

CONSERVACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS DE LOS *QUERCUS* MEDITERRÁNEOS EN ESPAÑA

P. JIMÉNEZ, L. GIL

Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética. ETSI MONTES, Universidad Politécnica de Madrid.
C/ Ramiro de Maeztu, s/n. 28040 Madrid
lgil@montes.upm.es

RESUMEN

El interés ecológico y económico de las especies mediterráneas del género *Quercus* (*Quercus ilex*, *Q. suber*, *Q. coccifera*) justifica los estudios y actividades centrados en la conservación de sus recursos genéticos. Como base necesaria para el desarrollo de estrategias de conservación, se ofrece una revisión del estado de conocimientos sobre la diversidad de estas especies, especialmente los existentes sobre su variabilidad genética. Se comentan los factores con mayor influencia sobre la estructura genética, así como la relevancia de ciertas poblaciones marginales de cara a la conservación.

A pesar de las peculiaridades de cada especie, la coincidencia del área y la semejanza de tratamientos conllevan problemas de conservación comunes. Las principales amenazas derivan del manejo antrópico de las masas: falta de regeneración, falta de madurez en los montes bajos, movimientos incontrolados de semillas, etc. Las poblaciones marginales presentan mayores riesgos de desaparición debido a sus características especiales (menor tamaño, hábitat limitante). Estos problemas requieren la adopción de estrategias en las que la gestión selvícola fomente la regeneración natural y la evolución de las masas, además de considerar las amenazas particulares existentes sobre cada población.

PALABRAS CLAVE: *Quercus* mediterráneos
Recursos Genéticos
Conservación

INTRODUCCIÓN

Las especies esclerófilas del género *Quercus* (*Q. ilex* L., *Q. suber* L. y *Q. coccifera* L.) constituyen un elemento primordial en los paisajes de la Península Ibérica. La imagen de gran parte del territorio, principalmente de la mitad occidental, está definida por dehesas y montados de encina (*Q. ilex*) y/o alcornoque (*Q. suber*), y muchos de los montes mediterráneos se ven cubiertos por un matorral donde la coscoja (*Q. coccifera*) tiene un papel predominante. Los datos de la superficie cubierta, aunque con variaciones según las fuentes, son indicativos de la importancia de estas formaciones: más de tres millones de hectáreas en el caso de *Q. ilex*, entre 370.000-470.000 ha para *Q. suber* (2.º Inventario Forestal Nacional; Montero, 1987). La distribución sobre la geografía española de estas dos

especies arbóreas se muestra en las Figuras 1 y 2. Igualmente, diversos sistemas agroganaderos se basan en la explotación de los productos de estas especies: bellota, corcho, leña, pasto, etc. Como ejemplo de la importancia económica de estas especies, el valor de la producción de corcho en 1995 supuso 6.694 millones de pesetas, y el de bellota más de 2.000 millones de pesetas (Ministerio de Medio Ambiente, 2000). Suponen una renta considerable en unas zonas a menudo de escasa rentabilidad agrícola y poco desarrolladas económicamente. La extensión ocupada no debe llevar a pensar que se encuentran libres de amenazas, pues, como se verá más adelante, son varios los factores que pueden alterar su *status* genético.



**Fig. 1.—Área de distribución de *Quercus suber* en España
(Segundo Inventario Forestal Nacional, MMA, 1998)**

*Distribution range of *Quercus suber* in Spain
(2nd National Forest Inventory, MMA, 1998)*



Fig. 2.—Área de distribución de *Quercus ilex* en España (Segundo Inventario Forestal Nacional, MMA, 1998)

*Distribution range of *Quercus ilex* in Spain*
(Source: 2nd National Forest Inventory, MMA, 1998)

ESPECIES CONSIDERADAS

En paralelo a su interés económico, los primeros esfuerzos y actividades de conservación se orientaron hacia el alcornoque (*Quercus suber*). Posteriormente, y de acuerdo a las tendencias seguidas a nivel internacional, el objetivo se amplía a los demás *Quercus* esclerófilos (*Q. ilex* y *Q. coccifera*). Los robles marcescentes (*Q. faginea*, *Q. pyrenaica*, *Q. humilis*, *Q. canariensis*), si bien pueden denominarse con todo derecho como mediterráneos, tienden a considerarse junto con las especies caducifolias, pues los estudios realizados hasta el momento se han hecho sobre este conjunto dada su proximidad taxonómica y los intercambios genéticos existentes entre ellos (Herrán *et al.*, 1999; Olalde *et al.*, 2000).

