	1090±50	783-1026 DC	904 DC
SMV003	Beta-215652	San Martín de la Vega del Alberche- Arroyo de Pinorredondo	1170±40	727-975 DC	851 DC
HOY010	Pta- 9261	Hoyos del Espino-Regajo del Acarreo	1300±60	640-880 DC	760 DC
NVT013	Pta-9243	Navalperal de Tormes-Roncesvalles	1560±35	419-574 DC	496 DC
HOC001	Beta-208810	Hoyos del Collado	1670±40	254-530 DC	392 DC
NVD001	Pta-9231	Navadijos	1750±45	139-398 DC	268 DC
SEV001	Pta-9235	San Esteban del Valle	1815±25	128-312 DC	220 DC
SJG008	Pta-9247	Navacepeda de Tormes-Dehesa del Prado de la Casa	2085±25	177- 43 AC	110 AC
SMP005	Beta-215651	San Martín del Pimpollar-Arroyo Arrovalle	2350±40	262-727 AC	495 AC
GDV002	Pta-9253	Garganta del Villar	2430±15	729-409 AC	569 AC
SER001	Beta-187348	Serranillos	2440±60	760-400 AC	580 AC
VLFF004	Beta-208822	Villafranca de la Sierra	2830±60	1190-840 AC	1015 AC
NPT001	Beta-208812	Navalperal de Tormes-El Cervunal	4350±60	3330-2870 AC	3100 AC
NVQ002	Beta-208821	Hoyocasero-La Cañada	5630±70	4650-4340 AC	4495 AC

Tabla 4.3. Dataciones radiocarbónicas de las maderas fósiles analizadas.

VESTIGIOS DE BOSQUES DEL PASADO

El muestreo de yacimientos y el estudio microscópico y cronológico de las troncas de Gredos, pone de manifiesto la presencia natural de los taxones señalados en la tabla 4.1, resultando particularmente significativa la presencia de restos pertenecientes a *Pinus* gr. *sylvestris-nigra* en la sierra de Gredos. El número, tamaño, tipo de resto y posición de las troncas, indican la amplia superficie por la que se extendieron esos pinares.

La presencia de estos restos arbóreos, cuyos tocones y dimensiones evocan la existencia de arbolado maduro en las cabeceras de los ríos Tormes y Alberche, contribuye a aclarar la procedencia de los pólenes registrados en los sondeos polínicos gredenses (capítulo 3). La cronología de las troncas, entre 860 ± 20 años BP y 5.630 ± 70 años BP (aproximadamente desde el 4.500 antes de Cristo hasta el año 1.200 de nuestra era), constata una continuidad temporal de estos pinares a lo largo del Holoceno hasta un periodo histórico relativamente reciente. La franja altitudinal en la que se encuentran estos restos arbóreos es amplia, oscilando entre 1.100 y 1.840 m de altitud.

¿Qué especies formaron esos bosques?

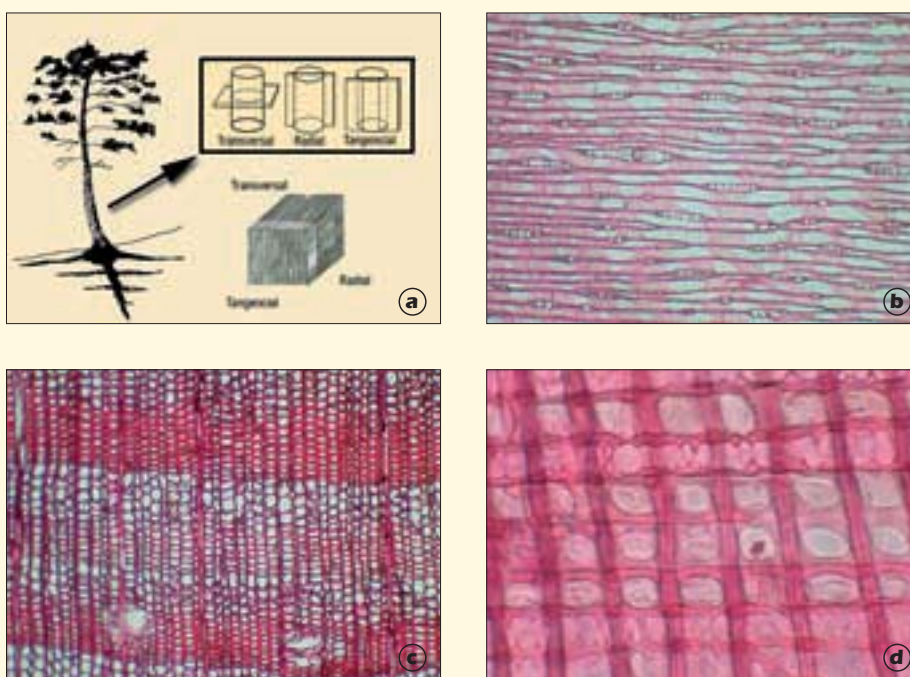
De las troncas halladas en el piso de alta montaña gredense, 86 corresponden al grupo *Pinus sylvestris-nigra* como se ha dicho anteriormente; además los yacimientos de Hoyos del Espino y Hoyocasero contenían varias piñas de *Pinus sylvestris*. La presencia actual de ejemplares de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* varias veces centenarios, dispersos por la sierra, resulta coherente con el protagonismo de ambos taxones en los pinares que poblaron este piso bioclimático. El carácter relictivo de estos pies ya ha sido señalado por otros autores que apoyan la idea de que constituyen restos de formaciones más extensas en un pasado reciente (GÉNOVA *et al.*, 1988; GÓMEZ MANZANEQUE, 1988; REGATO *et al.*, 1992; MANCEBO *et al.*, 1993; FRANCO *et al.*, 1997; MARTÍNEZ, 2002).

