



La serra de la Calderona ha destacat des d'antic com a refugi d'una entomofauna rica i diversa. Un gran nombre d'entomòlegs valencians i estrangers n'han estudiat la fauna d'insectes, i hi han descobert espècies interessantíssimes, algunes d'elles noves per a la ciència.

VV.AA., 1996. Espais naturals, núm. 16. *Història natural dels Països Catalans*, Enciclopèdia Catalana.

Javier Chapa. *Quaderns de camp*, 2006. Aquarel·la sobre paper.

ELS PUNTS CALENTS D'ENDEMICITAT

Maurici Mus

THE ENDEMICITY HOTSPOTS. THE TERRESTRIAL TERRAIN IS PARTICULARLY HETEROGENEOUS IN TERMS OF THE DISTRIBUTION OF LIVING SPECIES, AND THUS A NUMBER OF REGIONS ARE PARTICULARLY RICH IN NUMEROUS SPECIES, WHICH ARE CALLED BIODIVERSITY HOTSPOTS. THE SPECIALIZED HABITATS, ALTITUDE, LOW INTERSPECIFIC COMPETITION, AND THE ENVIRONMENTAL INSTABILITY OF PAST EPOCHS WOULD SEEM TO BE THE FACTORS MOST CLOSELY RELATED TO THE DISTRIBUTION AND FREQUENCY OF ENDEMIC SPECIES.

La definició d'endemisme porta, gairebé des de la formalització del concepte i ús de la paraula, un component implícit de subjectivisme. Aquest fet ha motivat periòdicament una oberta controvèrsia entre distints autors a l'hora de definir quines són les dimensions que han de tenir les àrees dels organismes per ser considerats endemismes. Controvèrsia que s'ha anat adormint una mica amb el pas dels anys i amb la consciència que l'endemisme permet abordatges i enfocaments molt diferents des de perspectives i disciplines tan allunyades com la biologia molecular, l'ecologia, la biogeografia o la paleontologia. A hores d'ara, s'accepta de manera bastant general la noció d'endemisme com necessàriament subjecta a una àrea que deu ser clarament determinada, però sense necessitat d'especificar concretament la seva extensió.

Des d'un punt de vista biogeogràfic s'ha tractat un altre problema relacionat, la idoneïtat de la demarcació d'àrees d'endemicitat, o sia, si la coincidència en un territori de distints endemismes permet fer-ne un reconeixement diferencial com a centre d'endemicitat. En aquest sentit pot ser un bon punt de partida la consideració d'àrea d'endemicitat aquella que presenta límits congruents en la distribució de dues o més espècies. Aquesta definició, que és suficientment versàtil perquè pugui ajustar-se a la gran diversitat de casos, no escapa del tot de la polèmica, perquè no satisfà ni els autors que troben adient intentar adscriure-li una extensió

petita o restringida, ni d'altres que troben que no considera apropiadament el caràcter històric d'aquest tipus de territori i que demanda simpatria.

Com es fa l'assignació de centre d'endemicitat a una àrea determinada? Sovint s'ha fet partint de la consideració de les propostes dels distints autors per a territoris particulars on s'acumulaven una sèrie d'endemismes, però també s'han fet intents d'ajustar la selecció d'àrees d'endemicitat amb mètodes que aportin objectivitat.

■ ÀREES D'ELEVADA BIODIVERSITAT 'VERSUS' ÀREES D'ELEVADA ENDEMICITAT

El terme biodiversitat és prou ampli i ambigu i es refereix a un conjunt indeterminat d'elements biològics que ens fa pensar directament en organismes, però que també inclou, en un enfocament més general, tant genotips com conjunts de poblacions, i fins i tot hàbitats i ecosistemes. La biodiversitat es pot quantificar; hi ha distintes aproximacions per mesurar-la. Per exemple, estudis que de manera molt específica s'apliquen per mesurar la diversitat genètica, mentre d'altres passen directament a comptabilitzar nombres de tàxons, o

bé d'altres elaboren índexs que tracten, a més, d'ajustar-se a les característiques de les àrees per tal de fer-les comparables i per tal de captar les variacions geogràfiques en la biodiversitat.