Las tres especies consideradas comparten gran parte del área, con unos requisitos ecológicos que se solapan y por tanto con abundancia de masas mixtas. La encina y el alcornoque están sometidos a manejos similares y la coincidencia de hábitats y de tratamiento de-

termina unos problemas comunes a la hora de su conservación. La coscoja, por otro lado, es una especie menos estudiada, por su carácter arbustivo y su falta de interés productivo. Sin embargo, no hay que olvidar su importante papel ecológico en las áreas mediterráneas, no sólo como sustitución de formaciones arboladas, sino como etapa madura en hábitats inadecuados para la encina. Actualmente se tiende a interpretar que no todos los coscojares proceden de la degradación de encinares y, por tanto, pueden tener un papel propio (Blanco *et al.*, 1997). La cercanía filogenética de la encina y la coscoja impulsan a incluir ambas en los estudios de variación genética, pues probablemente compartirán parte del genoma, de modo similar a lo que ocurre en las especies del subgénero *Quercus* (Zanetto *et al.*, 1994; Dumolin-Lapègue *et al.*, 1997, 1999; Bodénès *et al.*, 1997).

INVENTARIO DE RECURSOS GENÉTICOS DE LAS ESPECIES

La delimitación de regiones de procedencia para *Q. ilex* y *Q. suber* (Díaz-Fernández *et al.*, 1995; Jiménez *et al.*, 1996) supone una revisión del área de distribución de las especies y de su variabilidad ecológica, y constituye un inventario de las poblaciones de estas especies. La variabilidad de *Q. coccifera* en España, por otro lado, ha sido estudiada por Cañellas (1993). En el curso de los trabajos de definición de regiones de procedencia, se constató la singularidad de una serie de zonas, que se denominaron *procedencias de área restringida* y cuyo interés principal radica en la conservación de recursos genéticos. Suele tratarse de masas aisladas, en los límites del área de distribución y de reducido tamaño, a pesar de lo cual constituyen un recurso genético de gran interés. Sobreviven en ambientes cercanos al límite de la especie, con las posibles especializaciones y adaptaciones que ello conlleva; el aislamiento y el menor tamaño demográfico contribuyen a una estructura genética divergente del resto de poblaciones, pero esas mismas características aumentan el peligro de desaparición. Este conjunto de poblaciones es, por tanto, uno de los objetivos sobre los que actuar.

Hasta la fecha, las masas que gozan de una protección efectiva son las incluidas en alguno de los diversos Espacios Naturales Protegidos (Parques Nacionales o Naturales, Reservas, etc.). En algunas ocasiones, el valor del espacio descansa particularmente sobre la singularidad o la importancia de las formaciones de alguna de estas especies: es el caso del Parque de los Alcornocales, en Cádiz; del Parque Nacional de Cabañeros (representativo del monte mediterráneo), o del Parque Natural de la Font Roja (Alicante), uno de los escasos encinares de la Comunidad Valenciana. En algunos casos, las procedencias de área restringida antes mencionadas se encuentran incluidas en alguno de estos espacios, como el mencionado Parque Natural de la Font Roja, correspondiente a la procedencia «Alcoy» de *Q. ilex* (Jiménez *et al.*, 1996).

En el marco de las actividades desarrolladas por la red EUFORGEN y por la DGCN, en 1998 se llevó a cabo la instalación de varios ensayos de procedencias de *Q. suber*. En la actualidad existen dos ensayos internacionales y dos nacionales, con un número de procedencias y plantas variables (Tabla 1), además de un ensayo de progenies localizado en Selladures (Jaén) y que comprende 3 procedencias, con 22 progenies cada una. Como señalan Varela y Eriksson (1995), los ensayos de campo son valiosos como recurso genético si contienen procedencias de todo el área de la especie. La recogida de semilla para los ensayos existentes se realizó cubriendo toda la variabilidad ecológica y con una especial atención a las procedencias de área restringida en el caso de España. La variabilidad interpoblacional,

TABLA 1
SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAYOS DE PROCEDENCIAS
EXISTENTES PARA *Q. SUBER*

Location and main characteristics of provenance tests of Cork oak established in Spain

Localidad	Provincia	Distribución	N.º procedencias	Superficie	N.º inicial plantas/procedencia
Lugar Nuevo	Cáceres	Internacional	32	4 ha	120
Lugar Nuevo	Cáceres	Nacional	13 (1.ª fase) 9 (ampliación)	2,5 ha	120 92
Selladores	Jaén	Nacional	13 (1.ª fase) 6 (ampliación)	2,2 ha	120 100
Puerta de Hierro	Madrid	Internacional	15	0,06 ha	64

por tanto, está correctamente representada tanto en los ensayos nacionales como en los internacionales. Respecto a la diversidad intrapoblacional, los estudios genéticos con isoenzimas muestran que representa el mayor porcentaje de variabilidad (Toumi y Lumaret, 1998; Jiménez *et al.*, 1999), como es típico en los árboles forestales (Hamrick *et al.*, 1979, 1992). El número actual de plantas por procedencia (alrededor de 100-120 en la mayoría de ellos) es suficiente para recoger una gran parte de la variabilidad. De hecho, el alcornoque muestra pocos alelos raros y localizados en pocas poblaciones (Jiménez, 2000), por lo que es de esperar que en las plantaciones se hayan recogido la práctica totalidad de las variantes. El valor de los ensayos como método de conservación *ex situ*, no obstante, es temporal, pues su manejo prevé la eliminación de tres de cada cuatro plantas para llegar a una densidad final de 278 plantas/ha, con lo cual el número de individuos por procedencia puede llegar a ser demasiado bajo para representar la diversidad de la población.