LA IDENTIFICACIÓN DE LAS MADERAS DE PINOS BASADA EN SU ANATOMÍA

El estudio de macrorrestos permite, en muchos casos, una mayor precisión taxonómica en la identificación que la que es posible alcanzar mediante el estudio del polen, que generalmente sólo llega al rango de género y, en ocasiones, no profundiza más allá de la familia. Uno de los macrorrestos que aparece con más frecuencia en los registros fósiles es la madera, la cual se puede identificar al microscopio cuando sus tejidos están suficientemente bien conservados.

Para su estudio anatómico es necesario preparar los tejidos de la madera de forma que puedan observarse bien todos los elementos que componen el xilema y que permiten la diagnosis taxonómica. Como la estructura es tridimensional, el estudio se realiza a partir de secciones que dejen ver claramente los caracteres clave en la identificación. Esas secciones siguen los planos transversal, radial y tangencial (ver figura).

Actualmente, la discriminación anatómica de las maderas de las especies europeas está ampliamente estudiada; los grupos de especies ibéricas del género *Pinus* pueden diferenciarse claramente mediante el estudio de la madera (PERAZA, 1964; SCHWEINGRÜBER, 1990).



4.7. El estudio de secciones muy finas de los planos principales de la madera permite analizar su estructura tridimensional. Las figuras b) c) y d) corresponden, respectivamente, a las secciones de los planos tangencial, transversal y radial en la madera de pino silvestre.

No obstante, la posibilidad de identificación de pinos de montaña hasta el rango específico (incluyendo en este grupo a *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus uncinata*) no está universalmente reconocida.

La anatomía de la madera de estas tres especies presenta cierta variabilidad intraespecífica y aunque algunos autores proponen caracteres para su identificación taxonómica (GREGUSS, 1955; JACQUIOT, 1955; GARCÍA ESTEBAN & GUINDEO, 1988), otros no creen que dispongamos hoy de elementos suficientes para alcanzar una identificación inequívoca (SCHWEINGRÜBER, 1998, CARCAILLET & VERNET, 2001).

Las maderas de este grupo de pinos presentan unos caracteres comunes, como son la presencia de canales resiníferos de pared delgada, radios leñosos de una (o raramente dos) células de ancho, traqueidas radiales con punteaduras (estructuras de comunicación entre células) anchas, denominadas técnicamente como de tipo pinoide I de Beverluis, o traqueidas radiales claramente dentadas (ver figura 4.7).

Los caracteres usados como diagnósticos consistentes para separar a *Pinus sylvestris* de las otras especies del grupo, según nuestras observaciones personales y las de otros autores (GREGUSS, 1955; JACQUIOT, 1955; GARCÍA Y GUINDEO, 1988; MACAYA, 2002), son fundamentalmente la dentición de las traqueadas radiales, que en *P. sylvestris* es de forma aguda y concretescente en madera temprana y la tipología de los canales resiníferos, que presentan células epiteliales de pared delgada.

