



1.- El Bosque Mediterráneo

Teodoro Marañón Arana

Los bosques andaluces ocupan una extensión aproximada de 23.000 km², es decir un 26 % de la superficie regional, y tienen un importante valor ecológico, económico y paisajístico. Estos bosques son bastante diversos, así los fitosociólogos distinguen hasta 21 series forestales en Andalucía, en función de las especies de árboles dominantes y su distribución geográfica (CABEZUDO y cols., 1998).

En este capítulo vamos a tratar el bosque mediterráneo como la formación forestal dominante en Andalucía. Primero, conviene detenerse sobre la definición de bosque mediterráneo, un término general, bastante extendido, que sin embargo puede plantear ambigüedades y confusiones. De una forma sencilla se puede decir que el bosque mediterráneo es una formación vegetal con predominio de árboles que se encuentra en una región con clima mediterráneo.

El clima mediterráneo se caracteriza por sus inviernos fríos y lluviosos, y por veranos secos y calurosos. Es un clima de transición entre el clima templado y el clima tropical, y ocurre en cinco regiones del Planeta: la Cuenca Mediterránea, California, Chile, Sudáfrica y el suroeste de Australia (Figura 1). En estas regiones se encuentran algunos de los bosques más fascinantes del mundo, como los secuoyares de California, con árboles gigantes que llegan a los 100 m. de altura y pueden pesar más de 2 toneladas o los bosques afromontanos de Sudáfrica con magníficos ejemplares de *Podocarpus falcatus*. También son bosques mediterráneos los eucaliptares australianos, los espinares chilenos y por supuesto los encinares ibéricos. A pesar de ciertas semejanzas ecológicas determinadas por la influencia común del clima mediterráneo, estos bosques son en general muy diferentes, debido fundamentalmente a sus orígenes evolutivos dispares. Podemos entonces limitar geográficamente el término

Fotografía 1 (izq.)- El bosque mediterráneo es un sistema complejo de gran biodiversidad.

mediterráneo y referirnos únicamente a los bosques que habitan la Cuenca Mediterránea, sin distinción de tipos; en ese caso, estarían incluidos todos los bosques andaluces, es decir los pinsapares, pinares, encinares, alcornocales, alisedas, etc.

Otra fuente de ambigüedad es el término bosque, porque la presencia de árboles no es suficiente. Por ejemplo, los árboles de los parques urbanos cumplen una extraordinaria función oxigenando el aire contaminado de las ciudades, proporcionando sombra y frescor en verano, albergando una fauna variada y ofreciendo una estampa estética, placentera y cambiante que dulcifica el ambiente de la ciudad, cada vez más hostil; sin embargo no se puede decir que formen un bosque. Otro ejemplo: las plantaciones de árboles frutales pueden cubrir superficies extensas de paisaje, como los olivares en las campiñas, los castañares serranos, los almendrales en lomas semiáridas o los naranjales en las vegas; además de su producción de alimentos tienen un indudable valor ecológico y estético, pero tampoco forman bosques. Cuando el objeto de la plantación de árboles es la producción de madera o de pasta para papel, como en el caso de eucaliptares, pinares y choperas, la confusión es mayor; a veces, de una forma interesada se ha denominado "replantación forestal" a la sustitución del bosque autóctono por estos cultivos arbóreos industriales. Por tanto, un requisito para el uso del término bosque debe ser que las especies de árboles sean autóctonas y tengan una regeneración natural.

En resumen, todos los bosques (autéctonos) de Andalucía son propiamente bosques mediterráneos. Sin embargo, para simplificar la exposición conviene distinguir algunos tipos principales de bosques y tratarlos por separado. Los bosques de coníferas (no confundir con las plantaciones madereras de pinos) tienen notables ejemplos andaluces, como los pinsapares de Ronda, los pinares de pino laricio de Cazorla o los pinares costeros. Estos bosques son inequívocamente mediterráneos, sin embargo, en un contexto global los abetares y pinares cubren



Fotografías 2 (superior) y 3 (pág. dcha.) - Bosques de otras regiones mediterráneas: secuoyas en California



y podocarpos en Sudáfrica.

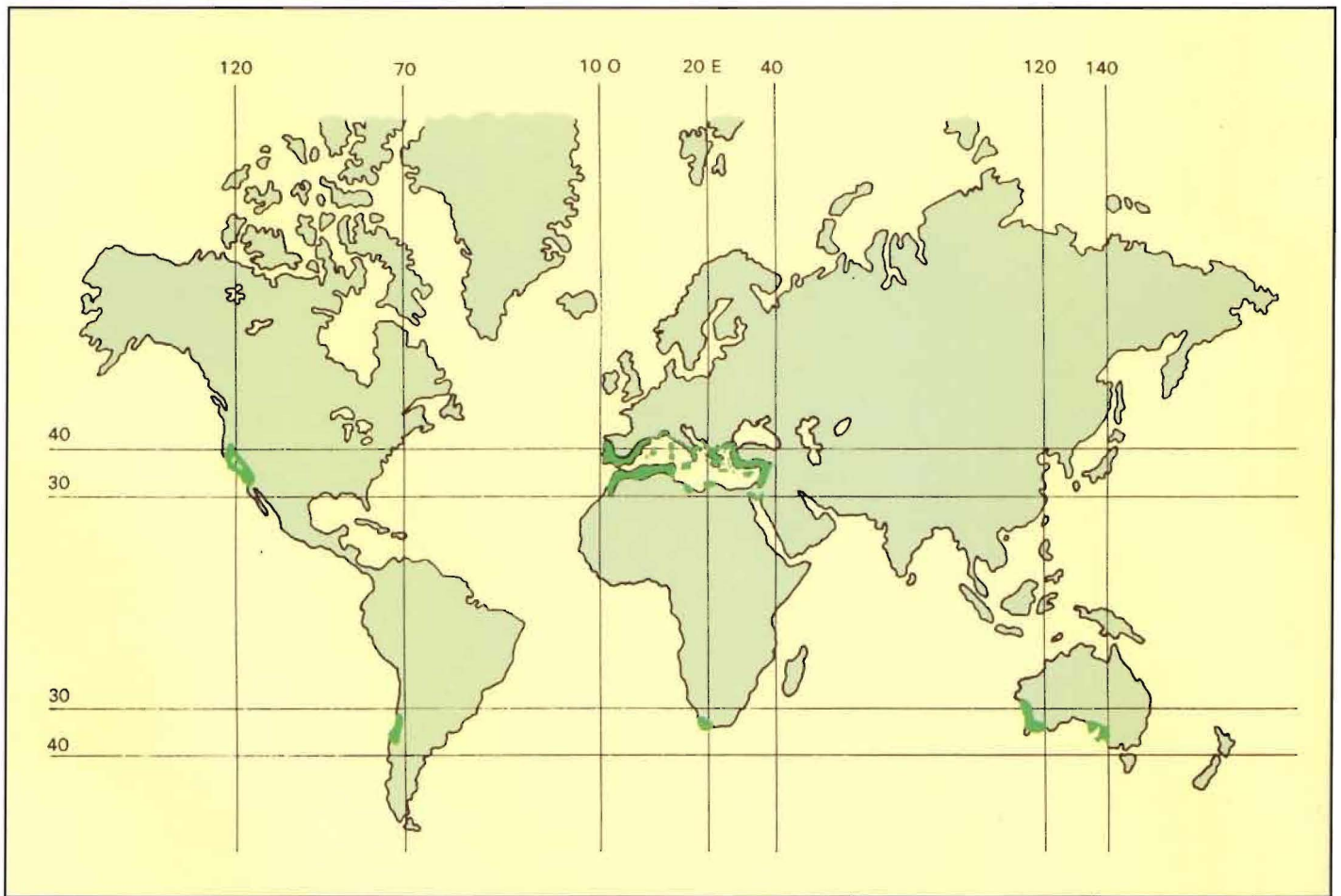


Figura 1.- Mapa con la situación de las cinco regiones del mundo con clima mediterráneo: California, Chile, Cuenca Mediterránea, Sudáfrica y Australia del sudoeste. Fuente: PARRA, 1991.

superficies extensísimas en la taiga y están más asociados con el paisaje boreal. Además, presentan características peculiares, como el tipo de hoja acicular, la abundancia de resinas y las semillas pequeñas, que justifican su tratamiento aparte, en el capítulo 5.

Los bosques de ribera crecen en las zonas más húmedas, en las orillas de ríos y arroyos, donde escapan relativamente de la sequía veraniega. Están dominados por frondosas caducifolias (que pierden la hoja en invierno) y recuerdan a los bosques centroeuropeos, de clima templado. Estos bosques, de gran interés ecológico y paisajístico, serán tratados en el capítulo 3.

La mayor parte del bosque andaluz está dominado por frondosas de hoja perenne, las encinas y alcornoques, que forman el bosque mediterráneo, en un sentido más restringido. Se puede considerar a la hoja ancha, perenne, esclerófila, como distintiva del bosque mediterráneo, a diferencia de la hoja caduca del bosque templado y de la hoja acicular perenne del bosque boreal. Este bosque se encuentra a veces transformado en un pastizal con

arbolado, una formación de tipo sabana, la dehesa, con notable importancia histórica, cultural y ecológica, que será tratada en el capítulo 2.

Por último, el sotobosque puede tener extraordinaria diversidad. Aunque falten los árboles, los arbustos de gran talla como los madroños, agracejos y durillos (en realidad arbolitos ramificados desde la base), tienen una entidad propia, formando el matorral mediterráneo, con interés biogeográfico y ecológico, que será tratado en el capítulo 4.

En este capítulo trataremos el bosque mediterráneo de Andalucía en su sentido más restringido, como el bosque dominado por frondosas de hoja perenne (FIGURA 2). Comenzaremos con una revisión de sus orígenes evolutivos y una reconstrucción de su historia reciente, basándonos en los estudios de polen en sedimentos. A continuación daremos algunos datos sobre su funcionamiento, en concreto sobre el flujo de energía y el ciclo de nutrientes. Revisaremos con más detalle el origen y función de la hoja esclerófila, tan característica de los ambientes mediterráneos. Dentro de las interacciones entre plantas y

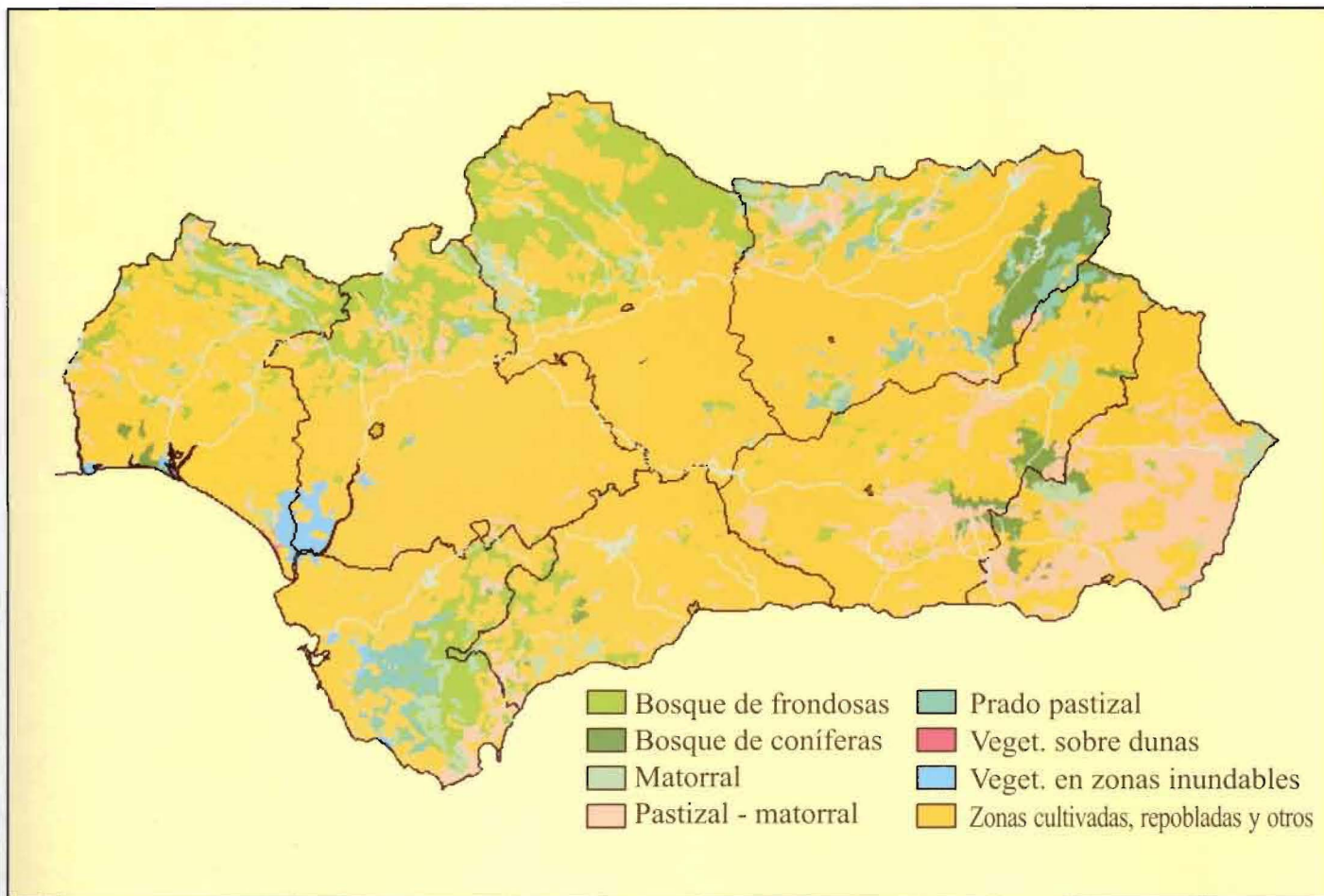


Figura 2.- Mapa con las zonas de Andalucía donde predominan los bosques de hoja ancha esclerófila. Fuente: Consejería de Medio Ambiente -Junta de Andalucía-.

animales del bosque, trataremos del ajuste ecológico entre las plantas con frutos carnosos y las aves frugívoras que los comen, dispersando a cambio sus semillas. Por último, terminaremos con unas ideas sobre biodiversidad y conservación del bosque.