PROBLEMAS DE CONSERVACIÓN ESPECÍFICOS

A nivel general, los problemas que afrontan estas especies derivan principalmente del manejo a que han sido sometidos tradicionalmente, aunque también existen amenazas derivadas de plagas y enfermedades. La transformación del monte original en dehesas supone la creación de unos sistemas de explotación con un gran valor natural, pero que en la actualidad presentan problemas de regeneración que conducen a unas masas envejecidas y debilitadas. Este supone uno de los problemas más acuciantes en este tipo de formaciones. En otras ocasiones, los montes tienen un tratamiento a monte bajo (carboneo, leña) que dificulta la evolución hacia unas estructuras más maduras. El hecho de que más del 90 % de los montes de encina y de alcornoque estén en manos privadas dificulta el desarrollo de planes y estrategias de mejora o de conservación, y deja a la buena voluntad del propietario la evolución del monte.

En las dos últimas décadas se han descrito diversas mortandades de especies del género *Quercus* (MAPA, 1992), con un origen poco claro, y que se conocen como el fenómeno de la «seca». Fue especialmente intenso a mediados de los años 90: en enero de 1995, de 168 parcelas repartidas al azar por el territorio español, 118 presentaban daños en el arbolado (INIA, informe inédito). Inicialmente, la seca se atribuyó a ataques de agentes patógenos, especialmente hongos (*Hypoxylon mediterraneum*, *Phytophthora cinnamomi*), aunque el factor desencadenante parece haber sido la sucesión de varios años de sequía y temperaturas altas. El estrés ambiental prolongado causaría un debilitamiento en los individuos, siendo altamente susceptibles al ataque de plagas y enfermedades (Brasier, 1992; INIA, informe inédito).

Otros problemas surgen de la alteración de la estructura genética de las poblaciones, ante los traslados de semillas tanto históricos como actuales. La reforestación en tierras agrarias está suponiendo un movimiento de semillas que, a pesar de la normativa, no siempre es posible controlar, e incluso en las actuaciones oficiales se descuida este aspecto: en una de las escasas presencias de alcornoque en el litoral levantino (Pinet, Alicante) se realizó en 1995 una plantación con planta procedente de Extremadura. En las repoblaciones, además del traslado de material genético, existe el riesgo de una utilización de una fuente reducida de semilla y la consiguiente homogeneización de las nuevas masas. Esto es lo que puede haber ocurrido en las poblaciones extremeñas analizadas con isoenzimas, en las que se detectan bajos niveles de diversidad, con respecto al resto de la Península, que podrían responder a una selección a partir de unos pocos árboles madre (Jiménez, 2000).

Aunque no hay una reducción alarmante de la superficie ocupada por estas especies que haga temer por su persistencia a nivel global, el riesgo de desaparición es alto en determinadas poblaciones, que suelen corresponder con las antes descritas procedencias de área restringida. La situación y las amenazas reales para una serie de estas «poblaciones marginales» (así denominadas por ocupar los márgenes tanto geográficos como ecológicos) de *Q. suber* fueron analizadas por Díaz-Fernández *et al.* (1996). Muchas de ellas se encuentran en el área mediterránea, con frecuentes riesgos de incendios, una intensa utilización agrícola del territorio y unas condiciones climáticas muchas veces limitantes para las formaciones arbóreas. Por su pequeño tamaño es más fácil que desaparezcan tras una perturbación, los ambientes extremos hacen que su recuperación sea más difícil. Además, la mayoría de ellas presentan una insuficiente regeneración. Se constató, por ejemplo, la práctica desaparición de la especie en la Sierra de Carrascos (Murcia), un enclave citado por diversos autores (Ruiz de la Torre, 1979; Ferreras y Arozena, 1987; Costa Morata, 1993) e incluso representados en el Mapa Forestal de Ceballos (1966), pero en la actualidad reducido a menos de una decena de ejemplares en precario estado sanitario (Díaz-Fernández *et al.*, 1996). Sin embargo, no debe desdeñarse la importancia de estas poblaciones periféricas, pues desempeñan realmente el papel de «refugios», desde donde podrían extenderse tras un cambio climático favorable. Además, las mismas características que las hacen vulnerables (tamaño, aislamiento, estrés ambiental) determinan estructuras genéticas particulares, como se ha comprobado en el estudio de la variación molecular de *Q. suber*. Al analizar la contribución de cada una de las poblaciones a la diversidad total de la especie, aquellas que se habían clasificado como marginales presentan en conjunto una diversidad total superior a la media, y una composición alélica con una fuerte divergencia (Figuras 3 y 4). El aislamiento y un pequeño tamaño demográfico son los factores que más influyen en diferenciar una población del resto, aunque masas pequeñas pueden mantener tanta diversidad como núcleos mayores.

