

## Los *hotspots* de biodiversidad, una herramienta para la conservación de la flora mediterránea

¿Cómo contrarrestar la gran crisis de extinción de especies a nivel mundial? Entre las diversas tentativas para conservar las regiones biogeográficas de mayor diversidad, la noción de punto caliente de biodiversidad o *hotspot* formalizada por Norman Myers a finales de los ochenta –concepto retomado y desarrollado seguidamente por la organización no gubernamental *Conservation International*– ha tenido un éxito destacado (Myers *et al.*, 2000, Mittermeier *et al.*, 2004). Un *hotspot* constituye una región terrestre de excepcional concentración de especies endémicas (presencia de al menos 0,5% de las 300.000 plantas vasculares, o sea alrededor de 1.500 endémicas), y que a la vez está sometida a fuertes amenazas de destrucción: que al menos el 70% de la vegetación original haya desaparecido.

La región bioclimática mediterránea constituye, en su conjunto, uno de los 34 *hotspots* de biodiversidad identificados en todo el mundo (Médail & Quézel, 1997; Médail & Myers, 2004), pero es también una de las ecorregiones en crisis, entre las más amenazadas por los múltiples impactos antrópicos y los cambios globales. Por ello, es importante definir y delimitar la ubicación de estos *hotspots* dentro de una estrategia global de conservación de la biodiversidad vegetal mediterránea.

### Los *hotspots* regionales de la cuenca mediterránea

Estimada en 25.000 especies, o en 30.000 especies y subespecies, la riqueza florística de la región

mediterránea representa alrededor del 10% de las plantas superiores del globo, presentes únicamente sobre el 1,6% de la superficie terrestre (Médail & Quézel, 1997). Existen dos polos principales de diversidad vegetal, uno occidental que comprende la península Ibérica y Marruecos, y otro oriental que engloba a Turquía y Grecia. Teniendo en cuenta la riqueza en especies, en endemismos y la magnitud de las amenazas antrópicas, se han definido diez puntos calientes regionales de biodiversidad mediterránea (Médail & Quézel, 1997, 1999) (Figura 1). Éstos albergan alrededor de 5.500 plantas endémicas mediterráneas, es decir el 44% del catálogo sobre el 22% del territorio (ca. 515.000 km<sup>2</sup>). En la concepción actual, a los nueve *hotspots* regionales del contorno mediterráneo, se añade el *hotspot* formado por las islas macaronésicas (Médail & Myers, 2004). Más recientemente, se ha identificado un nuevo *hotspot* regional en el norte de África, en los montes de Kabília y Djurdjura (Véla & Benhouhou, 2007), y es probable que pudiera individualizarse otro *hotspot* en la costa y las islas de Croacia (T. Nikolic, comm. pers.). No obstante, hay que destacar que las delimitaciones de estos *hotspots* descansan sobre una base de datos de riqueza florística y endemismos globalmente empíricos y no referenciados, ya que no existen aún distribuciones suficientemente precisas y explotables por Sistemas de Información Geográfica para el conjunto de la flora mediterránea. Para precisar la distribución real de la biodiversidad mediterránea son indispensables profundas puestas al día florísticas en las numerosas regiones infrapropectadas, al tiempo que mejores conocimientos sistemáticos, ¡pero hay que subrayar que el reto es enorme!

### ¿Por qué existen *hotspots* de biodiversidad?

La existencia de tales *hotspots* se explica por factores biogeográficos y ambientales. En primer lugar, estos sectores constituyen a menudo territorios de refugio, salvaguardados de los ciclos glaciares de finales del Terciario, y sobre todo del Cuaternario. Un buen número de estos *hotspots* se localizan de hecho en islas, allí donde el impacto de las fluctuaciones climáticas del Pleistoceno (ciclos glaciares-interglaciares) ha sido generalmente más