1.1.- Origen e Historia

1.1.1.- Migraciones y Extirpaciones

Los árboles que vemos ahora, en vísperas del tercer milenio D.C., son la descendencia de los escasos supervivientes de una larga historia de adversidades y catástrofes. Primero, los cambios dramáticos en el clima, especialmente el efecto adverso de la congelación y la sequía, diezmaron a la mayoría de las especies del bosque original terciario, que era de tipo tropical. Más recientemente, la llegada de las poblaciones humanas al sur de Europa y el posterior desarrollo de la agricultura y

ganadería (a partir del Neolítico), transformaron el paisaje andaluz relegando los bosques a los suelos menos fértiles y a lugares poco accesibles.

En una mancha cualquiera de bosque encontraremos una mezcla heterogénea de especies, que se han originado en diferentes épocas, en las que se daban condiciones ecológicas distintas de las actuales, y que proceden de diferentes regiones, es decir tienen diversas afinidades geográficas. En el CUADRO 1 se presenta una lista de géneros de árboles y lianas andaluces, su grado de especiación (número de especies que viven en Andalucía y en otras regiones) y el área geográfica donde están la mayoría de sus especies congéneres. Comprobamos como algunos géneros están poco diversificados y tienen una importante distribución en la Cuenca Mediterránea, como *Phillyrea*, *Myrtus* y *Pistacia*. Otros géneros de árboles han proliferado en una multitud de especies, como *Quercus*, con unas 400 y su mayor densidad de especies en América del Norte o *Rhododendron*, con 850 especies y su centro de diversidad en China. También hay géneros que tienen una presencia importante en los trópicos, como *Olea* y *Smilax*.

CUADRO I
GÉNEROS DE ÁRBOLES Y LIANAS PERENNIFOLIOS, TÍPICOS DE LOS BOSQUES
ANDALUCES: SUS ESPECIES EN ANDALUCÍA Y EN EL RESTO DEL PLANETA,
Y SUS PRINCIPALES ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN

| GÉNERO | DIVERSIDAD DE ESPECIES | | DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA |
|---------------------|------------------------|-------|--|
| | ANDALUCÍA | TOTAL | |
| <i>QUERCUS</i> | 7* | 400 | Todo el Hemisferio Norte, llegando por el Sur hasta las montañas de Colombia (S. América) y de Malasia (S.E. Asia) |
| <i>OLEA</i> | 1 | 30 | Zonas templadas y tropicales de Eurasia y África |
| <i>CERATONIA</i> | 1 | 2 | Mediterráneo, Arabia y Somalia |
| <i>LAURUS</i> | 1 | 2 | Mediterráneo y Macaronesia |
| <i>ARBUTUS</i> | 1 | 14 | Norteamérica, Europa y Cuenca Mediterránea |
| <i>PISTACIA</i> | 2* | 9 | Mediterráneo, Asia, Norte y Centro América |
| <i>PHILLYREA</i> | 2 | 4 | Cuenca mediterránea, hasta el norte de Irán |
| <i>VIBURNUM</i> | 1 | 150 | Zonas templadas y cálidas de Asia y N. América |
| <i>RHAMNUS</i> | 6* | 125 | Hemisferio Norte, llegando hacia el sur hasta Brasil (S. América) y al Sur de África |
| <i>MYRTUS</i> | 1 | 2 | Mediterráneo y Norte de África |
| <i>RHODODENDRON</i> | 1 | 850 | Zonas templadas del Hemisferio Norte (650 especies en China) |
| <i>SMILAX</i> | 1 | 300 | Zonas templadas y tropicales de Eurasia y América |
| <i>HEDERA</i> | 1 | 11 | Europa, Mediterráneo y Asia |
| <i>LONICERA</i> | 4* | 180 | Hemisferio Norte, llegando por el sur hasta México y Filipinas |

Fuente: Elaboración propia a partir de MABBERLEY (1997) y VALDÉS, TALAVERA y FERNÁNDEZ-GALIANO (1987).

* = incluye especies caducifolias en género predominantemente perennifolio.

¿Cómo se ha llegado a esta mezcla tan diversa? Con ayuda de la paleobotánica (que estudia las plantas de épocas pasadas) y de la fitogeografía (que estudia la distribución comparada de las plantas) podemos reconstruir la historia de los bosques andaluces en el contexto del Hemisferio Norte. LATHAM y RICKLEFS (1993) han comparado la diversidad de especies de árboles entre las tres grandes regiones boscosas del Hemisferio Norte: Europa, Asia Oriental y América del Norte (CUADRO 2).

Del total aproximado de 1.200 especies de árboles que viven en el Hemisferio Norte, la mayor diversidad está concentrada en los bosques de Asia Oriental (63% de las especies), mientras que los bosques europeos están relativamente empobrecidos (11% de las especies). ¿Por qué esta diferencia tan llamativa? La superficie cubierta de bosques en los dos subcontinentes es parecida, por tanto hay que descartar el posible efecto área (en un área mayor tienden a encontrarse un mayor número de especies).

Un factor importante a tener en cuenta es la influencia tropical en los bosques asiáticos: aproximadamente un 22 % de las especies de árboles en Asia templada tienen también distribución tropical, mientras que en Europa es muy baja (sólo un 2 % con distribución tropical). Esta diferencia tiene su explicación en las peculiaridades de su geografía física: en Asia Oriental existe un corredor de bosques húmedos que conecta (tanto en el presente como en el pasado) las latitudes templadas y tropicales, mientras que los bosques europeos están muy separados de los bosques tropicales africanos: por el mar Mediterráneo, el antiguo mar de Tetis (en el terciario) y el desierto del Sáhara. Es decir, la probabilidad de que los bosques asiáticos reciban inmigrantes desde las zonas tropicales es bastante alta, mientras que en Europa es muy baja, casi nula.

Pero existe además un factor histórico que tiene aún mayor relevancia. Si comparamos ahora la dendroflora (dendro=árbol) fósil en las dos regiones (CUADRO 2) comprobamos con sorpresa que el número de géneros de árboles en los bosques europeos del Terciario era parecido al de los bosques asiáticos; aún más, la mayoría de estos géneros son comunes. La diferencia es que de esta dendroflora fósil común sobreviven una mayoría de los géneros (96%) en Asia y sólo una pequeña parte (30%) en Europa. Nos podemos imaginar un extenso bosque de tipo tropical, con gran diversidad de especies, que se extendía durante el Terciario por todo el Hemisferio Norte. Los cambios climáticos posteriores fueron especialmente severos en Europa y diezmaron la biodiversidad de árboles.

Esta larga historia de decenas de millones de años se puede resumir en varias fases. A comienzos del Terciario (hace 65 millones de años), la mayor parte de la Tierra tenía un clima cálido y húmedo, sin heladas. Durante un largo período (unos 40 millones de años) de relativa estabilidad climática, los bosques se extendieron por las zonas emergidas de Eurasia y Norteamérica. La mayoría de las familias de las angiospermas, incluyendo las que hoy están refugiadas en los trópicos, habitaban en las latitudes medias de los dos hemisferios. El este asiático fue un origen de diversidad para muchos grupos de árboles, desde donde se expandieron por el resto del hemisferio. Aunque hay excepciones, como el género *Quercus*, que parece tener su origen en Norteamérica, donde actualmente presenta su mayor diversidad de especies arbóreas: 32 especies, frente a 21 en Asia y 11 en Europa.

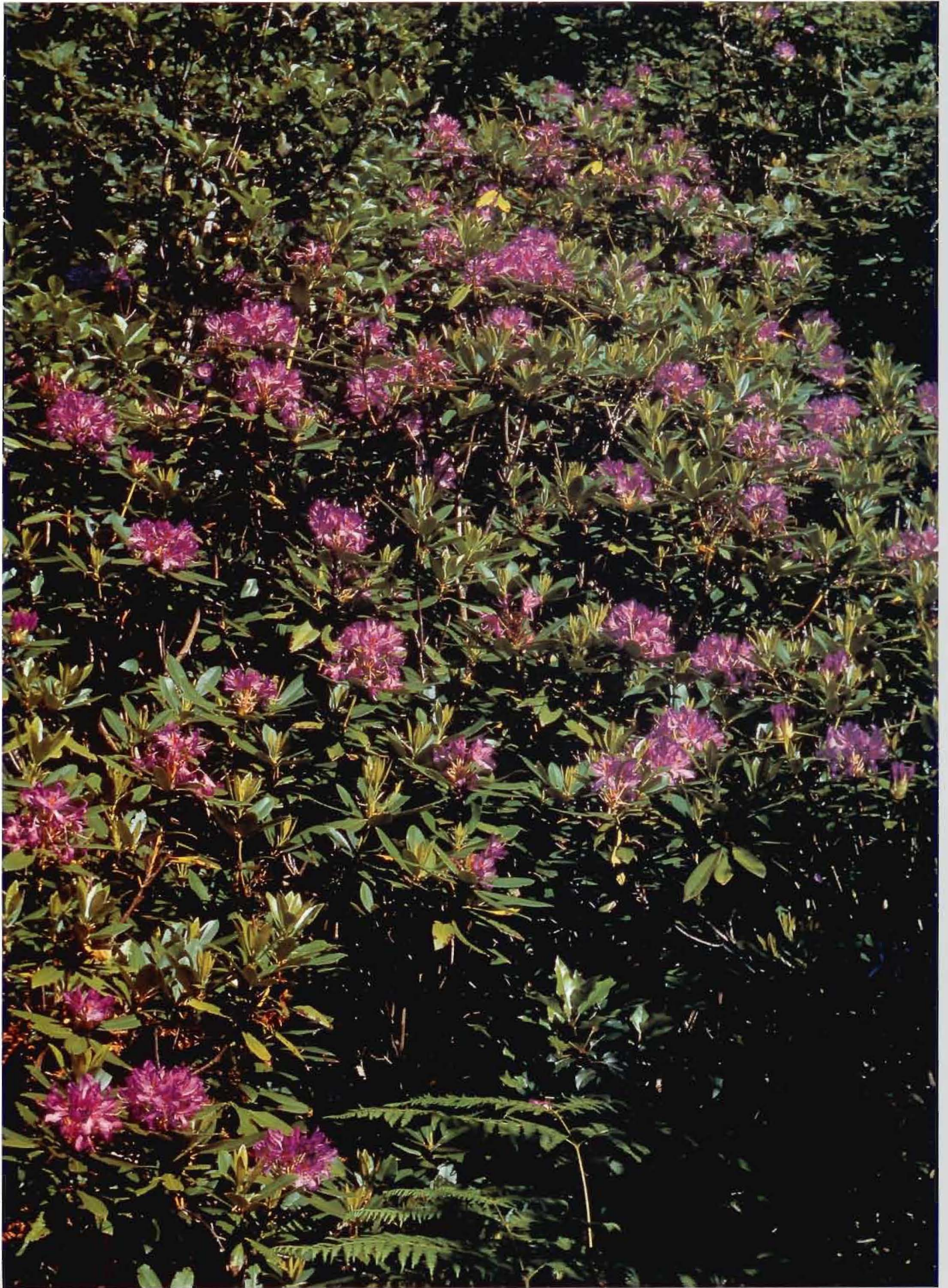
A mediados del Terciario, en la fase del Oligoceno (hace 30 millones de años), comienzan los períodos de enfriamiento global, con heladas intensas y frecuentes en

CUADRO II
COMPARACIÓN EN LA DIVERSIDAD DE
ÁRBOLES ENTRE LOS BOSQUES TEMPLA-
DOS DE EUROPA, ASIA Y AMÉRICA DEL
NORTE

| | EUROPA | ASIA | NORTE AMÉRICA |
|--|--------|------|------------------|
| SUPERFICIE (millones de km ²) | 1,2 | 1,2 | 1,8 |
| <i>Dendroflora actual</i> | | | |
| FAMILIA | 21 | 67 | 46 |
| GÉNEROS | 43 | 177 | 90 |
| ESPECIES | 124 | 729 | 253 |
| <i>Dendroflora fósil</i> | | | |
| GÉNEROS FÓSILES | 130 | 122 | 75 |
| SOBREVIVEN | 38 | 117 | 35 |
| (%) | (29) | (96) | (47) |

Fuente: Elaboración propia a partir de LATHAM y RICKLEFS, 1993.

las zonas de latitudes altas y medias. La consecuencia es una emigración masiva de la mayoría de las especies de árboles hacia las zonas tropicales. En los últimos dos millones de años, ya en el Cuaternario, se han repetido hasta 20 ciclos de alternancia de períodos glaciares e interglaciares. En las fases glaciares, el norte de Europa quedaba cubierto por los hielos y la vegetación eliminada, mientras que en las zonas meridionales, como en Andalucía, el clima frío y seco favorecía una vegetación esteparia con árboles dispersos de pinos y sabinas. En los valles encajados de las zonas costeras, como las sierras de Algeciras (Cádiz), se refugiaron muchos árboles. De hecho, todavía se conservan algunas especies relictas de carácter subtropical como el ojaranzo (*Rhododendron ponticum* subsp. *baeticum*).