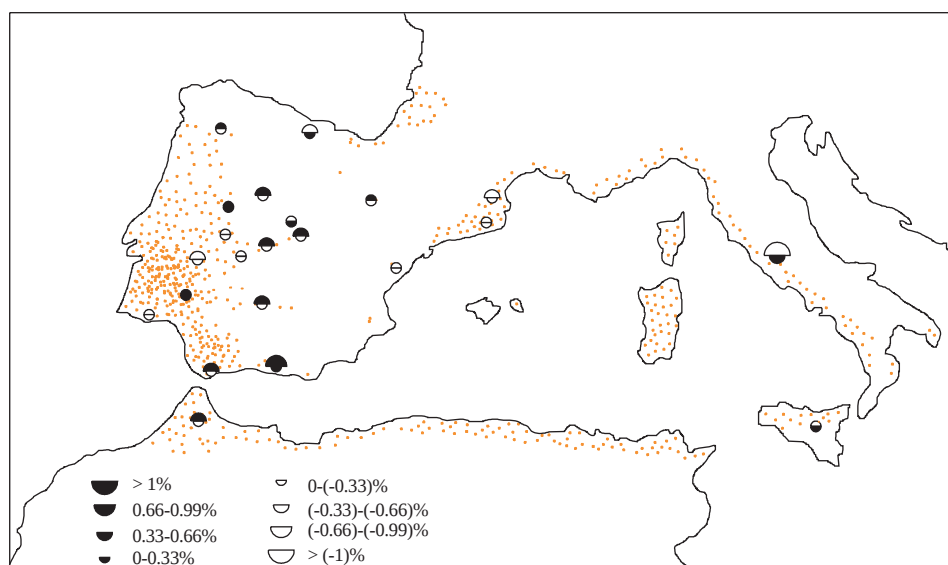


Fig. 3.—Contribución de cada población a la diversidad total. Se distinguen dos componentes: el semicírculo superior representa el componente debido a la diversidad de la propia población; el inferior, el debido a su divergencia respecto al resto de poblaciones (Jiménez, 2000)

Contribution of each population to total diversity. Two components are distinguished and represented proportional to the size of the semi-circle: component due to diversity of each population (up), and divergence respect the other populations (down) (Jiménez, 2000)

ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN A SEGUIR

El desarrollo de una estrategia de conservación precisa de una información de base sobre la especie o conjunto de especies a las que se dirigen los esfuerzos. La secuencia de actividades a seguir puede resumirse en las siguientes fases (Graudal *et al.*, 1997):

- Determinación de la variación genética dentro de la especie.
- Determinación del estado de conservación de la especie.
- Identificación de las poblaciones a conservar.
- Identificación de las posibles medidas de conservación.

De las especies que nos ocupan, la variación genética del alcornoque se conoce con cierta profundidad, así como la situación general de la especie y las amenazas existentes sobre determinadas poblaciones (Díaz-Fernández *et al.*, 1996; Jiménez, 2000). Los estudios de variabilidad molecular ofrecen diversa información relevante para los programas de conservación: niveles y estructuración de la diversidad, y qué procesos han sido los más relevantes en configurar los patrones de la especie. En concreto, se ha llevado a cabo el análisis de la variación isoenzimática y del genoma del cloroplasto. El estudio mediante isoenzimas ha permitido establecer, entre otros puntos:

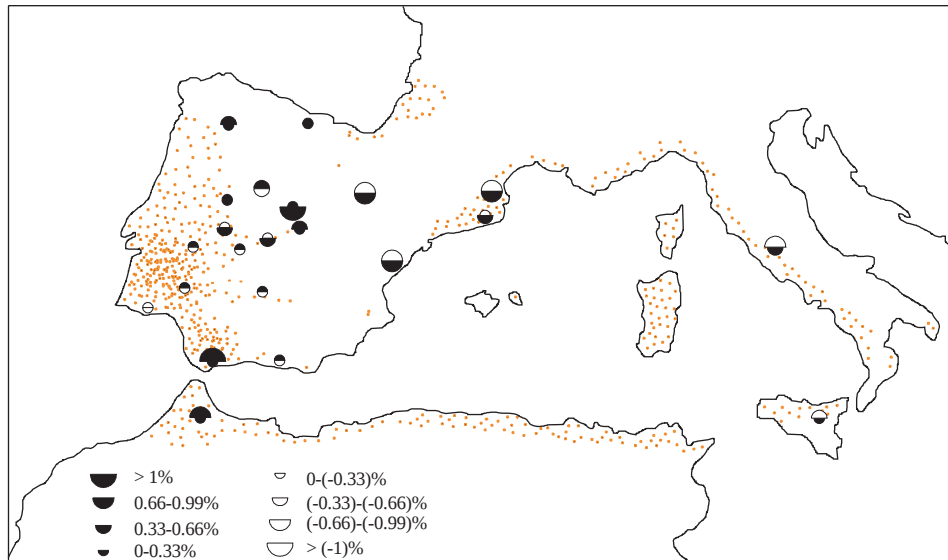


Fig. 4.—Contribución de cada población a la riqueza alélica total. Se distinguen dos componentes: el semicírculo superior representa el componente debido a la riqueza de la propia población; el inferior, el debido a su divergencia respecto al resto de poblaciones (Jiménez, 2000)