Ahora bien, la variabilidad interespecífica es más manifiesta en sus etapas juveniles, por lo que una identificación en esas maderas jóvenes podría inducirnos a error. Por tanto, el estudio de estos caracteres con fines de identificación, debe ser acometido sólo en madera de fustes de una determinada edad mínima.

El matiz de xericidad que caracteriza a las estaciones de *Pinus nigra*, si las comparamos con las de *Pinus sylvestris*, evoca en Gredos la imagen de pinos cascalbos (*P. nigra*) en las laderas más soleadas y de sustrato edáfico menos desarrollado. El pino silvestre, más higrófilo y microtermo, se ubicaría en zonas más frescas, situadas normalmente a mayor altitud o en umbrías. Por otra parte es frecuente, en la cara sur de Gredos, la existencia de masas mixtas de estas dos especies en ambientes intermedios, como las que hoy podemos encontrar en otros lugares de la geografía española (COSTA *et al.*, 1997; RUIZ DE LA TORRE, 2002).

Junto con estos pinos se encuentran restos de otros taxones que formarían parte de su cortejo florístico. Los restos de enebro (*Juniperus* sp.) y de retama negra (*Cytisus*

gr. *scoparius*), indican que estos taxones formarían parte del sotobosque y de las comunidades de sustitución de los pinares. Los restos de sauces (*Salix* sp.) y chopos (*Populus* sp.), reflejan la vegetación de ribera de montaña. Los abedules (*Betula* sp.), están únicamente representados en la Garganta de Gredos (Navalperal de Tormes), entre los 1.570–1.790 m de altitud, junto con sauces, melojos y pinos. Este taxon, por su carácter frugal y microtermo, desempeñaría un papel importante en zonas húmedas de alta montaña y espacios abiertos (COSTA *et al.*, 1997).

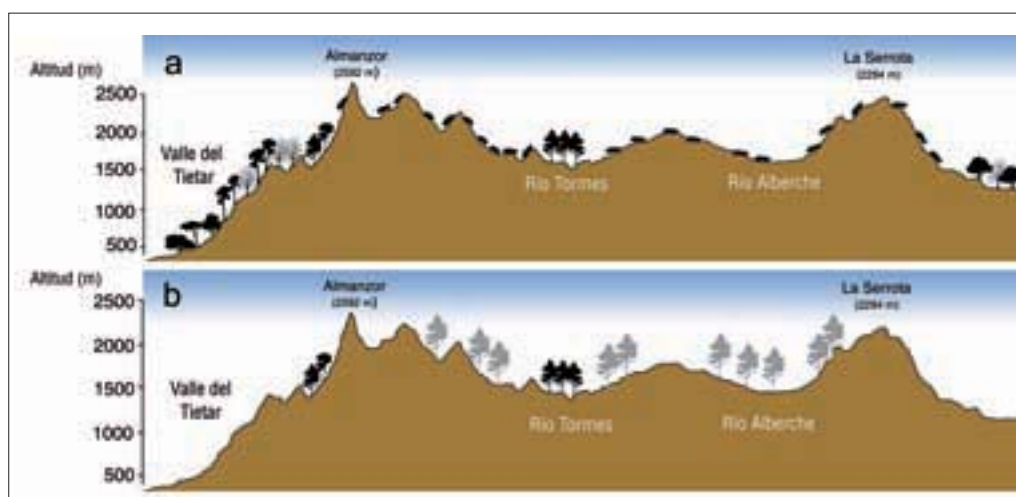
Actualmente, el límite inferior del piso de *Pinus sylvestris* contacta en torno a los 1.500 m con uno dominado por *Quercus pyrenaica* o *Pinus pinaster* (GÉNOVA *et al.*, 1988). La composición de los bosques de este ecotono en el pasado queda reflejada en los yacimientos de Navalacruz (860 ± 20 años BP), Navalsauz y Navalperal de Tormes (4.350 ± 60/ 970 ± 60 BP), ubicados entre los 1.100 y 1.800 m.

Cabe finalmente hacer una consideración sobre taxones no hallados en los yacimientos, pero que cabría esperar teniendo en cuenta el marco geobotánico regional. Es el caso de especies de pinos mediterráneos como *Pinus pinaster* o *Pinus pinea*, o *Quercus* de tipo esclerófilo. Pinares de las dos especies citadas se presentan hoy en día sobre todo en las vertientes meridionales de Gredos, ascendiendo en el caso de *P. pinaster*, hasta más de 1.600 m. También son frecuentes masas de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en zonas basales y en roquedos soleados de la vertiente meridional, biotopos estos últimos donde llegan ocasionalmente a superar en altitud al piso de melojos. Los requerimientos ambientales más xerotérmicos de la encina y los pinos mencionados, comparados con los de los pinares de *P. sylvestris* y *P. nigra*, explican su ausencia en las altitudes propias de las turberas, lagunas alpinas o tremedales, enclaves donde hemos encontrado los restos estudiados.