Durante las fases inter-glaciares (como la que tenemos en la actualidad), el retroceso de los hielos en el norte era seguido por una colonización del bosque boreal de coníferas con abetos, piceas, pinos y abedules. En las zonas meridionales, los bosques de frondosas, con abundancia de especies de *Quercus*, se expandían a partir de sus refugios.

En esta fase de migraciones y recolonizaciones, los árboles europeos se encontraron con barreras geográficas como las cadenas montañosas (que en Europa suelen tener una disposición este-oeste) y el mar Mediterráneo, que dificultaron su llegada a los refugios tropicales provocando una extirpación (extinción local) de la mayoría de las especies. Mientras que en América y sobre todo en Asia, las cadenas montañosas se disponen con orientación norte-sur, facilitando estas migraciones. Además, en Asia el contacto continuo, sin barreras geográficas importantes, entre las latitudes templadas y tropicales permitieron un flujo continuo de especies entre las reservas de biodiversidad tropicales y las zonas templadas.

Puede sorprender la imagen de bosques emigrando, huyendo de los hielos hacia el sur o recolonizando las zonas del norte al replegarse los glaciares, como si fueran alucinaciones de la mente agitada de Macbeth. Gracias a los estudios del polen almacenado en los sedimentos se ha podido reconstruir esta invasión en Europa y se ha estimado la velocidad de emigración en 200 a 500 m. por año para varias especies de árboles, con un valor excepcional de 2 km. por año para el aliso. Dado que un árbol tarda de 10 a 20 años en madurar y producir semillas, estas velocidades medias de avance, tan altas, suponen que las semillas de dispersaban a varios kilómetros. Desde luego el viento facilita la dispersión a grandes distancias de las semillas pequeñas y aladas, también las aves pueden llevar bellotas y frutos carnosos a nuevos lugares muy distantes, e incluso el transporte por los cursos de agua pudo acelerar la emigración de especies como el aliso y el avellano.

La extirpación de la dendroflora terciaria de Europa no fue al azar, sino selectiva, siendo más intensa para ciertos grupos como las familias antiguas de gimnospermas (Ginkgoáceas, Taxodiáceas) y angiospermas (Magnoliáceas). Un factor clave para sobrevivir los cambios climáticos tuvo que ser la tolerancia a la congelación y las heladas, que supone la elaboración extensiva y costosa de mecanismos bioquímicos para proteger las yemas dur-

mientes del frío. Esta capacidad fisiológica de tolerar el frío pudo estar presente en algunos grupos primitivos de árboles de los bosques terciarios, que estaban así preadaptados al cambio climático y pudieron sobrevivir y expandirse por la Zona Templada. Por otra parte, grupos de árboles subtropicales pudieron adquirir esta tolerancia evolutivamente y saltar la barrera fisiológica originada por las bajas temperaturas, colonizando la Zona Templada y diversificándose.

A la situación de enfriamiento general en el Hemisferio Norte hay que añadirle otro cambio climático, más local, que afectó a la Cuenca Mediterránea. A finales del Plioceno (hace unos tres millones de años) se establece un clima peculiar, que conocemos como mediterráneo, en la zona de transición entre el clima templado y el subtropical. Se caracteriza por la alternancia de inviernos fríos y húmedos con veranos calurosos y secos. Para los árboles exigentes en humedad de la Zona Templada supone una limitación por la sequía estival, que favorece a las especies relictas de la dendroflora terciaria que eran resistentes a la sequía, como la encina (*Quercus rotundifolia*) y el acebuche (*Olea europaea*).

Hay autores que además propugnan un tercer proceso clave en el cribado de esta flora pre-mediterránea: la resistencia al fuego. En el clima mediterráneo, con veranos calurosos y secos, las tormentas de finales de verano y comienzos de otoño producirían frecuentes fuegos que se extenderían eliminando los árboles más sensibles. De hecho, la mayoría de las plantas leñosas mediterráneas tienen forma de sobrevivir al fuego, ya sea protegiendo sus yemas, como en el caso especializado de la corteza suberificada del alcornoque (*Quercus suber*), o protegiendo las semillas y dispersándolas después del fuego, como en el pino piñonero (*Pinus pinea*).

Sin embargo, HERRERA (1992) estudió los caracteres reproductores de arbustos y árboles mediterráneos actuales (de origen pre-mediterráneo) y los comparó con los de especies actualmente extirpadas en Europa, pero que persisten en bosques tropicales, y no encontró diferencias significativas (al menos para estos caracteres). Es decir, el síndrome relacionado con hojas esclerófilas perennes, flores pequeñas, unisexuales, poco llamativas y frutos carnosos dispersados por aves, con semillas grandes, tan típico de muchos arbustos del bosque mediterráneo es comparable a los de una muestra aleatoria del bosque tropical. Estos caracteres habrían evolucionado en un escenario tropical, persistiendo en la actualidad en otras condiciones ambientales diferentes, las mediterráneas; HERRERA los denomina "fantasmas ecológicos".

Fotografía 4 (pág. izq.).- El ojaranzo (*Rhododendron ponticum* subsp. *baeticum*) es una especie de origen subtropical refugiada en los bosques de Cádiz.

1.1.2.- Historia del Cuaternario

En Andalucía existen escasos registros polínicos que puedan dar una idea global de los cambios recientes en la composición y distribución de los bosques. Esta carencia se debe en parte al clima seco y a la intensa erosión del sustrato. Resulta difícil encontrar sedimentos antiguos, estables dónde se hayan depositado los granos de polen durante miles de años, y dónde se hayan conservado hasta la actualidad; en general los granos de polen se conservan mejor en condiciones anaerobias sumergido en aguas ácidas, como en turberas y fondos de lagunas. Dos excepciones son los estudios de las turberas de Padul en Granada y Las Madres en Huelva.

Padul (Granada)

Este yacimiento se ha perforado hasta los 100 m. de profundidad, proporcionando una de las series más completas de la Cuenca Mediterránea para reconstruir los cambios de la vegetación en los últimos 200.000 años (véase resumen en BLANCO y cols., 1997). En el registro polínico se comprueba la alternancia de una vegetación esteparia con artemisia, quenopodiáceas y pinos dispersos, en los últimos períodos glaciares, sustituida por bosques mixtos de *Quercus*, *Pinus* y ericáceas en las épocas más cálidas de los interglaciares.

En sedimentos menos profundos (a 40 m., que corresponden a 10.000 años de antigüedad) se ha encontrado un aumento espectacular del polen de encinas y quejigos, que persiste hasta la actualidad. El cambio climático producido al final del último período glacial permitiría una colonización rápida por parte de las encinas y quejigos, de las amplias estepas glaciares andaluzas, posiblemente a partir de refugios en valles de las zonas bajas cercanas a la costa. Los pinos y *Juniperus* también están presentes al final del período glacial, aunque dejan poca densidad de polen en los sedimentos. Más que bosques mixtos de *Quercus* y coníferas, se piensa que habría un paisaje en mosaico: pinos, enebros y sabinas ocuparían las solanas y laderas pedregosas, mientras que encinas y quejigos dominarían en umbrías y suelos profundos.

En una época algo más reciente, hace unos 8.000 años, cobra importancia en el registro el polen del alcornoque (*Quercus suber*), posiblemente asociado a un clima más húmedo. También el acebuche (*Olea europaea*)

está presente en los bosques pre-humanizados de esta época, confirmando su origen autóctono. La cantidad de polen de *Olea* es baja al principio (forma un elemento menor del bosque), pero en los últimos 3.000 años comienza a ser cultivado y se produce su gran expansión por el paisaje andaluz.

Doñana (Huelva)

En las turberas de Las Madres y El Acebrón, en Huelva, los depósitos sólo alcanzan unos 3 m. de profundidad y tienen una edad máxima de 6.000 años. Sin embargo, han proporcionado una información muy valiosa sobre la historia reciente de los bosques de la costa, gracias al trabajo conjunto de un paleobotánico y un arqueólogo (STEVENSON y HARRISON, 1992). Los depósitos más antiguos ya reflejan un paisaje forestal fuertemente influido por las poblaciones humanas que habitaban la zona. Se han encontrado evidencias de una proto-dehesa de alcornoques que era mantenida mediante el cultivo de cereales (posiblemente trigo y cebada), el pastoreo y las quemadas de matorral. Este tipo de gestión comenzaría en el Neolítico (hace 4.500 años) y se mantendría hasta la Edad del Cobre. En el registro polínico se pueden distinguir las fases de bosque cerrado, durante las cuales el polen de alcornoque está acompañado por polen de brezos y torvizco (*Daphne gnidium*) frente a las fases de dehesa, en las que abunda el polen de herbáceas, como rumex, plantago, crucíferas y compuestas.

Un resultado sorprendente es la gran cantidad de polen de vid encontrado en depósitos de hace 3.500 años (Edad del Bronce); esta abundancia persiste durante unos 500 años. Se ha sugerido que los pobladores de aquella época podrían cuidar y proteger las vides silvestres para recoger sus frutos, favoreciendo así la existencia de grandes masas de estas lianas que forman parte del bosque autóctono. Esta pre-domesticación de la vid anticiparía en un milenio la introducción en Andalucía de la vid cultivada por fenicios y romanos.

El acebuche (olivo silvestre) es otro elemento del bosque autóctono, cuyos frutos han sido recogidos por las primeras culturas de cazadores y recolectores. Existe constancia de su utilización como alimento durante el Neolítico en Andalucía oriental. Sin embargo, en estos depósitos de la costa onubense no aparece el polen de *Olea* hasta fecha muy reciente (580 A.C.), posterior al contacto con los fenicios. Se sabe que los fenicios llegaron a Huelva (en los años 800 A.C.) buscando la plata, pero también introdujeron el cultivo



Fotografía 5.- El estudio del polen acumulado en los sedimentos de turberas y lagunas ha servido para reconstruir la historia de la vegetación en la costa de Huelva.

del olivo, la vid y la granada, y la cría de ovejas, burros y gallinas. A partir de esta época, se encuentran evidencias en el registro polínico de un bosque adeshado de alcornos que persiste 1.700 años, hasta la Edad Media.

En la Edad Moderna hay una fase de sustitución de los alcornos por pinos, que posiblemente fueron plantados para la industria naval, la obtención de leña y la recolección de piñas. En el siglo XVIII vuelve la dehesa de alcornos y además aparece por primera vez el fresno. Se piensa que estos fresnos pudieron ser plantados para alimentar los bueyes durante el verano, justo antes del comienzo de la labranza en otoño. Por último, en los depósitos más superficiales que corresponden a la edad contemporánea, aparece el polen exótico de los eucaliptos y gran abundancia de pino y olivo.

La combinación de los estudios paleobotánicos y arqueológicos han ofrecido una interpretación novedosa, y también controvertida, de la historia de los bosques en los arenales costeros de Huelva.

1.1.3.- El Bosque Humanizado

*L*as riberas del Mediterráneo han sido testigo del nacimiento de numerosas culturas, algunas de gran influencia histórica como la griega clásica y la romana, lo cual ha llevado a algunos historiadores a calificarla como “la cuna de la civilización”. El alumbramiento y desarrollo de esta civilización antropocéntrica y devoradora de recursos naturales ha tenido como precio la destrucción de gran parte de sus bosques. La deforestación del Mediterráneo, un clásico de la literatura ambiental, ha resultado de la acción combinada de diversos agentes (THIRGOOD, 1981): la transformación del bosque en cultivos y pastos, que ha sido casi total en las tierras fértiles de campiñas y vegas; la explotación de maderas para la construcción de barcos, una constante histórica para las sucesivas potencias navales del Mediterráneo; la extracción de combustible para la minería y para el uso doméstico; las guerras e invasiones que han devastado extensas zonas de bosques; los incendios provocados y el sobrepastoreo que impide la regeneración de las poblaciones de árboles.