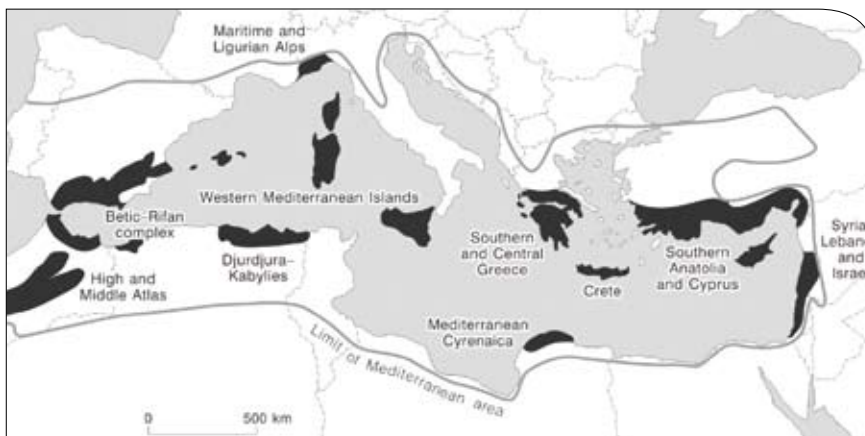


Figura 1: Los diez *hotspots* de diversidad vegetal de la cuenca mediterránea, según Médail & Quézel (1997) y completada por el *hotspot* de Djurdjura-Kabylies (Véla & Benhouhou, 2007).

reducido. Dentro del Hemisferio Norte, los refugios glaciares han jugado un papel importante estructurando la diversidad genética. Si estas zonas han limitado los fenómenos de extinción, también han favorecido los eventos de diversificación de poblaciones vegetales. Por ello, la identificación precisa de tales refugios constituye una prioridad conservacionista, puesto que son territorios clave para la persistencia a largo plazo de la biodiversidad. Desde hace una decena de años la filogeografía (estudio de la estructura geográfica de las líneas genéticas de una especie dada) ha permitido localizar mejor los refugios en Europa, y señalar el papel crucial jugado por las tres grandes penínsulas mediterráneas (Ibérica, Itálica y Balcánica). Además, los procesos filogeográficos relativos a los refugios meridionales han revelado ser más complejos que los del Norte. El estudio reciente de un conjunto de datos que reagrupan 82 especies (41 árboles y 41 herbáceas) ha permitido la identificación y delimitación de 52 refugios circunmediterráneos (Médail & Diadema, 2009): 33 están situados en la parte occidental de la cuenca y 19 en la oriental. Existe una congruencia espacial significativa entre estos 52 refugios y las zonas de mayor biodiversidad mediterránea: la totalidad de los territorios con gran porcentaje de endemidad vegetal está incluido dentro los refugios identificados, y la mitad de los refugios está englobada en los 10 *hotspots* regionales. Estos resultados sugieren que mecanismos evolutivos y a la par biogeográficos han tenido una influencia determinante sobre los diferentes niveles de biodiversidad actual.

A una escala local, la heterogeneidad y la diversidad de hábitats, combinadas con diversos grados de aislamiento, explican también estas tasas tan poco frecuentes de endemismos. Finalmente, ciertas perturbaciones, en particular los incendios, han ocasionado en las plantas una drástica selección de ciertas características biológicas cuyo éxito ha dado lugar a intensos procesos de especiación por radiación adaptativa. Por otra parte, no constituye una paradoja menor la constatación de que la extraordinaria riqueza florística de los *hotspots* mediterráneos tiene parcialmente su origen en la existencia de ciclos de perturbaciones intensas a las que el hombre no es ajeno.

### Amenazas que pesan sobre los *hotspots* mediterráneos

Mucho más que las zonas tropicales tan frecuentemente señaladas, las ecorregiones mediterráneas del Globo parecen soportar actualmente una crisis mayor (*bioma crisis*), explicable por el profundo contraste entre pérdida considerable de territorios naturales y el porcentaje reducido de áreas protegidas (Hoekstra *et al.*, 2005). Los múltiples impactos antrópicos que pesan sobre los ecosistemas mediterráneos amenazan fuertemente esta herencia biológica y evolutiva única (Blondel & Médail, 2009), de la que no subsistiría más que alrededor del 5% de vegetación calificada de *natural* (Médail & Myers, 2004). El papel del hombre en el ambiente mediterráneo es hoy día determinante, ya que sus impactos y sus modos de gestión determinan la dinámica de los ecosistemas y la magnitud de los fenómenos de rarefacción o de extinción de las especies. Si bien la cuenca mediterránea constituye un reconocido punto caliente de biodiversidad, es también un *hotspot* de crecimiento demográfico humano.