La extensión pasada de los pinares en Gredos

Cabe destacar la amplia extensión que ocupan en el territorio estudiado los yacimientos paleobotánicos con presencia de *Pinus* gr. *sylvestris-nigra* (figura 4.5). Se distribuyen por las cabeceras de los ríos Tormes y Alberche, macizo de la Serrota y vertientes septentrionales del macizo central de Gredos. Los pinares antiguos que evocan esta gran cantidad de restos fósiles debieron extenderse además por las partes elevadas de las laderas meridionales de la sierra, a juzgar por los pies de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* que se encuentran hoy día dispersos en las mismas.

La información climática que proporcionan las estaciones meteorológicas próximas recrea unas condiciones perfectamente compatibles con los requerimientos de estas dos especies, siempre en relación con los valores climáticos típicos de las estaciones en las que hoy se presentan masas naturales de estos dos pinos montanos. Por ello sorprende que sólo haya llegado a nuestros días una pequeña parte de aquellos extensos pinares detectados por el registro paleobotánico.



- 4.8. a) Representación catenal de la vegetación actual de la sierra de Gredos correspondiente a la sección A-A' de la figura 4.4. : Pinar de *Pinus sylvestris*; : robledal de *Quercus pyrenaica*; : bosque esclerófilo con *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Quercus suber*; : pinar de *Pinus pinaster*; : pinar de *Pinus pinea*; : matorral de alta montaña (*Cytisus oromediterraneus*, *Genista cinerascens*, *Adenocarpus hispanicus*); : *Pinus nigra*.
 b) Reconstrucción catenal de lo que debieron representar los pinares montaños del grupo *Pinus sylvestris*/*Pinus nigra* (en negro poblaciones actuales de *Pinus sylvestris* y en gris la ubicación de los yacimientos con restos de pinos hace entre 6.000 y 1.000 años aproximadamente).

Las dataciones de ^{14}C realizadas sobre los restos fósiles (tabla 4.3) muestran una continuidad cronológica y espacial de aquellos bosques hasta edades muy recientes (siglos XII/XIII). La ausencia de fósiles desde hace aproximadamente unos 800 años en todo el macizo, apunta hacia una drástica reducción (o desaparición en muchos sitios) de los pinares en torno a esa fecha.

La existencia de carbones, al menos en alguno de los yacimientos, revela la existencia de paleofuegos en dichos parajes. Hay que pensar que en momentos de elevada densidad demográfica (ver capítulo 6), el uso del fuego por parte del hombre constituyó una importante herramienta para despejar vastas áreas de vegetación, pudiendo haber representado un factor determinante en el decaimiento generalizado de los pinares en Gredos. Estudios recientes de la dinámica vegetal post-incendio en zonas mediterráneas ponen de manifiesto que los patrones de recuperación de los pinares montaños (*Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*) presentan importantes limitaciones tras grandes incendios (RETANA *et al.*, 2002; RODRIGO *et al.* 2004). La presencia de especies rebrotadoras, que recuperan con facilidad los espacios quemados sin necesidad de producir semillas, intervienen de manera decisiva en los cambios de composición del tapiz vegetal (GRACIA *et al.*, 2002). En las zonas de ecotono entre melojo (*Quercus pyrenaica*, especie

rebrotadora) y pinar, es probable que este último se viese desplazado por el primero en muchas zonas sometidas a recurrencia de incendios severos. A mayores altitudes, en zonas ya poco aptas para el desarrollo de especies arbóreas frondosas (1.500/1.600 m), son los matorrales de montaña, dominados fundamentalmente por leguminosas, los que se verían favorecidos por esos incendios recurrentes (FERNÁNDEZ SANTOS *et al.*, 2004).

La banda altitudinal ocupada por los pinares, según los restos fósiles, se sitúa entre los 1.100 m (arroyo Obreguilla, Navalacruz) y los 1.840 m (Regajo del Acarreo, Hoyos del Espino). Estos límites (superior e inferior) son más bajos que los que presentan los pinares montanos en otros puntos de la cordillera Central; como por ejemplo, en las sierras de Guadarrama (Izco, 1984; MARTÍN *et al.*, 1998).