La actividad humana también ha cambiado la composición de los bosques remanentes, favoreciendo las especies explotables, como el alcornoque, los pinos y el algarrobo. De una forma indirecta, la tala, laboreo y fuego de los montes ha provocado un proceso de aridificación general que favorece a las especies esclerófilas, de hoja perenne, más resistentes, frente a las de hoja caduca: es decir las encinas y alcornoques habrían sustituido gradualmente a los quejigos en muchas zonas.

La historia de la humanización de los bosques andaluces se puede resumir en los cuatro períodos siguientes (OJEDA, 1989; BAUER, 1991).

Edad Antigua (500 A.C. al 500 D.C.)

Durante la dominación romana se expande la agricultura y la ganadería, se queman y roturan montes, se aumenta el consumo de madera para la construcción de barcos y de leña para la minería. La destrucción del bosque sería considerable (se estima que se deforestó la mitad del territorio español), de modo que los visigodos promulgan leyes para proteger los bosques que quedaron.

Edad Media (500 al 1500)

Una guerra larga, de casi 8 siglos, entre las culturas cristiana e islámica va acompañada por el incendio de extensas zonas de bosques, para evitar emboscadas.

Por otro lado, esta misma situación de guerra dio lugar a que las zonas de frontera no estuvieran pobladas ni fueran cultivadas ni pastoreadas, favoreciendo la regeneración y persistencia del bosque (FIGURA 3).

El bosque medieval continúa la tendencia de destrucción progresiva por el aumento de la presión de agricultores y ganaderos y la demanda de madera para barcos. Sin embargo, esta tendencia se vería atenuada por la crisis demográfica y el abandono de tierras causados por las guerras, la persistencia de zonas fronterizas prácticamente deshabitadas y la actitud positiva de la cultura andalusí hacia la protección y el cuidado de árboles y bosques.

Edad Moderna (1500 al 1800)

En este período se destruyen grandes extensiones de bosques por el auge de la ganadería y de la industria naval. Por un lado, el alto precio de la lana y su importancia como producto de exportación lleva al establecimiento de las leyes de la Mesta que protegen a pastores y ganaderos en detrimento de los bosques.

Por otro, el auge de la naciente potencia colonial requiere la construcción de barcos de guerra y de mercancía, suscitando una extraordinaria demanda de madera. La flota española del tiempo constituía un inmenso “bosque flotante” construido a expensas de los bosques más próximos a la costa y a los ríos navegables.

Edad Contemporánea (1800 al 2000)

Comienza el período con una serie de privatizaciones de montes públicos y comunales, las llamadas “desamortizaciones”. Las consecuencias son catastróficas para los bosques que son talados y roturados por los nuevos dueños para obtener un beneficio a corto plazo.

A principios del siglo XX el Estado asume de nuevo su responsabilidad en la conservación del patrimonio forestal y comienza a regular la explotación de los montes. Las actuaciones forestales están influidas por la escuela alemana de tecnología de producción de madera de coníferas.

Después de la guerra civil, en una situación de autarquía y auto-abastecimiento de madera y pasta para papel, se pone en marcha el ambicioso Plan de Repoblación Forestal. Se plantan más de 800.000 has. de pinos y eucaliptos en Andalucía, utilizando sistemas de aterrazamientos de fuerte impacto ambiental, con frecuencia en zonas de bosque autóctono o matorral noble. Para algunos será la “edad de oro forestal española”, mientras que para otros habrá supuesto “la mayor destrucción de bosques desde los tiempos de la Armada Invencible” (PARRA, 1991).

A finales del siglo XX, el avance de la ciencia ecológica reconoce al bosque un valor como sistema, como protector de suelos y de la calidad de agua, como reserva de biodiversidad animal y vegetal, como sumidero del dióxido de carbono atmosférico que amortigua el efecto invernadero; además, aumenta la conciencia social sobre su valor ecológico, estético y paisajístico. En consecuencia, cambia la actitud de la

Fotografías 6 y 7 (izq., superior e inferior).- La agricultura y la ganadería han contribuido a la deforestación del paisaje andaluz.

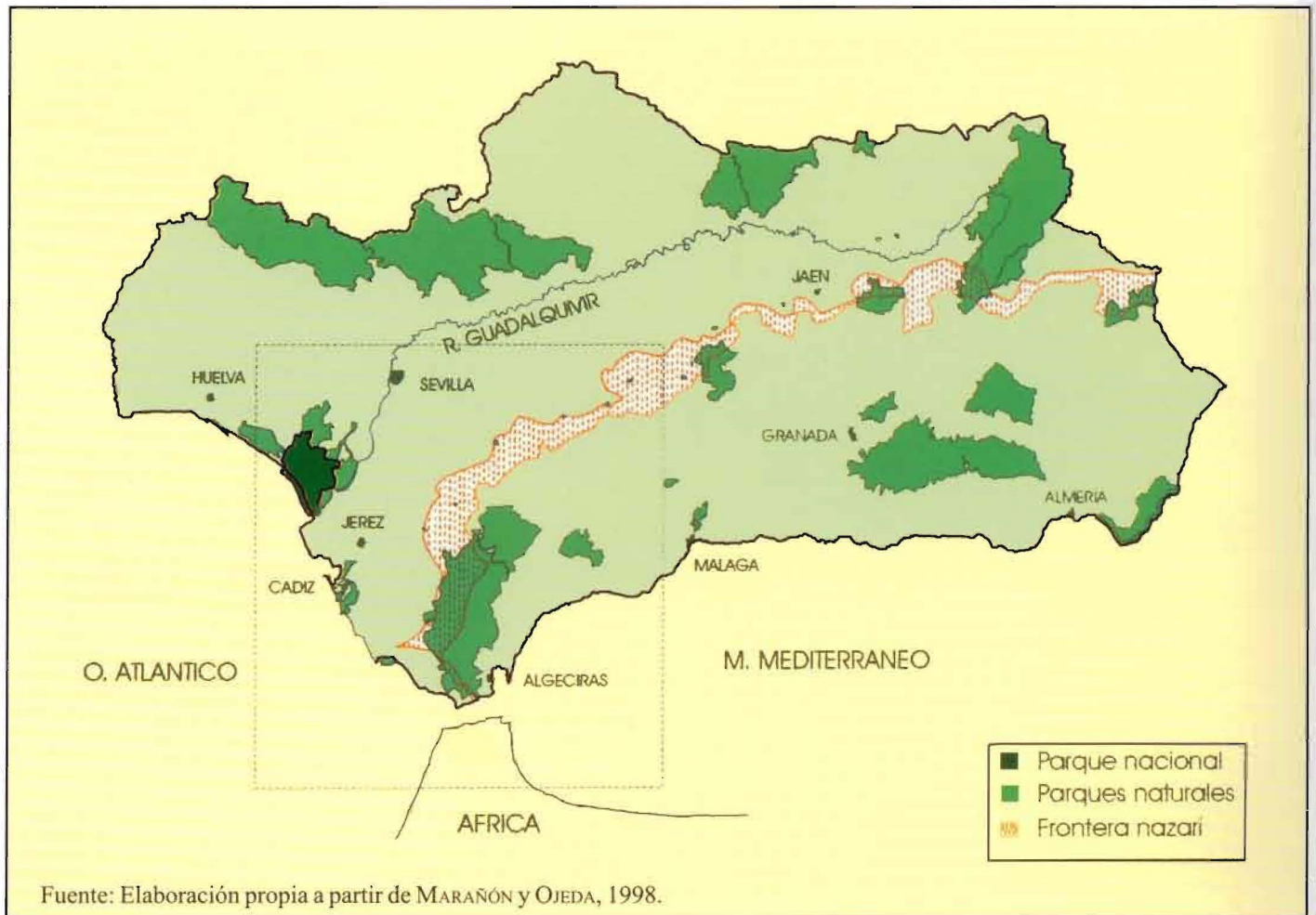


Figura 3.- Localización de la frontera medieval entre el reino cristiano y musulmán, y de los Parques Naturales en la actualidad.

Administración hacia el bosque, desde la antigua perspectiva de producción maderera hacia una gestión sostenible de uso múltiple que mantenga o aumente su biodiversidad.

Después de siglos de destrucción, quizás estamos ahora en un punto de inflexión hacia una recuperación de los bosques de frondosas en Andalucía, el tiempo lo dirá. Tenemos nuevas leyes que protegen el bosque; se están plantando millones de árboles nuevos de encinas, alcornoques, acebuches y algarrobos, aunque sin el necesario control de su origen genético; los nuevos gestores de montes tienden a ensayar el uso sostenible. Pero no podemos olvidar que siguen vigentes numerosas amenazas al bosque y su biodiversidad: el crecimiento de las zonas urbanas e industriales, la construcción de nuevos embalses, los incendios incontrolados, las rozas abusivas subvencionadas, la contaminación, la caza, las plagas, el cambio climático, etc.

1.2.- *Funcionamiento del Bosque*

Una parcela de bosque mediterráneo es un sistema abierto que capta energía solar e incorpora dióxido de carbono de la atmósfera para producir biomasa; así, indirectamente también funciona como sumidero del exceso de CO₂ de la atmósfera, causante del efecto invernadero. El árbol absorbe agua y sales minerales del suelo, desprende oxígeno a la atmósfera y proporciona energía, carbono y minerales a los animales herbívoros y detritívoros. El bosque constituye una capa de transferencia activa entre la corteza terrestre y la atmósfera, modifica las condiciones micro-climáticas y crea un ambiente forestal propio, que se caracteriza por una menor radiación incidente (sombra), un ambiente más fresco y húmedo en verano y más templado en invierno, con menor riesgo de heladas. Los árboles protegen el suelo de la

erosión, mediante sus sistemas radicales, y el bosque sirve de refugio para los animales y para las plantas no arbóreas.

El bosque es un ecosistema complejo con multitud de organismos que interaccionan. Los árboles forman la matriz principal que nutre, alberga y condiciona la vida de otras plantas y de los animales y microorganismos que viven en el bosque. Desde que nace, a partir de una pequeña semilla, el árbol comienza a invertir su energía y biomasa en las diferentes estructuras y funciones. Las hojas son los paneles solares que captan la energía del sol en sus moléculas de clorofila; a través de sus estomas realizan el intercambio gaseoso con el aire: captan dióxido de carbono y emiten oxígeno; también sale por los estomas el agua convertida en vapor, después de haber irrigado todo el árbol procedente de las raíces. Con la energía, el agua, el CO₂ y los minerales, las hojas forman compuestos orgánicos ricos en energía, el fotosintato. Las raíces tienen como función explorar el suelo y absorber agua y nutrientes minerales por sus finos pelos radicales; al mismo tiempo sirven de anclaje en el sustrato a estos enormes seres vivos que llegan a pesar toneladas. El tronco y las ramas son estructuras verticales que elevan las hojas a los lugares

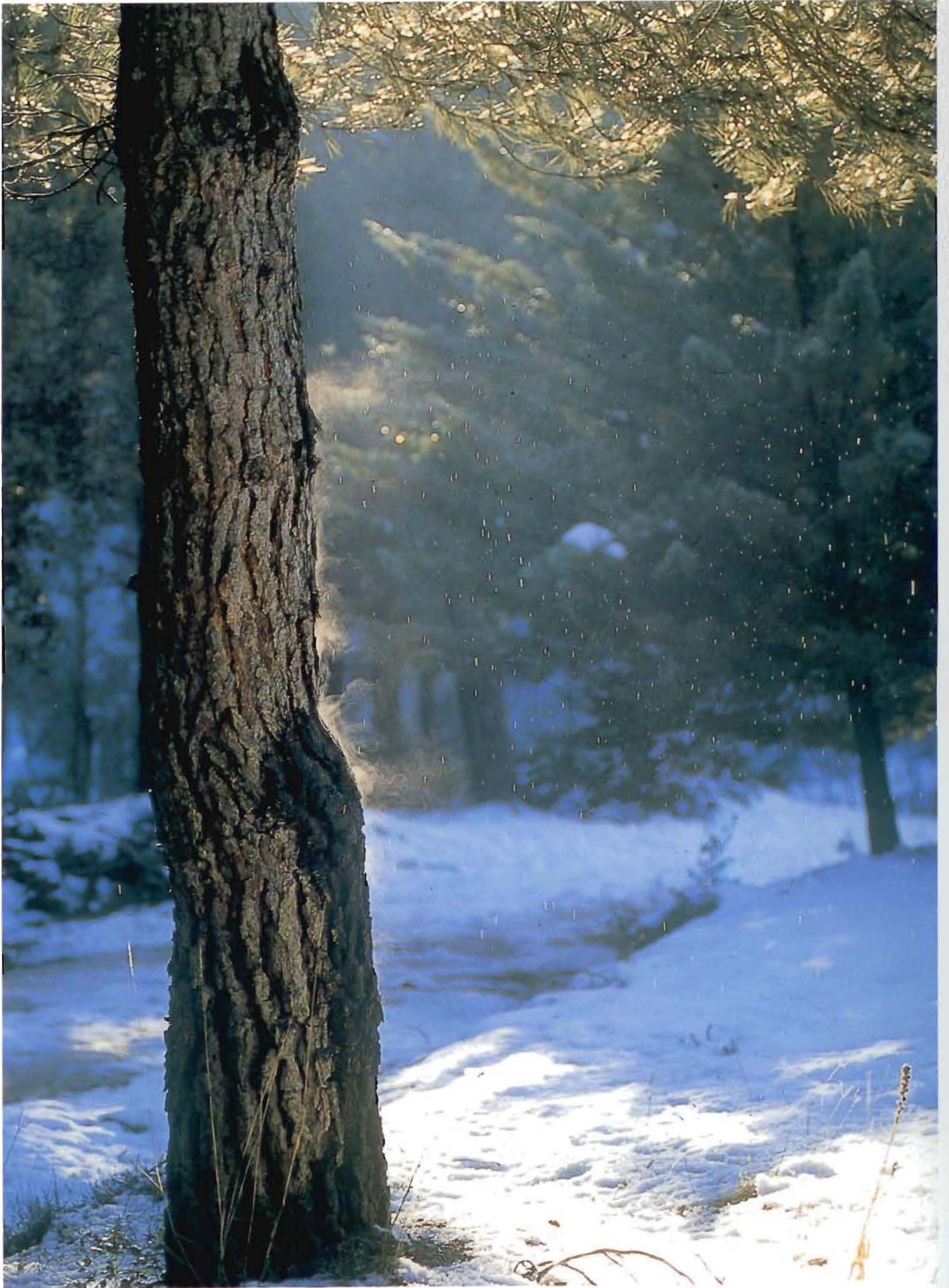
altos y soleados, sostienen con rigidez toda la masa arbórea y conectan los flujos de savia entre las raíces y las hojas. Por último, con una periodicidad estacional, dictada por estímulos externos como el fotoperíodo e internos como las concentraciones hormonales, el árbol invierte energía en la producción de flores y frutos con objeto de asegurar la transmisión de sus genes.