Al compararse la distribución de la cincuentena de refugios circunmediterráneos y la geografía de la densidad de población humana, se ve una estrecha concordancia (Médail & Myers, 2004). En efecto, cerca del 25% de las cuadrículas de 100 km<sup>2</sup> comprenden refugios correspondientes con los sectores de mayores densidades demográficas (entre 250 y más de 1.000 habitantes/km<sup>2</sup>), casi exclusivamente localizados en el litoral. Esta correlación positiva observada entre la densidad humana y la biodiversidad vegetal acarrea numerosas decenas de inevitables problemas de conservación.

### Integrar los *hotspots* en una Estrategia Global de Conservación de la Flora Mediterránea

¿Constituyen estos *hotspots*, tal como sugieren sus autores, una "estrategia de oro" para luchar eficazmente contra la erosión

planetaria de la biodiversidad? Al establecer prioridades de conservación a nivel mundial o regional, el objetivo general de los *hotspots* consiste en conservar al menor coste el máximo de especies. Tal aproximación permitiría incluir *a priori* una gran diversidad de ecosistemas y de hábitats, además de maximizar la riqueza específica de otros grupos taxonómicos.

Se han formulado, sin embargo, diversas críticas en contra de esta "estrategia de los *hotspots*", que es a veces opuesta a la "estrategia de los servicios de los ecosistemas" (Kareiva & Marvier, 2008) (Tabla 1). Así, varios tipos de ecosistemas fundamentales para la continuidad de los ciclos biogeoquímicos, como es el caso de las zonas húmedas, no se tienen en cuenta directamente en los *hotspots* ya que no conllevan más que una débil riqueza total de flora y de endemismos. Sin embargo, como los *hotspots* engloban zonas geográficas suficientemente extensas, permiten en lo esencial asegurar la perpetuidad de los ciclos biogeoquímicos y biológicos, o al menos el mantenimiento de funciones críticas de los ecosistemas.

Otra crítica formulada es que la "estrategia de los *hotspots*" escogida para maximizar el número de especies a proteger no constituye la mejor aproximación para conservar el máximo de diversidad genética o taxonómica (Reid, 1998). La delimitación de los *hotspots* parece sobre todo pertinente en vastas escalas geográficas y para un nivel taxonómico bastante elevado, pues a resoluciones más finas la congruencia de áreas de más alta biodiversidad en diversos grupos taxonómicos se revelaría a menudo más limitada. Nuestros resultados en la región mediterránea, obtenidos a una escala espacial restringida, muestran sin embargo una coincidencia satisfactoria entre las zonas refugios delimitadas gracias a los datos genéticos y los *hotspots* regionales de riqueza específica (Médail & Diadema, 2009).

En el caso de extensos *hotspots* como la cuenca mediterránea, se hacen necesarias aproximaciones espacialmente más finas. Es esto lo que nosotros propusimos con motivo de la definición de los *hotspots* regionales de diversidad vegetal (Médail & Quézel, 1997, 1999). Una historia biogeográfica eminentemente compleja, la distribución heterogénea de la biodiversidad mediterránea y unos modos de uso del territorio muy diferentes de una ribera a la otra, han justificado este análisis regional y le han hecho merecedor más tarde de un amplio consenso.

El concepto de *hotspot* resulta plenamente operativo si se combina con una conservación dinámica de los ecosistemas y de las poblaciones vegetales características de cada zona biogeográfica, a la vez que se recurren a realizar estudios de viabilidad a nivel regional basados en informaciones disponibles inmediatamente (Kitching, 2000). Esta "estrategia de *hotspots*" debe, naturalmente, engranarse con coherencia con otras gestiones eficaces para la protección de la diversidad vegetal local, en particular las "Zonas Importantes para las Plantas" (IPAs) y las microrreservas de flora establecidas en la península Ibérica.

Inspirándose en el reciente trabajo de Sauquet *et al.* (2009) sobre los patrones de hiperdiversificación de dos ecorregiones mediterráneas del Hemisferio Sur, convendría examinar las variaciones espaciales del *tempo* evolutivo, a fin de establecer cuáles son los sectores biogeográficos más diversificados en el plano filogenético. Siendo uno de los *hotspots* mayores donde probablemente se exacerbarán los efectos del cambio global (Hoekstra *et al.*, 2005), la cuenca mediterránea debería ser objeto de una estrategia prioritaria de conservación biogeográfica de sus *hotspots* de menor escala, sin olvidar las zonas refugio que forman verdaderos "hotspots filogeográficos" abrigando el patrimonio evolutivo del futuro.