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALDE, C.; I. GARCÍA-AMORENA; F. GÓMEZ MANZANEQUE; J. MALDONADO; C. MORLA, & J.M. POSTIGO (2000).—Estudio de los macrorrestos vegetales del yacimiento de Lomilla (Aguilar de Campoo, Palencia, España). *Anales Jard. Bot. Madrid*. 59(1): 101-112.
- BIRKS, H.H. & H.J.B. BIRKS (2000).—Future uses of pollen analysis must include plant macrofossils. *Journal of Biogeography* 27: 31-35.
- CARCAILLET, C. & J.L. VERNET (2001).—Comments on The Full-Glacial Forests of Central and Southeastern Europe by Willis *et al.* *Quaternary Research* 55,385–387.
- COSTA, M.; C. MORLA & H. SAINZ (Eds.) (1997).—*Los bosques ibéricos: una interpretación geobotánica*. Editorial Planeta. Barcelona.
- FERNÁNDEZ SANTOS, B.; C. MARTÍNEZ, J.A. GARCÍA & A. PUERTO (2004).—Postfire regeneration in *Cytisus oromediterraneus*: sources of variation and morphology of the below-ground parts. *Acta Oecologica* 26, 149–156.
- FRANCO, F.; M. GARCÍA-ANTÓN; H. SAINZ-ÓLLERO (1997): Impacto antrópico y dinámica de la vegetación durante los últimos 2000 años BP en la vertiente septentrional de la sierra de Gredos: Navarredonda (Ávila, España). *Revue de Paléobiologie*, 16(1): 29-45.
- GALERA, R. M. (1993).—*Variación morfológica de Pinus sylvestris L. en España caracteres de acículas, piñas y piñones*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- GARCÍA L. & A. GUINDEO (1988).—*Anatomía e identificación de las maderas de coníferas españolas*. A.I.T.I.M.: 142 pp. Madrid.
- GÉNOVA, M.; F. GÓMEZ MANZANEQUE & P. REGATO (1988).—Sobre los pinares relictos de la sierra de Gredos (Ávila). *Actes del Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer*. Vol. II. Fanerogàmia: 439-442.
- GÓMEZ MANZANEQUE, F. (1988).—Algunos taxones interesantes del suroeste madrileño. *Studia Botanica*. 7: 257-261.
- GRACIA, M.; J. RETANA & P. ROIG (2002).—Mid-term successional patterns after fire of mixed pine-oak forests in NE Spain. *Acta Oecologica* 23: 405–411.
- GREGUSS, P. (1955).—*Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy*. Akademiai Kiadó: 263 pp. Budapest.
- Izco, J. (1984).—*Madrid Verde*. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios, Madrid.
- JACQUIOT, C. (1955).—*Atlas d'anatomie des bois des conifères*. Centre Technique du Bois: 175 pp. Paris.
- MACAYA, D. (2002).—*Diferenciación anatómica de la madera de Pinus sylvestris y de Pinus nigra subsp. salzmannii en poblaciones sorianas*. Proyecto Fin de Carrera. ETSIM. UPM: 69 pp. Madrid.
- MANCEBO, J.M.; J.R. MOLINA & F. CAMINO (1993).—*Pinus sylvestris L. en la vertiente septentrional de la sierra de Gredos (Ávila)*. *Ecología* 7: 233-245.
- MARTÍN, S.; P.M. DÍAZ-FERNÁNDEZ & DE MIGUEL, J. (1998).—*Regiones de Procedencia de las especies forestales españolas*. Géneros Abies, Fagus, Pinus y Quercus. Ministerio de Medio Ambiente. 22 pp. Madrid.
- MARTÍNEZ GARCÍA, F. & M. COSTA (2001).—La interpretación de los bosques de *Pinus sylvestris L.* del Sistema Central español en la literatura geobotánica y forestal. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 96(3-4): 27-68.
- PERAZA, C. (1964).—*Estudio de las maderas de coníferas españolas y de la zona norte de Marruecos*. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias: 112 pp. Madrid.
- REGATO, P.; M. GÉNOVA & F. GÓMEZ MANZANEQUE (1992).—Las representaciones relictas de *Pinus nigra* Arnold en el Sistema Central español. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)* 88 (1-4): 63-71.