Apenas existen estudios sobre el funcionamiento, a nivel de ecosistema, de los bosques andaluces. En este apartado seguiremos básicamente los resultados obtenidos por el grupo de TERRADAS en los encinares de Cataluña (ESCARRE y cols., 1984).

El gradiente vertical de radiación determina la morfología y composición de las hojas de encina. En las partes más altas del dosel, donde la radiación solar es máxima y las temperaturas son altas en verano, las hojas son relativamente más pequeñas y con una concentración de clorofila relativamente elevada: unos 800 mg./m². En el interior de la copa, a unos 2 m. de la superficie superior, la radiación se reduce al 20% y la concentración de clorofila asciende al máximo, unos



Fotografías 8 (superior) y 9 (pág. siguiente).- La energía radiante del Sol fluye a través de los seres vivos del bosque.



1.200 mg./m². En las zonas más profundas del bosque, con una radiación inferior al 5% del exterior, las hojas son el doble de grandes, pero la concentración de clorofila puede bajar a niveles de unos 400 mg./m². Se considera que estos valores de concentración del pigmento fotosintético, bastarían para que la hoja absorbiera casi la totalidad de la radiación solar incidente. Sin embargo, la encina, junto a otros árboles y arbustos mediterráneos, tienen concentraciones muy altas de clorofila, hasta 3 veces superior al "suficiente"; este exceso de clorofila compensa el efecto reductor de la cutícula gruesa y las capas de parénquima que absorben parcialmente la luz.

El agua de lluvia atraviesa en su mayor parte (75%) la copa de los árboles y llega al suelo arrastrando sales minerales y compuestos orgánicos procedentes del polvo atmosférico en suspensión y del lavado de las hojas. Otra parte importante del agua de lluvia (un 15%) es interceptada por el árbol, corriendo por ramas y troncos hasta llegar al suelo. Por fin, una pequeña parte de la lluvia (10%) es interceptada por la copa del árbol y se evapora directamente, volviendo a la atmósfera.

El bosque y en particular el suelo forestal, tienen un papel importante en la conservación del agua. La capacidad de infiltración del suelo en un sotobosque mediterráneo se ha calculado en 2,5 litros por m² y minuto. En la cuenca experimental del Prades (Cataluña), que está cubierta por un bosque de encinas, se ha medido el flujo de salida por avenamiento y representa un 14% del agua de lluvia caída en la cuenca. Este caudal de salida transporta 0,8 kg. de partículas en suspensión y 47 kgs. de sales disueltas, por ha. y año.

El agua que drena una cuenca forestal es de buena calidad; para darnos una idea, se puede comparar con los valores extremos de pérdida de suelo y aguas turbias que arrastran entre 100 y 940.000 kgs. de sedimentos por ha. y año en las cuencas deforestadas del sureste español. Así, el bosque cumple la doble función de protector de suelo y abastecedor de agua de calidad.

1.2.1.- Biomasa y Nutrientes

En una hectárea del encinar de Montseny (Cataluña) se han estimado unas 210 toneladas (en peso seco) de biomasa arbórea, la mayor parte (90%) en forma de troncos y ramas. Las raíces pueden suponer unas 50 Tm./ha. y las hojas 6 Tm./ha. (FIGURA 4).

La masa de hojas, aunque pequeña en comparación al total del árbol (3%), es muy significativa cuando se compara a los valores del bosque caducifolio, que tienen entre 1 y 5 Tm./ha. La masa foliar capta energía y CO₂ para producir más de 9 Tm./ha. y año de peso seco; de ellas, unas 5,5 Tm. son de madera, 3 Tm. son de hojas y 0,5 son de frutos. La tasa media de renovación de las hojas es de 2 años.

No se tienen datos sobre la cantidad de masa vegetal que pasa directamente a los herbívoros. Al suelo caen cada año unas 5 Tm./ha. de hojas secas y ramas, que nutren un complejo y dinámico microcosmos. Artrópodos, hongos y bacterias descomponen mecánica y químicamente la materia orgánica, liberando los elementos minerales que vuelven al suelo, donde quedan nuevamente disponibles para ser absorbidos por las raíces de los árboles. El funcionamiento de esta fase esencial en el reciclado de los nutrientes minerales está poco estudiado en los bosques andaluces.

La capa de hojarasca puede representar unas 11 Tm./ha. y año, en peso seco, renovándose como media cada 2 años. El mantillo está enriquecido en nitrógeno y calcio, que tienen tasas de liberación lenta, mientras que el potasio pasa rápidamente a la solución del suelo.

La tasa de descomposición de la hojarasca depende del tipo y densidad de organismos del suelo, de la naturaleza química de las hojas secas y de las condiciones ambientales. GALLARDO y MERINO (1993) han estudiado experimentalmente las tasas de descomposición de hojas de diferentes especies de árboles y arbustos en un bosque mixto de alcornoque y quejigo, en la Sierra del Aljibe (Cádiz). Depositaron durante 2 años hojas secas entre el mantillo del bosque: las hojas de alcornoque perdieron el 52% de su peso, las de melojo el 68% y las de fresno casi desaparecieron (pérdida del 94%). Las hojas de fresno son blandas, tienen casi un 25% de carbohidratos solubles y sólo un 10% de lignina y cutina; de hecho en los primeros 2 meses ya habían perdido por lavado un 40% de su peso, principalmente de los componentes más solubles: carbohidratos y taninos de bajo peso molecular. En contraste, las hojas de alcornoque son duras, resistentes a la acción de los detritívoros, con un 18% de lignina y cutina que retardan la descomposición por los microorganismos, de modo que en los primeros 2 meses sólo perdieron un 7% del peso.

Algunos elementos minerales, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, son esenciales para la vida de los árboles. La lluvia aporta al bosque cantidades significativas de calcio (7 kgs./ha. y año) y nitrógeno (3



Figura 4 (superior y pág. dcha.).- Distribución de la biomasa en un bosque de encinas del MONTSENY. Fuente: Elaboración propia a partir de ESCARRÉ y cols., 1984.



4 (superior).- Hojas 6 Tn./ha.

2 (dcha.)-
Tronco
100 Tn./ha.

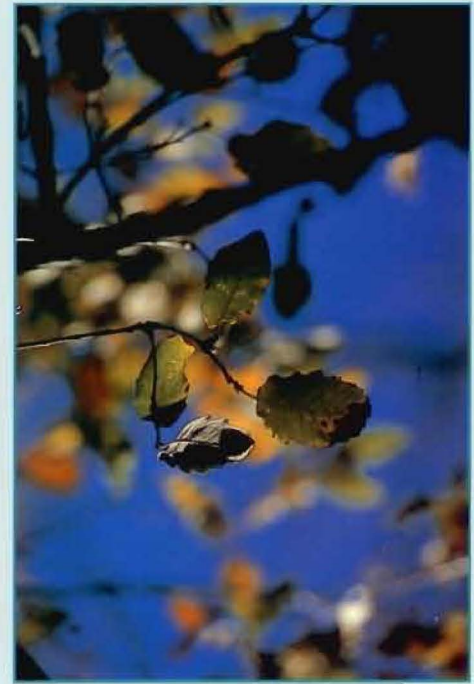


5 (dcha.)- Desfronde 5 Tn./ha./año



6 (superior).- Hojarasca 11 Tn./ha.

1 (dcha.)- Raices 50 Tn./ha.



3 (superior).- Ramas 53 Tn./ha.



kgs./ha. y año), pero escasas de potasio y fósforo (0,5 y 0,1 kg./ha. y año, respectivamente). También puede haber una entrada importante de nitrógeno atmosférico a través de los microorganismos fijadores, como los rizobios que forman una asociación simbiótica con las leguminosas. Entre los árboles, el aliso (*Alnus glutinosa*), que crece en riberas de ríos y arroyos, parece ser el único capaz de recibir este aporte suplementario de nitrógeno. Otra fuente de elementos minerales es la roca subyacente, que se meteoriza y descompone liberando sus elementos minerales a la solución del suelo, de donde son absorbidos por las raíces. Una vez en el interior del árbol, forman parte de la savia que sube por los vasos del xilema hasta las hojas, impulsada por el flujo de la transpiración; allí en las hojas son incorporados, junto al CO₂ captado del aire y gracias a la energía solar, en sustancias orgánicas ricas en energía que componen la materia viva vegetal.

Las hojas tienen contenidos relativamente altos de nitrógeno, fósforo y potasio. Aunque sólo representan una pequeña parte de la masa arbórea (un 3%), pueden concentrar hasta la quinta parte del contenido total de nutrientes del árbol. Durante la fase reproductiva, una parte importante de los nutrientes es translocada hacia las flores y frutos, para construir las reservas nutricias de las semillas, que alimentarán al embrión en las primeras fases del crecimiento después de la germinación. Un caso especial son los frutos carnosos, cuyos "árboles madre" envuelven las semillas en una pulpa rica en hidratos de carbono y lípidos que es ofrecida como alimento a los animales frugívoros, que a cambio dispersan las semillas en nuevos territorios.

También existe una translocación de fotosintato (materia orgánica sintetizada en la hoja por acción de la energía solar) hacia las ramas, troncos y raíces, pero la concentración de elementos minerales es menor en estos tejidos vegetales. En términos absolutos, la madera, que constituye el 90% de la biomasa aérea del árbol, es el mayor almacén de nutrientes del bosque: puede representar el 79% de fósforo, el 68% de potasio y el 48% de nitrógeno. La mayor parte de los nutrientes del bosque se encuentra por tanto secuestrada en la madera de troncos y ramas, y en esa forma permanece durante decenas o cientos de años, quedando al margen del reciclado de los nutrientes.

La fuente principal de elementos minerales para la nutrición del árbol está formada por las propias hojas, ramitas y restos de flores y frutos abortados. Éstos caen al suelo como desfronde; allí son descompuestos por invertibrados, hongos y bacterias; sus elementos minerales son

liberados, pasan a la solución del suelo y son absorbidos nuevamente por las raíces. A este proceso fundamental para la vida del bosque se le denomina ciclo de los nutrientes.

Las hojas de la encina tienen un contenido relativamente bajo en nutrientes, cuando se comparan con las de árboles caducifolios, lo cual puede indicar unos requerimientos nutritivos menores. Antes de caerse las hojas, cuando ya empiezan a envejecer, el árbol retransloca parte de sus nutrientes, en especial nitrógeno, fósforo y magnesio, hasta las hojas jóvenes. Por ejemplo, una hoja adulta de encina, de 2 años de edad, tiene 13 mg. de N/g. peso seco, pero al senescer se reduce la concentración a la mitad (6 mg. N/g.). Esta eficiencia en el uso de los nutrientes, le debe resultar a la encina especialmente ventajosa para vivir en suelos pobres.

Se ha calculado que en el desfronde del encinar del Montseny vuelven al suelo 35 kgs. N/ha. y año. Este aporte, típico del bosque mediterráneo, es bastante menor que el promedio para el bosque templado caducifolio: 51 kgs. N/ha. y año. Diferencia que refleja la menor productividad del bosque mediterráneo, es decir una masa foliar más pequeña y una composición de las hojas más pobre, con menos nutrientes minerales. Otros elementos aportados en el desfronde del encinar son el calcio (48 kgs./ha. y año) y el potasio (22 kgs./ha. y año).