**Tabla 1. Comparación entre la “estrategia de los hotspots” y la “estrategia de los servicios de los ecosistemas”, inspirada en Kareiva & Marvier (2008) y completada.**

Estrategia de los hotspots	Estrategia de los servicios de los ecosistemas
<p><b>Idea fundamental</b></p> <p>Identificar las ecorregiones terrestres de mayor diversidad en vegetales superiores y animales (vertebrados) y las más amenazadas por los impactos humanos</p>	<p><b>Idea fundamental</b></p> <p>Basada en la dependencia de las poblaciones humanas frente a ecosistemas variados y en la importancia de su buen funcionamiento para la sostenibilidad de la biodiversidad</p>
<p><b>Realización</b></p> <p>Selección de 34 puntos calientes que concentran alrededor del 50% de los vegetales y del 42% de los vertebrados endémicos, en el 16% de las tierras emergidas Incremento de los espacios protegidos</p>	<p><b>Realización</b></p> <p>Identificación y clasificación de diversos servicios de los ecosistemas Establecimiento de planes de conservación para los ecosistemas en vía de degradación</p>
<p><b>Ventajas</b></p> <p>Aproximación global permitiendo una jerarquía sencilla y rápida para una conservación de lo esencial del mundo vivo Financiación importante y difusión eficaz por parte de <i>Conservation International</i></p>	<p><b>Ventajas</b></p> <p>Permite conciliar mejor la conservación de la naturaleza y el bienestar del hombre Respaldo constante y eficaz a los proyectos de protección, limitando pérdidas económicas y de biodiversidad</p>
<p><b>Inconvenientes</b></p> <p>Ausencia de concordancia estricta en la distribución de la biodiversidad (taxonomía, niveles) Desatención de los procesos funcionales y de la «biodiversidad oculta y ordinaria»</p>	<p><b>Inconvenientes</b></p> <p>Dificultades para identificar y evaluar los servicios ofrecidos por los ecosistemas Procedimiento a menudo largo y complejo</p>

FRÉDÉRIC MÉDAIL

Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocologie (IMEP, UMR-CNRS 6116), Aix-Marseille Université (Université Paul Cézanne). Europôle méditerranéen de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence cedex 04. France. E-mail: f.medail@univ-cezanne.fr

(Traducción a cargo de M. García Antón)

## Bibliografía

- Blondel, J. & F. Médail (2009). Biodiversity and conservation. In: J.C. Woodward (ed.): *The physical geography of the Mediterranean*, pp. 604-638. Oxford University Press, Oxford.
- Hoekstra, J.M., T.M. Boucher, T.H. Ricketts & C. Roberts (2005). Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8: 23-29.
- Kareiva, P. & M. Marvier (2008). Repenser l'écologie. *Pour La Science* 364: 39-45.
- Kitching, R. 2000. Biodiversity, hotspots and defiance. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 487-488.
- Médail, F. & K. Diadema (2006). Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation: approches macro et micro-régionales. *Annales de Géographie*, numéro thématique « Les territoires de la biodiversité » 651: 618-649.
- Médail, F. & K. Diadema (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* 36: doi:10.1111/j.1365-2699.2008.02051.x, in press.
- Médail, F. & N. Myers (2004) Mediterranean Basin. In: R.A. Mittermeier, P. Robles Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreaux & G.A.B. da Fonseca (eds.): *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, pp. 144-147. CEMEX, Monterrey, Conservation International, Washington and Agrupación Sierra Madre, Mexico.
- Médail, F. & P. Quézel (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 112-127.
- Médail, F. & P. Quézel (1999). Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: setting global conservation priorities. *Conservation Biology* 13: 1510-1513.
- Mittermeier, R.A., P. Robles Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreaux & G.A.B. da Fonseca (2004). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX, Monterrey, Conservation International, Washington and Agrupación Sierra Madre, Mexico.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Reid, W.V. (1998). Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 275-280.
- Sauquet, H., P.H. Weston, C.J. Anderson, N.P. Barker, D.J. Cantrill, A.R. Mast & V. Savolainen (2009). Contrasted patterns of hyperdiversification in Mediterranean hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106: 221-225.
- Véla, E. & S. Benhouhou (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes-Rendus Biologies* 330: 589-605