Contribution of each population to allelic richness. Two components are distinguished and represented proportional to the size of the semi-circle: component due to diversity of each population (up), and divergence respect the other populations (down) (Jiménez, 2000)

- Las zonas geográficas donde se concentra la mayor diversidad: las poblaciones del Sur de la Península (Granada, Cádiz, Sierra Morena) y Norte de Marruecos y algunas del centro-oeste (Salamanca, Madrid) muestran los mayores valores en los parámetros de diversidad (heterozigosis, riqueza alélica, riqueza genotípica) (Figura 5).
- Las relaciones entre las poblaciones: se aprecia una homogeneización de las estructuras genéticas aún entre poblaciones alejadas, probablemente como consecuencia de una expansión relativamente reciente y, por tanto, un corto espacio de tiempo para diverger. La deriva genética asociada al aislamiento geográfico y a pequeños tamaños demográficos, o la probable existencia de distintos refugios causa la diferenciación de ciertas poblaciones respecto de las demás (La Liébana, Granada), aumentando su interés de cara a la conservación.
- La influencia del sistema reproductivo en la estructuración de la diversidad: la mayor parte de la variabilidad se encuentra dentro de las poblaciones, que mantienen una gran riqueza en genotipos. Esto se atribuye al carácter alógamo de la especie y a la diversificación de la floración entre árboles y entre años (Ducousso *et al.*, 1993; Vázquez Pardo, 1998) que causa una gran heterogeneidad en las progenies de un mismo individuo.
- El papel fundamental de la historia de la especie (localización de los refugios, rutas seguidas en la recolonización posglacial) en el establecimiento de los niveles de variabilidad y de patrones geográficos.

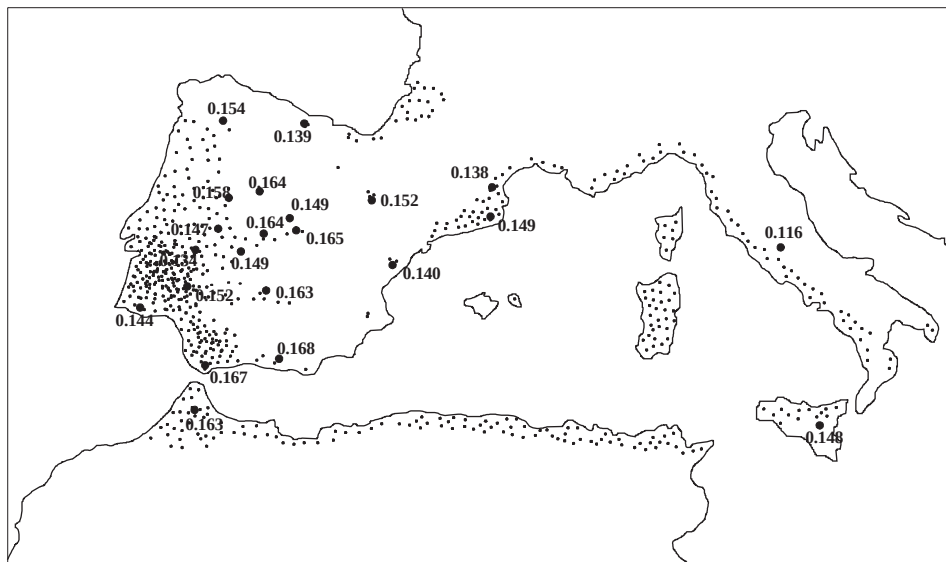


Fig. 5.—Valores de heterozigosidad esperada para cada población analizada mediante isoenzimas (Jiménez, 2000)

Expected heterozygosity of different populations of Quercus suber, evaluated by isozyme loci (Jiménez, 2000)

- El efecto del manejo sobre la diversidad genética: en el área suroccidental (Extremadura y Portugal) se ha detectado una reducción en los valores de heterozigosidad y de diversidad genotípica sin correspondencia con una pérdida de alelos, como ocurre en otras poblaciones de baja diversidad. Esta situación parece ser el resultado del tipo de explotación a que han sido sometidas estas masas, quizá por una selección de los individuos más productores.

Parte de esta información es extrapolable a *Q. ilex* y a *Q. coccifera*, en especial la derivada de características vitales comunes a las tres especies, como el sistema reproductivo. En particular, es de esperar una alta diversidad intrapoblacional y una baja diferenciación entre poblaciones, quizá potenciada por el área más continua de la encina frente al alcornoque, con mayores facilidades para el intercambio genético. Según datos ya existentes (Michaud *et al.*, 1995; datos propios sin publicar), *Q. ilex* parece ser más variable que *Q. suber*, probablemente como consecuencia de su mayor tolerancia ecológica, que le habría permitido mantenerse en un mayor número de refugios durante las glaciaciones. Es de prever también que las poblaciones más aisladas y de menor tamaño hayan sufrido una pérdida de variabilidad y/o una diferenciación respecto al área principal, como en el caso del alcornoque. *Q. coccifera* posiblemente represente una situación intermedia entre ambas especies respecto a los niveles de diversidad. La determinación de las zonas de mayor variabilidad y la estructuración geográfica, al venir determinadas por sucesos históricos principalmente, requiere el estudio particular de estas especies.