Los diferentes elementos se movilizan a diferentes velocidades, así la tasa de renovación del potasio es rápida, pasando pronto a la solución del suelo, mientras que el calcio y nitrógeno persisten más tiempo en el mantillo.

A nivel de cuenca, se ha observado que la salida de nitrógeno (0,2 kg./ha. y año) es mucho menor que las entradas por la lluvia (3,4 kgs./ha. y año). Por tanto, el bosque constituye un sumidero de nitrógeno inorgánico. Por otra parte, las salidas en el agua de los arroyos, de calcio, sodio y magnesio (29,3, 9,2 y 5,9 kgs./ha. y año, respectivamente) son bastante mayores que las entradas por la lluvia (6,7, 3,6 y 0,9 kgs./ha. y año, respectivamente). Es decir, el ecosistema forestal supone una fuente para estos nutrientes, posiblemente por efecto de la meteorización química de las rocas y minerales del sustrato.

Fotografía 10 (pág. siguiente).- Las hojas y los frutos son los órganos del árbol más ricos en nutrientes. En la foto, hojas esclerófilas y bellotas de *Quercus coccifera*.



Desde el punto de vista global, aún tiene más relevancia su papel como sumidero de CO₂, reduciendo su concentración en la atmósfera. El aumento de dióxido de carbono durante la era industrial está provocando el “efecto invernadero” que tendrá consecuencias imprevisibles a medio y largo plazo.

1.2.2.- *La Hoja Esclerófila*

Los encinares, alcornoques y acebuchares se suelen calificar como bosques esclerófilos, para distinguirlos de los bosques caducifolios, dándole así relieve al tipo de hoja que presentan la mayoría de los árboles y arbustos de estos bosques mediterráneos. Se repite el lugar común de que la hoja esclerófila es una singular adaptación de estas plantas al clima mediterráneo. Pero, ¿qué es la esclerofilia? ¿cuál es su significado ecológico y evolutivo?

A finales del siglo pasado, en 1898, el fitogeógrafo alemán SCHIMPER publicó su obra “Geografía de las plantas, con una base fisiológica”, donde introdujo por primera vez el término esclerofilia. Según SCHIMPER, las plantas que viven en sitios secos pueden tener diferentes formas de hojas para reducir la transpiración y así conservar el agua: adoptar formas pequeñas, gruesas y coriáceas (esclerofilia), o bien suculentas (quilofilia) o desaparecer prácticamente (afilia). Además, llamó la atención sobre la dominancia de las plantas con hojas esclerófilas en las regiones con temperaturas suaves, lluvias invernales y sequías estivales, es decir, con clima tipo mediterráneo. A este tipo de vegetación, por extensión, se le denominó esclerófila, dándole así un sentido biogeográfico al término esclerofilia.

En la definición original de SCHIMPER la hoja esclerófila es simplemente una hoja gruesa y coriácea (esclero=duro). Estudios posteriores han descrito en detalle la ecomorfología de la hoja esclerófila: tiene una cutícula gruesa que reduce la pérdida de agua, células pequeñas con paredes gruesas, gran desarrollo de las nerviaciones, varias capas de parénquima (tejido fotosintético) en empalizada, fibras de esclerénquima (tejido esquelético) aisladas o rodeando los vasos, estomas pequeños concentrados en el envés de la hoja (con excepciones como las proteáceas del hemisferio Sur que son anfiestomáticas), escamas y pelos que protegen los estomas y mantienen una capa fina de aire saturado en humedad, tiene la capacidad de cerrar totalmente los estomas durante el período de estrés hídrico, es pobre en nutrientes minerales y su área foliar específica (cociente

área/masa) es pequeña. Todas estas características han llevado a numerosos ecólogos y botánicos a sostener unas tesis adaptacionistas sobre su origen y función, como botón de muestra: “La esclerofilia (es una estrategia evolutiva) que tiene como finalidad afrontar con éxito la dura prueba de la sequía estival” (PARRA, 1991).

La esclerofilia de la hoja ha cobrado actualidad a partir de los años 70 como una de las evidencias para apoyar la hipótesis de convergencia evolutiva de las plantas mediterráneas. Es decir, plantas de regiones distantes, como el Mediterráneo, California, Chile, Sudáfrica y Australia, pero que viven bajo un clima semejante, han desarrollado adaptaciones convergentes, como sería el caso de la hoja esclerófila.

En general, el adaptacionismo es una tendencia a buscar explicaciones evolutivas que relacionen las características de los seres vivos y sus condiciones ambientales actuales. En este caso, la esclerofilia sería una adaptación de las plantas mediterráneas para conservar agua y afrontar el estrés hídrico estacional típico de este clima. Sin embargo, esta visión finalista y algo simplista ha sido cuestionada desde varios frentes.

Primero, la hoja esclerófila no es exclusiva de las regiones mediterráneas, sino que también es un carácter distintivo de los árboles tropicales que viven en los bosques de montaña o en las zonas bajas con suelos pobres en nutrientes. En estos bosques tropicales las plantas raramente sufren estrés hídrico, por tanto la esclerofilia no tendría la función de protegerlas de la pérdida de agua por transpiración.

Como explicación alternativa, algunos autores han asociado la esclerofilia a la deficiencia en nutrientes en los suelos, en particular de fósforo. Según esta hipótesis, en los suelos pobres las plantas reducen su crecimiento y producen un exceso de hidratos de carbono que son depositados en las paredes celulares o en forma de cutinas y ceras, ya que estos compuestos orgánicos no necesitan la incorporación de fósforo. El resultado es una hoja gruesa, dura y lignificada, con bajo contenido en nutrientes, es decir una hoja esclerófila. Se trataría por tanto de un epifenómeno o una respuesta indirecta a la deficiencia en nutrientes.

Otros autores han destacado que estas hojas duras y pobres en nutrientes son poco apetecibles por los herbívoros, y podrían constituir un mecanismo de defensa. Las hojas esclerófilas son producidas en condiciones limitantes de suelos pobres y escasa disponibilidad de agua, son costosas y deben durar varios años. Al ser duras y poco nutritivas, son menos atacadas por los herbívoros.



Fotografía 11.- La mayor parte de la dieta del ciervo está compuesta por plantas leñosas del bosque.

Se puede pensar en una combinación de varios factores. En un escenario tropical, donde los suelos son pobres, se desarrollan hojas duras, coriáceas, que viven varios años, tienen una tasa de asimilación de carbono pequeña y son poco apetecidas por los herbívoros. Los cambios climáticos y la aparición de la sequía estival causan una extirpación masiva de los árboles y arbustos tropicales; algunas especies de hoja esclerófila sobreviven en las nuevas condiciones de clima mediterráneo y son capaces de tolerar la sequía estival.

La esclerofilia sería entonces un “fantasma tropical” que persiste en las condiciones actuales de clima mediterráneo. Este es el argumento más definitivo contra las tesis adaptacionistas: la hoja esclerófila no puede ser una adaptación al clima mediterráneo porque ya existía en los bosques tropicales pre-mediterráneos. Además, las plantas arbustivas que se han diversificado de una forma espectacular en época reciente, posiblemente influidas por el clima mediterráneo son las jaras, tomillos, matagallos y cantuesos, que no tienen precisamente hojas esclerófilas.

1.3.- Interacciones entre Plantas y Animales

Los animales, plantas y microorganismos que habitan el bosque están interrelacionados a través de las redes tróficas (trofo=alimento). La energía solar es captada por las hojas y utilizada para formar material vegetal. La energía química de los vegetales sirve de alimento para los herbívoros, que a su vez son capturados por los carnívoros. Los restos de plantas secas y cadáveres de animales son aprovechados por los detritívoros y descomponedores. Existe un flujo de energía que parte del sol y recorre todos los seres vivos del bosque.

Entre los herbívoros más abundantes del bosque mediterráneo destacan el ciervo, el corzo, el jabalí y el conejo. SORIGUER y colaboradores (1994) han estudiado las dietas de los ciervos en tres bosques de Andalucía. En Sierra Morena, los ciervos se alimentan

con preferencia de bellotas de encina (32%) y de arbustos colonizadores de sitios perturbados como la jara pringosa (*Cistus ladanifer*, 18%) y otras jaras. Los ciervos de las Sierras de Cádiz también se alimentan de bellotas (28%) y hojas de encinas (14%), pero incluyen en su dieta arbustos de bosques más conservados, como el agracejo (*Phyllirea latifolia*) y el labiérnago (*Phyllirea angustifolia*). En la Sierra de Cazorla, los ciervos se alimentan de hojas de encina (29%), de labiérnago (10%) y de durillo (*Viburnum tinus*, 4%). En los tres casos, la dieta del ciervo está compuesta en su mayoría (más del 70%), por hojas y frutos de plantas leñosas del bosque. En general, la dieta refleja la abundancia de las plantas más comestibles. Otras plantas menos abundantes, como el mirto (*Myrtus communis*), el piruétano (*Pyrus bourgeana*) y el espino negro (*Rhamnus lycioides*), son también consumidas por los ciervos, a veces con gran avidez, llegando a eliminar el 70-80% de su tejido fotosintético y matándolas a medio plazo. La superpoblación de ciervos es cada vez más frecuente en los cotos de caza mayor y por consiguiente la intensidad de ramoneo es mayor. Las plantas responden aumentando el contenido en fibras de sus renuevos, lo cual disminuye su digestibilidad. Los ciervos deben entonces consumir más biomasa y aumentan su tasa de ingesta, acelerando la espiral de degradación de los bosques ramoneados.

Se conoce peor la actividad de los numerosos invertebrados que se alimentan de hojas, savia, madera y frutos, y sus efectos sobre los árboles del bosque.

Los grandes carnívoros, como el lobo y el linco, han desaparecido prácticamente de los bosques andaluces y su ausencia se refleja en una explosión demográfica de los herbívoros. Los carnívoros de mediano tamaño, como la gineta, meloncillo y gato montés, son predadores eficaces de los conejos, ratones, pájaros y reptiles. También están los predadores alados como el azor, el águila calzada y la culebrera que cazan y nidifican en el bosque. Los pequeños insectívoros, como las musarañas, murciélagos, aves de mediano y pequeño tamaño, el lagarto ocelado y serpientes, ayudan a regular las poblaciones de los numerosos invertebrados.

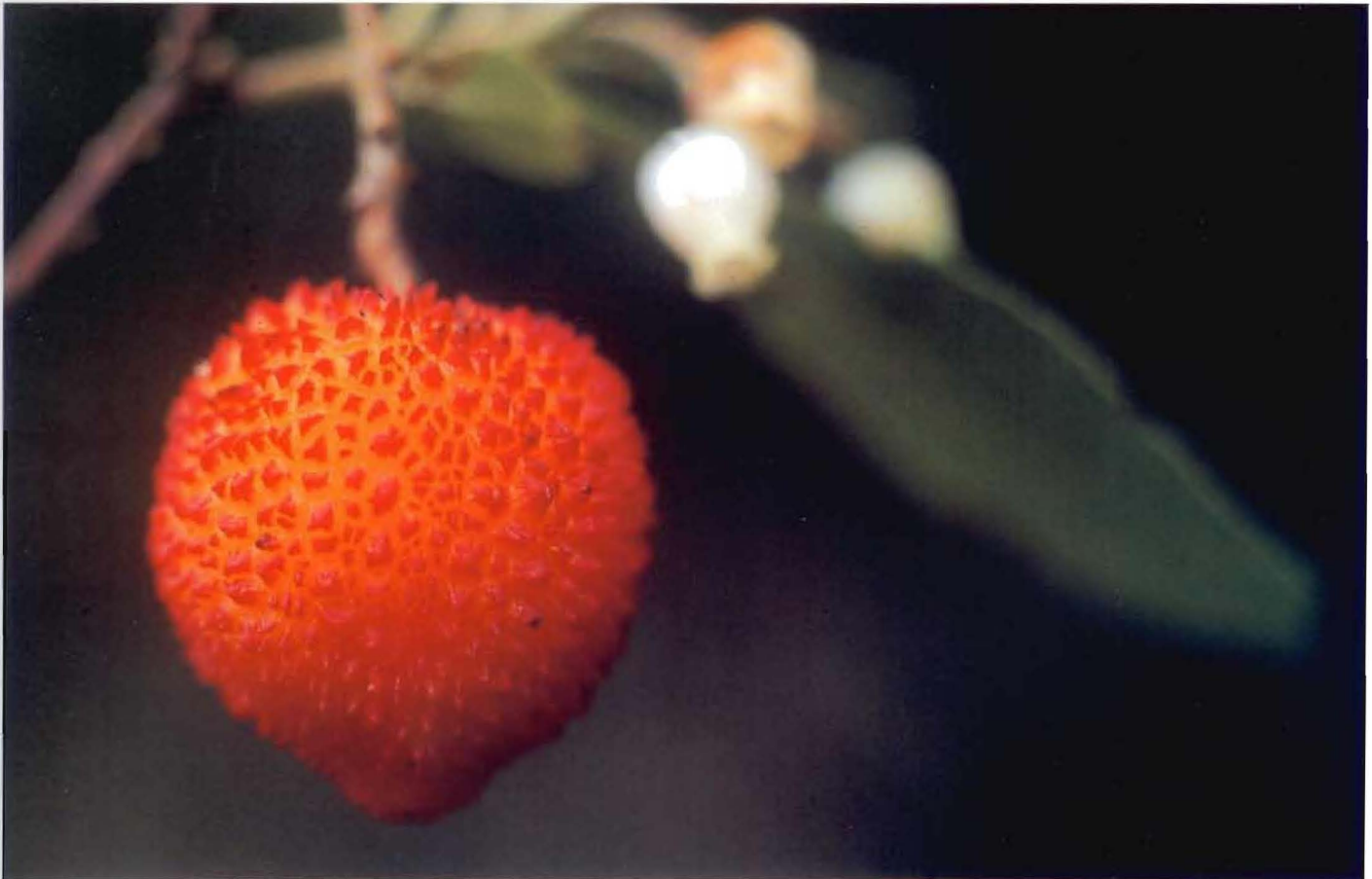
Entre los carroñeros, el buitre y los córvidos aprovechan la energía de los cadáveres de mayor tamaño. Los insectos, hongos y microorganismos del suelo descomponen hasta las más pequeñas trazas de materia orgánica y cierran el ciclo de los nutrientes minerales que pasan de nuevo al suelo para ser absorbidos por las plantas en esta noria de la vida.

1.3.1.- Frutos y Frugívoros

El asombroso ajuste ecológico que se observa entre una producción abundante de frutos carnosos por los árboles, arbustos y lianas del bosque mediterráneo por un lado, y la diversidad y abundancia de aves frugívoras por otro, ha llamado la atención de los naturalistas y ecólogos desde antiguo. Las investigaciones de HERRERA y JORDANO en los bosques andaluces y en especial en la Sierra de Cazorla, han desmontado algunos mitos muy extendidos, estableciendo un nuevo paradigma sobre el mutualismo de plantas con frutos y aves (ver una revisión de sus trabajos en HERRERA, 1995).

El primer aspecto llamativo de esta interacción es la sincronía estacional entre la producción de frutos y la abundancia de las aves frugívoras. El bosque mediterráneo produce entre 60.000 y 1,4 millones de frutos por ha. y año, lo cual supone una disponibilidad anual de 6 a 100 kg. (de peso seco) por ha. Esta producción se concentra principalmente en el otoño e invierno. Gran parte de las especies leñosas (del 32 al 64%) de los bosques poco perturbados, son productoras de frutos carnosos y a veces dominan la cobertura arbustiva del sotobosque. Por su parte, las aves dispersoras de semillas son en su mayoría migradoras y pasan el otoño-invierno en la región mediterránea. Hay que distinguir entre las aves dispersoras legítimas, que ingieren el fruto y defecan la semilla viable, de otras aves que también son frugívoras pero que sólo comen la pulpa (p.ej. los carboneros) o se comen la semilla (p.ej. los pinzones), que serían depredadoras de frutos. Entre las aves dispersoras, algunas son residentes locales, como el mirlo, pero la gran mayoría son migradoras que, o bien están de paso antes y después de cruzar el Sáhara, o bien se quedan invernando en el Mediterráneo. Así, durante el invierno, las aves frugívoras pueden representar casi la mitad de las aves que pueblan el bosque mediterráneo.

Estas evidencias sugieren una primera hipótesis de adaptación de las plantas, para que coincida la época de maduración de sus frutos con el período de mayor abundancia de aves, y de este modo puedan dispersar sus semillas. Sin embargo, parece que el momento de la maduración de los frutos en árboles como el acebuche y el madroño depende más de algunas condiciones climáticas, como la llegada de las lluvias otoñales, que de la presión selectiva ejercida por las aves dispersoras. En cambio, del lado de las aves, sí parece que el comportamiento migratorio ha resultado de una adaptación para explotar la sobreabundancia estacional de frutos del bosque mediterráneo. Aunque sería una adaptación relativamente recién-



Fotografías 12, 13, 14, 15, 16 y 17.- Los frutos carnosos son de origen tropical antiguo, pero constituyen la base alimenticia de las aves mediterráneas modernas. Ejemplos de ellos son: el madroño (12 superior), acebuche (13 inferior izq.), durillo (14 inferior dcha.), lentisco (15, pág. siguiente superior), zarzaparrilla (16, pág. siguiente inferior izq.) y madreselva (17, pág. siguiente inferior dcha.)





te, que comenzaría después de las últimas glaciaciones (hace unos 10.000 años).

Otro ajuste singular entre plantas y aves se manifiesta en la relación entre la calidad nutricia de los frutos y la dieta de las aves. Los frutos que maduran en verano suelen tener pulpas con elevados contenidos en agua e hidratos de carbono, que son un alimento precioso para las aves que suelen sufrir problemas por deshidratación en esa época. En cambio, durante el otoño e invierno maduran las plantas que producen frutos ricos en lípidos (aceites), como la acebuchina o el lentisco; estos frutos proporcionan una dieta muy energética que resulta esencial para las aves pequeñas que tienen que acumular grasas rápidamente para su travesía en ayunas del desierto del Sáhara. También, las currucas y petirrojos que se quedan en el bosque agradecen esta dieta rica en energía que les permite reponer durante el día las pérdidas de caloría sufridas en las frías y largas noches invernales. De nuevo, tienta pensar en una adaptación mutua o coevolución entre plantas y aves. Las aves seleccionarían en verano los frutos más “frescos” y en invierno los más “grasientos” favoreciendo, mediante la dispersión de sus semillas, la segregación estacional de los tipos de frutos. Sin embargo, un análisis en detalle muestra que la concentración de lípidos en el fruto está ligada a la filogenia, es decir a la historia evolutiva de un grupo particular de plantas. Algunas familias tropicales, como Oleáceas, Anacardiáceas y Lauráceas, tienen este tipo de frutos ricos en lípidos, independientemente del hábitat dónde vivan (sea mediterráneo o tropical) y de su periodo de fructificación (invierno o verano).

Del lado de las aves encontramos una serie de adaptaciones a esta dieta frugívora. Presentan una estacionalidad en sus preferencias alimenticias, cambiando desde una dieta insectívora durante el periodo de nidificación (primavera-verano) en Centroeuropa, a una dieta frugívora durante su invernada mediterránea. Este cambio en la dieta parece responder a un ritmo interno, como se ha comprobado con aves enjauladas que tenían a su disposición diversos tipos de alimentos. Las aves dispersoras tienen diversas adaptaciones en el sistema digestivo: la longitud del intestino puede aumentar estacionalmente en función de la proporción de frutos en su dieta. El paso del fruto por el intestino es rápido, lo cual le permite procesar más frutos y sacar partido a la gran abundancia estacional de frutos. Por otra parte, la proporción de masa nutricia de los frutos es relativamente pequeña, ya que en su mayor parte están compuestos de agua y una semilla dura.

El tercer ejemplo de ajuste mutuo entre plantas y aves es la correlación positiva entre el tamaño medio de los frutos de una comunidad de bosque y las dimensiones de cuerpo y pico de las aves dispersoras que lo pueblan. Tiende a observarse una segregación altitudinal entre aves pequeñas y frutos pequeños en las zonas bajas, mientras que en las montañas, aves y frutos suelen ser mayores. ¿Se trata de un ejemplo de coevolución? En el caso de las aves, el aumento altitudinal de tamaño parece estar relacionado con su mayor capacidad para resistir las temperaturas adversas. ¿Se adaptarían entonces las plantas a este aumento de tamaño de los picos, produciendo frutos más grandes? Es poco probable. En realidad, las plantas tienen fuertes limitaciones para adaptarse a las características de las aves que dispersan sus semillas. En parte debido a la multiplicidad y la variabilidad, en el espacio y el tiempo, de la comunidad de aves que se alimentan de sus frutos; no existe una presión selectiva uniforme y constante, requisito indispensable para un cambio evolutivo. Por otra parte, las características del fruto (tamaño, forma, color) que influyen sobre la elección por parte del ave y la consiguiente dispersión de sus semillas, tienen una repercusión muy pequeña sobre el éxito reproductivo de la planta madre, que depende principalmente de su producción total de flores y frutos maduros.

La correspondencia entre tamaños de frutos y de picos parece responder a un ajuste ecológico, más que a un improbable proceso coevolutivo. Las aves eligen los frutos de ciertas especies para comerlos y dispersar sus semillas, favoreciendo así un aumento en la abundancia de dichas especies. No es necesario por tanto invocar un cambio evolutivo, sino que el ajuste resulta de un proceso demográfico continuado.

Podemos resumir la gestación de este mutualismo entre plantas y aves, de la siguiente manera. Un grupo de árboles, arbustos y lianas de origen tropical sobreviven los cambios climáticos catastróficos que ocurren en la región mediterránea desde mediados del Terciario (hace 30 millones de años). Estas plantas conservan características biológicas ancestrales como la producción de frutos carnosos ricos en lípidos, que a su vez desarrollarían a partir de una relación mutualista con aves tropicales ya desaparecidas de Europa. Por otra parte, en épocas geológicas relativamente recientes, ya bajo clima mediterráneo (que comienza hace unos 3 millones de años), comienzan a llegar a los bosques mediterráneos primigenios, nuevos grupos de aves que descubren la sobreabundancia estacional de frutos y desarrollan diversas adaptaciones, como el comportamiento migratorio o los cambios en la forma del pico y en el sistema digestivo, para aprovechar estos recursos.

Así, los trabajos de HERRERA y JORDANO en los bosques andaluces han sustituido el paradigma antiguo de la coevolución o adaptaciones recíprocas que explicaban la sorprendente armonía existente entre aves y plantas con fruto en el bosque mediterráneo. Su explicación alternativa es más compleja: supone el desarrollo de un conjunto de adaptaciones por parte de las aves frugívoras, que son unos “recién llegados” a la escena ecológica, a la abundancia de recursos alimenticios ofrecida por un grupo anacrónico de plantas, que apenas han cambiado desde los tiempos tropicales, pre-mediterráneos; todo ello acoplado a la acción continuada de un ajuste ecológico que se manifiesta en cambios demográficos de las poblaciones de plantas con fruto por la intervención de las aves que dispersan sus semillas.

1.4.- Biodiversidad y Conservación

Los bosques mediterráneos son pobres en producción de madera, si se comparan con los bosques del centro y norte de Europa, pero en cambio son muy ricos en biodiversidad. ¿Qué es la biodiversidad? Este término fue acuñado a finales de los años 80 por WILSON, como título del libro que recogía la llamada que un grupo de científicos hacía a la comunidad internacional sobre la alarmante pérdida de especies animales y vegetales que está teniendo lugar en estos años, en especial como consecuencia de la deforestación de los bosques tropicales. Posteriormente, en 1992, tuvo lugar la Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNEP) en Río de Janeiro, la llamada “Cumbre de la Tierra”, donde los países participantes, entre ellos España, firmaron la Convención sobre Diversidad Biológica, con tres objetivos fundamentales:

- 1) la conservación de la diversidad biológica,
- 2) el uso sostenible de sus componentes y
- 3) la distribución justa y equitativa de los beneficios generados por los recursos genéticos. Se puede consultar el texto de la Convención en internet, en la dirección <http://www.biodiv.org>.

La biodiversidad es definida por la UNEP como “el número y variedad de organismos vivos del Planeta; variedad que se refleja en los niveles de gen, de especie y de ecosistema; siendo el resultado de unos 3.000 millones

de años de evolución. La especie humana depende de la diversidad biológica para su propia supervivencia”. Es decir, la definición destaca que la diversidad biológica debe integrar los diferentes niveles de organización: el nivel genético o la variedad de información genética codificada en genotipos y poblaciones; el nivel de especie o la variedad en el número de especies de animales y plantas, su grado de endemidad, su singularidad filogenética y su función ecológica; el nivel de comunidad o la variedad de tipos de vegetación y comunidades de animales de un paisaje o de una región. Es un concepto dinámico, asociado a la evolución biológica, cuyo proceso puede ser poco perceptible a nuestra escala. Sin embargo el ritmo de pérdida de biodiversidad por la destrucción de hábitats es rápido y evidente. Por último, en la definición de la UNEP se añade la connotación antropocéntrica de que la supervivencia de nuestra especie (una entre millones) depende del mantenimiento de las demás.

Es un tópico repetir que el bosque mediterráneo en general y los bosques andaluces en particular tienen una extraordinaria biodiversidad, pero apenas existen estudios rigurosos que la documenten, con toda la complejidad que conlleva este concepto. La primera información necesaria sería el inventario completo de todos los tipos de seres vivos que habitan en un determinado tipo de bosque, por ejemplo un encinar de Sierra Morena; lo que JANZEN denomina “Inventario de Biodiversidad de Todos los Taxa”. Es una tarea muy ambiciosa, casi inalcanzable, de hecho no existe esta información completa para ningún ecosistema del Planeta. La mayor dificultad se debe al grupo de microorganismos; por ejemplo, se calcula que en 1 gramo de suelo pueden coexistir más de diez mil especies diferentes de ellos, en su mayor parte desconocidos para la ciencia.