El análisis de la variación del genoma citoplasmático en el género *Quercus* aporta principalmente información acerca de la historia antigua de la especie. En este caso el es-

tudio incluye a las tres especies esclerófilas. Los resultados obtenidos hasta el momento confirman la uniformidad del alcornoque frente a una gran variabilidad de la encina y la coscoja, como consecuencia probablemente de la mayor reducción sufrida por aquél durante las épocas glaciales. Mediante estos marcadores se comprueba la cercanía filogenética de *Q. ilex* y *Q. coccifera*, que comparten las mismas variantes, así como la existencia de intercambios genéticos entre la encina y el alcornoque. El significado de esta introgresión no está claramente determinado, pero confiere singularidad a las poblaciones en que se detecta, que además siguen un marcado patrón geográfico: las poblaciones del litoral mediterráneo, desde Cataluña a Granada, de Sierra Morena y parcialmente en Galicia. Dado que el ADN del cloroplasto apenas muestra variación dentro de las poblaciones y que suele existir una estructuración geográfica, este marcador constituye una herramienta de utilidad en la identificación y control de los movimientos de semilla.

Respecto a estudios sobre la variación de rasgos adaptativos, se ha observado la existencia de un gradiente norte-sur para el tamaño de la bellota en *Q. suber* (Castro Noval, 1998, Castro Noval *et al.*, 2000). La semilla de procedencias más meridionales es significativamente más grande que la de poblaciones del norte de la península o situadas a gran altitud, lo que se interpreta como una manera de superar la sequía estival. Las plántulas procedentes de bellotas de mayor tamaño han alcanzado un mayor desarrollo al llegar el verano, sobre todo en su sistema radical, lo que les permite afrontar las condiciones adversas con más probabilidades de éxito. Por otro lado, la fenología y la frecuencia de ciclos de maduración se ha estudiado en varias poblaciones del área peninsular (Díaz-Fernández, 2000; Díaz-Fernández *et al.*, 2000). El alcornoque presenta dos estrategias: el desarrollo de la semilla en una única estación vegetativa (ciclo anual), o la entrada en letargo de las flores durante un año, y la maduración de la bellota al año siguiente de la aparición de la flor (ciclo bianual). Este carácter está relacionado con la precocidad en la floración (un rasgo sometido a control genético), de manera que los individuos más adelantados presentan ciclos anuales y los más tardíos, bianuales. Las condiciones ambientales que provocan períodos vegetativos más cortos (frío, sequía) llevan a una mayor frecuencia de ciclos bianuales en la población. Por tanto, puede verse como un rasgo adaptativo, ya que mediante los ciclos bianuales se evita la aparición de cosechas de semillas demasiado pequeñas (como consecuencia del menor período de desarrollo), que originarían plántulas con pocas posibilidades de supervivencia.

Respecto a *Q. ilex*, existe un conocimiento bastante completo de aspectos dinámicos, reproductivos y ecofisiológicos (Rudá *et al.*, 1999); sin embargo, aún debe estimarse la variación de estos caracteres a lo largo del área y las diferencias entre poblaciones.

El conocimiento obtenido de estos trabajos debe aunarse con el procedente de la caracterización demográfica real, con el fin de establecer las poblaciones sobre las que es prioritario actuar. Los estudios de variabilidad moleculares nos dan la información necesaria para determinar de qué manera recoger la máxima variación de la especie: preservación de las poblaciones singulares, representación de todos los grupos definidos, muestreo adecuado para recoger la variación intrapoblacional. Pero, en última instancia, las circunstancias particulares de cada población marcan la necesidad de actuar o no. Por ejemplo, la población madrileña de Hoyo de Manzanares presenta una disparidad importante respecto a la media de la población, y aunque no se detecta una pérdida de variabilidad o indicios de deriva genética, es un enclave que crece a una altitud límite (1.300 m.s.n.m.) y con muy escasa regeneración, que puede comprometer su futuro. En cambio, la población granadina de Haza del Lino es también una población bastante diferenciada, en la que aparece un haplotipo particular para el ADN de cloroplasto, pero su manejo actual permite asegurar su mantenimiento, en ausencia de catástrofes

(Díaz-Fernández *et al.*, 1996). La definición de las áreas de conservación precisa, por tanto, de la conjunción de toda la información existente.