En el Parque Natural de Los Alcornocales se ha realizado un estudio bastante completo de las plantas espermatofitas (con flores), helechos, musgos y líquenes (GARCÍA y cols. 1994). Se han delimitado parcelas de estudio con una dimensión estandarizada internacionalmente (20 m. x 50 m.) y mediante visitas repetidas se han elaborado listas completas de plantas. En la muestra de alcornocal se identificaron 119 especies vegetales, incluyendo 9 especies de musgos, 14 de líquenes y 1 de helecho. En un bosque de *Quercus canariensis* cercano, la diversidad fue menos alta: 91 especies vegetales, de las que 4 fueron musgos, 15 líquenes y 5 helechos. Como comparación, se estudió un coscojar sobre margas calizas, en los márgenes del Parque, que se puede considerar representativo del “maquis” tan extendido por el Mediterráneo occidental. La riqueza de especies vegetales del

coscojar fue bastante menos elevada: 55 especies, con sólo 2 especies de líquenes, 1 de musgo y ningún helecho. Estos resultados sobre densidad de plantas vasculares en 0,1 ha. permiten concluir que los bosques relativamente conservados en las Sierras del Aljibe, tienen de los valores más altos de diversidad vegetal de la Cuenca Mediterránea.

El catálogo de especies de un lugar o región es una información imprescindible pero no suficiente, porque todas las especies no son iguales, no tienen el mismo valor desde el punto de vista ecológico, filogenético o biogeográfico. Las especies que sólo habitan en un área pequeña, las endémicas, como por ejemplo la violeta de Cazorla (*Viola cazorlensis*) son más vulnerables a la extinción, ya sea por una plaga o una perturbación en su área reducida. Por tanto, su carácter de endemismo o rareza geográfica les confiere un valor especial que justifica su conservación. Otro criterio es la rareza filogenética o su singularidad entre

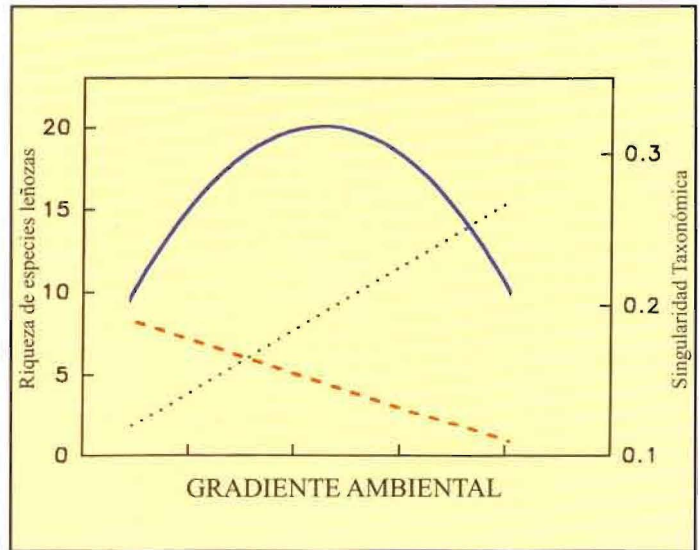


Figura 5.- Tendencias en la variación de la riqueza de especies (línea continua), de la riqueza de endemismos (línea discontinua) y de la singularidad taxonómica (línea de puntos) en un gradiente ambiental de los bosques de la Sierra del Aljibe. Fuente: Elaboración propia a partir de OJEDA y cols., 1995.



los parientes más próximos de género o de familia. Un buen ejemplo es la planta carnívora (*Drosophyllum lusitanicum*) que vive en las Sierras de Cádiz; constituye la única especie en su género que además es bastante diferente de los demás en la familia droseráceas. La extinción de esta especie supondría una pérdida muy importante de información genética; de ese diseño biológico tan singular seleccionado para la captación de nitrógeno de origen animal; esa pérdida sería mucho mayor, en comparación, que la extinción de otra especie que tuviera muchos parientes próximos, como por ejemplo uno de los numerosos tomillos andaluces.

La complejidad en la evaluación de la biodiversidad vegetal ha sido tenida en cuenta por OJEDA y cols. (1995) en su estudio de las comunidades arbustivas y arbóreas del Parque Natural de los Alcornocales. El análisis se ha centrado en las especies leñosas, tipo biológico con gran relevancia en la vegetación mediterránea. Destaca la importancia de los alcornocales por su mayor riqueza de especies (hasta 25 especies leñosas en una muestra de 100 m. lineales); los brezales en las cumbres destacan por su gran concentración de especies endémicas; por último, los quejigares en los fondos de los valles destacan por su mayor proporción de taxones singulares, es decir con pocos parientes próximos en Andalucía (FIGURA 5). La recomendación del estudio es conservar unidades de

Fotografía 18.- La planta carnívora (*Drosophyllum lusitanicum*) que crece en los brezales y bosques de la Sierra del Aljibe, debe ser conservada por su singularidad taxonómica.



Figura 6.- Árbol viejo con los diferentes micro-hábitats que son utilizados por los invertebrados. Véase en el texto la descripción de los hábitats numerados. Fuente: Elaboración propia a partir de KILY, 1996 sobre acuarela de ANTONIO HERNANDO.



paisaje que integren las comunidades vegetales con valores altos para las tres componentes de la biodiversidad vegetal.

El bosque es un sistema complejo. Sin embargo, algunos gestores de montes prefieren simplificar este sistema, transformándolo en un parque de árboles espaciados y remangados, con el suelo desnudo de vegetación. En los últimos años (finales de los 90) se están realizando aclareos y rozas abusivas del bosque, tanto en montes públicos como privados, subvencionadas con fondos europeos. Estas "actuaciones selvícolas" se justifican por la eliminación de combustible y reducción del riesgo de incendios, aumento de la producción de corcho y bellota al eliminar la competencia de otras especies, además de captar jornales y subvenciones para las comunidades rurales. Las actuaciones tienen un coste económico (maquinaria, jornales) pero también tienen un coste ecológico que debe ser evaluado en su planificación. Al rozar el estrato arbustivo y las lianas cambian las

condiciones de sombra y microclima propias del bosque; en las nuevas condiciones, más expuestas, se favorecen las plantas heliófilas (exigentes de luz), colonizadoras, generalistas y que precisamente suelen ser más combustibles y pueden provocar incendios. Se está rozando de una forma extensiva grandes superficies de bosque, dejando el suelo desprotegido y propenso a sufrir erosión, especialmente en laderas con pendiente elevada. La destrucción masiva y simultánea del estrato arbustivo supone una reducción importante de la producción de frutos que significan la base alimenticia de las aves frugívoras invernantes. El uso de desbrozadoras mecánicas sin control, está destruyendo toda una generación de renuevos de encinas, alcornoques y quejigos, además de ejemplares antiguos y valiosos de madroños, agracejos, durillos, brezos arbóreos y otros elementos del matorral noble. Es paradójico que con los fondos europeos para actuaciones selvícolas se está llevando a cabo una de las agresiones más graves al bosque mediterráneo de los últimos 30 años.



Fotografía 19.- La gestión sostenible del bosque debe estar basada en el conocimiento de su biodiversidad y de su funcionamiento ecológico.

El grupo de los animales invertebrados presenta una extraordinaria biodiversidad y sin embargo está poco estudiado en los bosques andaluces. Dentro de este amplio grupo existen animales asociados a microhábitats muy específicos en los árboles, especialmente en árboles viejos que ofrecen una gran heterogeneidad de ambientes. En la figura 6 se ha representado un “árbol ideal para invertebrados” con 9 microhábitats:

1) Las oquedades del tronco tienen diferentes comunidades faunísticas según la altura, la orientación y la humedad.

2) Las cicatrices de ramas desgajadas son estructuras importantes para las puestas de huevos y para el acceso de los invertebrados.

3) Las fracturas en la corteza del tronco y

4) los regueros de savia, son utilizados por animales especializados en estos recursos.

5) Las ramas caídas se deben dejar en el suelo para ser aprovechadas por los invertebrados.

6) Los hongos de la madera son hábitats para muchos invertebrados.

7) El agua almacenada en las cicatrices de unión de algunas ramas al tronco son hábitats específicos para escarabajos y dípteros.

8) Las ramas muertas que persisten en la copa son utilizadas por los animales especializados en madera seca.

9) La madera viva del árbol asegura el futuro para las nuevas generaciones de invertebrados.

Este ejemplo está tomado de un programa inglés para la conservación de la biodiversidad de invertebrados del bosque, que propone un cuidado especial para los árboles “veteranos” (KEY, 1996). Un ejemplo que sorprenderá a muchos gestores andaluces tradicionales, tan preocupados con “limpiar” el bosque de los árboles viejos y enfermos. Según esta concepción moderna de gestionar para la biodiversidad, los árboles viejos son un recurso importante para los animales, además de ser testigos y archivos de la historia ecológica del bosque.

El bosque mediterráneo es un sistema complejo de uso múltiple, con una valiosa riqueza biológica. La gestión sostenible del bosque y el mantenimiento de su biodiversidad requieren nuevos conceptos y tecnologías. Se están gastando cantidades ingentes de recursos, en actuaciones forestales, sobre un sistema cuyo funcionamiento apenas se conoce. Es necesario un programa regional, multidisciplinar, de estudio y experimentación en los principales tipos de bosques andaluces. Sobre todo, es necesario un cambio de actitud en su gestión. El bosque no es un monocultivo de árboles sanos y productores; tampoco es un parque “limpio” para pasear; es un ecosistema donde árboles, lianas, hierbas, mamíferos, aves, insectos, hongos y bacterias coexisten y mantienen complejas interrelaciones. El conocimiento de este sistema y su funcionamiento debe ser la base científica para definir una política adecuada de gestión sostenible del bosque mediterráneo.

Bibliografía:

- BAUER, E. (1991). *Los montes de España en la Historia*, 2ª ed. MAPA y Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- BLANCO, E. y otros 11 autores (1997). *Los bosques ibéricos*. Ed. Planeta. Barcelona.
- CABEZUDO, B., MOLERO, J. y PÉREZ-LA TORRE, A. (1998). Vegetación de Andalucía. *Enciclopedia de la Naturaleza de Andalucía*. Tomo 3. Ed. Giralda, Sevilla, págs. 211-268.
- ESCARRÉ, A., GRACIA, C., RODÁ, F. y TERRADAS, J. (1984). Ecología del bosque esclerófilo mediterráneo. *Investigación y Ciencia* 95: 69-78.
- GARCÍA, M., HIDALGO, R., LUQUE, B., MORENO y OJEDA, F. (1994). *Estratificación de la diversidad en comunidades vegetales del Estrecho de Gibraltar*. Almoraima 11: 233-242.
- HERRERA, C.M. (1992). Historical effects and sorting processes as explanation for contemporary ecological patterns: character syndromes in mediterranean woody plants. *American Naturalist* 140: 421-446.
- HERRERA, C.M. (1995). Plant-vertebrate seed dispersal systems in the Mediterranean: ecological, evolutionary, and historical determinants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 705-727.
- KEY, R.S. (1996). Invertebrate conservation and pollards. En: H.J. Read (ed.) *Pollard and veteran tree management II*. Corporation of London. Londres, Inglaterra, págs. 21-28.
- LATHAM, R.E. y RICKLEFS, R.E. (1993). Continental comparisons of temperate-zone tree species diversity. En: R.E. Ricklefs y D. Schluter (eds.) *Species diversity in ecological communities*. University of Chicago Press. Chicago, EEUU, págs. 294-314.
- MABBERLEY, D.J. (1997). *The Plant-Book*. 2ª edición. Ed. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- MARAÑÓN, T. y OJEDA, J.F. (1998). Ecology and history of a wooded landscape in southern Spain. En: K.J. Kirby y C. Watkins (eds.) *The ecological history of European forests*. CAB International. Wallingford, Inglaterra, págs. 107-116.
- OJEDA, F., ARROYO, J. y MARAÑÓN, T. (1995). Bio-diversity components and conservation of Mediterranean heathlands in southern Spain. *Biological Conservation* 72: 61-72.
- OJEDA, J.F. (1989). El bosque andaluz y su gestión a través de la Historia. *Geografía de Andalucía* (dir. G. Cano). Tomo V. Ed. Tartessos. Sevilla, págs. 315-355.
- PARRA, F. (1991). *Monte mediterráneo*, 1ª parte. Enciclopedia de la Naturaleza de España (dir. B. Cardelús). Tomo 13. Ed. Debate, Madrid.
- SORIGUER, R.C., FANDOS, P., BERNALDEZ, E. y DELIBES, J.R. (1994). *El ciervo en Andalucía*. Junta de Andalucía. Sevilla.
- STEVENSON, A.C. y HARRISON, R.J. (1992). Ancient forests in Spain: a model for land-use and dry forest management in south-west Spain from 4000 BC to 1900 AD. *Proceedings of the Prehistoric Society* 58: 227-247.
- THIRGOOD, J.V. (1981). *Man and the Mediterranean forest*. Academic Press. Londres, Inglaterra.
- VALDÉS, B., TALAVERA, S. y FERNÁNDEZ-GALIANO, E. (1987). *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Ed. Ketres. Barcelona.