La decisión final sobre qué tipo de actuaciones son necesarias depende del tipo de amenaza sobre cada población. Los problemas derivados del manejo de las especies requieren una gestión selvícola orientada al rejuvenecimiento de las masas, ofreciendo oportunidades para la regeneración natural. Incluso en poblaciones en que se ha detectado una pérdida de diversidad, este método es más aconsejable que introducir material foráneo, dada la facilidad de generar nuevos genotipos que confiere a estas especies su modo de reproducción. En este sentido, dada la escasa superficie de montes públicos, es necesario implicar a los propietarios en la conservación. Una explotación racional de encinares y alcornoques no es incompatible con la conservación; antes bien, precisamente las zonas donde no se obtienen beneficios directos o en las que se ha abandonado la producción son proclives a su disminución al desaparecer el interés por su permanencia. En la región francesa del Var, la superficie de alcornoque ha experimentado una importante regresión debido a la ausencia de cuidados selvícolas que ha conducido a unas masas envejecidas y en pésimo estado sanitario (Santelli, 1998).

Los factores de riesgo ya reconocidos permiten señalar algunas de las necesidades de investigación. Por un lado, la extensión de las plantaciones que se están llevando a cabo, con el riesgo de traslados incontrolados de material, hace preciso disponer de herramientas para la identificación del origen de la planta o la semilla, o para detectar la contaminación genética en parcelas ya instaladas. A este respecto, el ADN de cloroplastos, con escasa variabilidad intrapoblacional, ofrece la oportunidad de separar al menos entre zonas geográficas, y es de esperar que la puesta a punto de nuevos marcadores (microsatélites nucleares y de cloroplastos) permita una mayor discriminación. Por otro lado, surgen necesidades de gestión acerca de cuál es la forma más efectiva de ejercer la protección, en especial cuando el objetivo es una propiedad privada.

CONCLUSIONES

La revisión realizada a lo largo del presente trabajo permite comprobar que existe una base importante de conocimientos sobre las especies mediterráneas del género *Quercus*, lo que permite el desarrollo de estrategias de conservación fundadas en la variabilidad y las necesidades reales de estas masas. Cabe destacar que, si bien las principales amenazas derivan del uso antrópico, el interés económico supone una garantía para la preservación de las especies. Los programas que se desarrollen deben combinar, por tanto, la explotación con la conservación. En la mayor parte de las situaciones, son necesarias actuaciones selvícolas encaminadas a fomentar la regeneración natural en las masas envejecidas, o a la apertura y evolución de los montes bajos.

La estructura genética revelada en los estudios debe ser preservada, atendiendo especialmente a los traslados de semilla. Los ensayos de procedencia proporcionarán en el futuro información sobre la variación adaptativa y el comportamiento de los distintos orígenes.

Por último, las poblaciones pequeñas, con mayor riesgo de desaparición y generalmente sin interés económico, precisan estrategias particulares. En estos casos, son necesarias acciones directamente encaminadas a la preservación de los efectivos actuales y, en los casos más extremos, puede ser necesario recurrir a actividades *ex situ* como medio de conservar los genotipos para una posterior restauración.

En resumen, la conservación de los *Quercus* mediterráneos es una tarea abordable desde el actual estado de conocimientos, si bien existen aún necesidades de investigación que deben ser cubiertas. Esta conservación puede y debe ser armonizada con los usos productivos de la especie y, dada la estructura de la propiedad, debe implicar a los propietarios privados al igual que a la Administración.

SUMMARY

Genetic resource conservation of mediterranean oaks in Spain

Ecological and economical interest of mediterranean species of genus *Quercus* (*Quercus ilex*, *Q. suber*, *Q. coccifera*) justify the studies and actions focused on conservation of their genetic resources. As an essential basis for the development of conservation strategies, a review of the state of knowledge on these species diversity is offered, mainly referred to genetic variation. Factors determining genetic structure are commented, as well as the relevance of some marginal populations for conservation purposes.

In spite of the peculiarities of each species, similar distribution and management lead to common conservation problems. Main threats come from the exploitation models: lack of regeneration, low maturity in coppices, uncontrolled seed movements, etc. Marginal populations have higher risk of disappearance due to their singular characteristics (low demographic size, limitant habitats). These menaces require the adoption of strategies in which the management promote natural regeneration and the evolution of the stands, while at the same time particular risks of each population are considered.

KEY WORDS: Mediterranean *Quercus*
Genetic Resources
Conservation

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA M., GÉNOVA M., GÓMEZ A., GÓMEZ F., MORENO J.C., MORLA C., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, 572 pp.
- BODÉNÈS C., JOANDET S., LAIGRET F., KREMER A. 1997. Detection of genomic regions differentiating two closely related oaks species *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L. Heredity 78: 433-444.
- BRASIER C.M., 1992. Oak tree mortality in Iberia. Nature, 360, 539.
- CAÑELLAS I., 1993. Ecología, características y usos de los coscojares (*Quercus coccifera* L.) en España. Tesis doctoral, UPM. Madrid, 415 pp.
- CASTRO NOVAL L., 1998. Ensayos de procedencias y progenies de *Quercus suber* L. Caracterización morfológica de semillas y plantas, cultivo en vivero y resultados del primer año de instalación. Proyecto fin de carrera. ETSI Montes, UPM, Madrid, 137 pp.
- CASTRO NOVAL L., DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., GIL L., 2000. Influencia del tamaño de semilla y del cultivo en vivero en el desarrollo de procedencias de *Quercus suber*. Congresso Mundial do Sobreiro e da Cortiça. Lisboa, 19-21 julio 2000.
- CEBALLOS L. (dir.) 1966. Mapa forestal de España. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- COSTA MORATA P., 1993. Guía Natural de las Montañas Españolas. ICONA, 543 pp.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., 2000. Variabilidad de la fenología y del ciclo reproductor de *Quercus suber* L. en la Península Ibérica. Tesis doctoral. E.T.S.I. Montes, Universidad Politécnica de Madrid.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., GALLARDO MUÑOZ M.I., GIL L., 1996. Alcornocales marginales en España. Estado actual y perspectivas de conservación de sus recursos genéticos. *Ecología*. 10: 21-47.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., JIMÉNEZ P., CATALÁN G., MARTÍN S., GIL L., 1995. Regiones de procedencia de *Quercus suber* L. en España. ICONA. Madrid. 49 + mapas.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., CASTRO NOVAL L., GIL L., 2000. Influencia de la fenología de la floración sobre los patrones de formación del fruto en *Quercus suber*. Congresso Mundial do Sobreiro e da Cortiça. Lisboa, 19-21 julio 2000.

- DUMOLIN-LAPÈGUE S., DEMESURE B., FINESCHI S., LE CURRE U., PETIT R.J. 1997. Phylogeographic structure of white oaks throughout the European continent. *Genetics* 146: 1475-1487.
- FERRERAS C., AROZENA M.E., 1987. Guía física de España, 2. Los bosques. Alianza Editorial, 389 pp.
- GRAUDAL L., KJAER E., THOMSEN A., LARSEN A.B., 1997. Planning national programmes for conservation of forest genetic resources. Technical note 48, Danida Forest Seed Centre, Denmark. 59 pp.
- HAMRICK J.L., LINHART Y.B., MITTON J.B., 1979. Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10, 173-200.
- HAMRICK J.L., GODT M.J.W., SHERMAN-BROYLES S.L., 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. *New Forests*, 6, 95-124.
- HERRÁN A., ESPINEL S., GOICOECHEA P.G., 1999. Utilización del polimorfismo del ADN de cloroplastos para definir regiones de procedencia materna en los robles blancos de la península Ibérica. *Invest. Agr., Sist. Rec. For.*, 8 (1), 139-150.
- JIMÉNEZ M.P., 2000. Análisis de la variabilidad genética de *Quercus suber* L. mediante marcadores moleculares y su aplicación a la conservación de recursos genéticos. Tesis doctoral. ETSI Montes, UPM. 158.
- JIMÉNEZ M.P., DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., IGLESIAS S., DE TUERO M., GIL L., 1996. Las regiones de procedencia de *Quercus ilex* L. en España. ICONA. Madrid. 93 pp + mapas.
- JIMÉNEZ P., AGÜNDEZ D., ALÍA R., GIL L., 1999. Genetic variation in central and marginal populations of *Quercus suber* L. *Silvae Genetica* 48: 278-284.
- MICHAUD H., TOUMI L., LUMARET R., LI T.X., ROMANE F., DI GIUSTO F., 1995. Effect of geographical discontinuity on genetic variation in *Quercus ilex* L. (holm oak). Evidence from enzyme polymorphism. *Heredity*. 74: 590-606.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1992. Nuevos daños en nuestros encinares (La seca de las encinas). MAPA. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1998. Segundo Inventario Forestal Nacional. España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2000. Estrategia Forestal Española. Secretaría General de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- MONTERO G., 1987. Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornoques (*Quercus suber* L.) en función de la calidad de estación y de los tratamientos selvícolas. Tesis doctoral. INIA, 277 pp.
- OLALDE M., HERRÁN A., ESPINEL S., GOICOECHEA P.G., 2000. White oaks phylogeography in the Iberian Peninsula. (en preparación).
- RODÁ F., RETANA J., GRACIA C.A., BELLOT J. (eds.) 1999. Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests. Springer-Verlag. Berlín, 373 pp.
- RUIZ DE LA TORRE J., 1979. Árboles y arbustos. ETSI Montes. 533 pp.
- SANTELLI J., 1998. Communication de l'Office National des Forêts sur la régénération des forêts de chêne-liège varoises. Actes du Séminaire méditerranéen sur la Régénération des forêts de Chêne-Liège. Annales de l'INRGREF. (número especial): 48-62.
- TOUMI L., LUMARET R., 1998. Allozyme variation in cork oak (*Quercus suber* L.): the role of phylogeography and genetic introgression by other Mediterranean oak species and human activities. *Theor. Appl. Genet.* 97: 647-656.
- VARELA M.C., ERIKSSON G., 1995. Multipurpose gene conservation in *Quercus suber* -a Portuguese example. *Silvae Genetica*. 44: 28-37.
- ZANETTO A., ROUSSEL G., KREMER A., 1994. Geographic variation of inter-specific differentiation between *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) Liebl. *Forest Genetics* 1 (2): 111-123.