Des de la perspectiva de les dades de distribucions en els distints grups d'organismes més estudiats es reconeixen una sèrie de territoris especialment rics en nombres d'espècies que s'han definit com a «punts calents de diversitat» (*biodiversity hotspots*)

«A L'HORA DE DEFINIR UN TERRITORI COM A PUNT CALENT EN BIODIVERSITAT UN DELS CRITERIS QUE SERVEIXEN PER RECONÈIXER-LO COM A TAL ÉS LA NECESSÀRIA PRESENCIA D'UN NOMBRE SIGNIFICATIU DE TÀXONS ENDÈMICS»



© Joan Rita

Les illes mediterrànies són llocs privilegiats per estudiar la coincidència de processos d'especiació amb perturbacions antròpiques històriques. Costa nord-occidental de Sicília.

pot). Una alta diversitat d'espècies en un territori pot coincidir amb una presència notable d'endemismes. De fet, aquests conceptes d'«elevada biodiversitat» i «elevada endemicitat» van de la mà, ja que a l'hora de definir un territori com a punt calent en biodiversitat un dels criteris que serveixen per reconèixer-lo com a tal és la necessària presència d'un nombre significatiu de tàxons endèmics. Les variables «nombre alt de tàxons» presents en un territori i «nombre alt d'endemismes» estan relacionades i són coherents entre elles, però no sempre coincideixen exactament i alguns autors constaten la coincidència i d'altres observen el contrari.

En el cas de la conca mediterrània, hom addueix com a raó principal de la gran diversitat d'espècies vegetals l'alt grau d'endemisme local. De fet, s'observa que illes i muntanyes presenten les taxes més altes d'endemismes enfront d'una flora total relativament pobra, ben al contrari que les àrees continentals, on la diversitat és major i el nombre relatiu d'endemismes menor.

La dissimilaritat entre biodiversitat i endemicitat posada de manifest en alguns territoris concrets pot tenir distintes causes: un deficient o incomplet mostreig de tàxons d'àmplia distribució pot mostrar un major nombre relatiu d'endemismes, però també processos històrics, per exemple climàtics, poden ser causa de l'eliminació de part del component endèmic d'una àrea. També territoris que han servit de refugi i presenten flora antiga i poc dinàmica *in situ* o aquells on una alteració important dona entrada massiva a tàxons comuns podran mostrar un increment considerable de la biodiversitat sense que necessàriament augmenti l'endemisme.

Pareix clar, doncs, que aquests distints tipus de punts calents de diversitat, d'endemicitat o fins i tot de

rareza (en el sentit que es discuteix més endavant) no coincideixen necessàriament.

■ CARACTERÍSTIQUES ECOLÒGIQUES DE LES ÀREES D'ENDEMICITAT ALTA

Són diverses les aproximacions que s'han fet a l'hora de discernir els factors clau en la distribució dels endemismes. Hi ha hagut estudis amb un enfocament eminentment biogeogràfic que adapten distribucions a esdeveniments històrics, climatològics o geomorfològics, com per exemple els de Crisp *et al.* (2001) del continent australià, que mostren que el factor macroclimàtic, si bé és important, és insuficient per explicar la distribució dels punts calents; hi representa un paper clau la variabilitat topogràfica, amb les serralades que han actuat de refugis durant els canvis pleistocènics, i també destaca el paper de la situació costanera de molts centres d'endemismes.

Remarcant aspectes ecològics més concrets, altres estudis han discutit la importància de factors com especialització ecològica i competitivitat, disturbis com ara l'herbivoria, incendis o activitats humanes, substrat i altres. Per exemple, a partir de dades procedents del sud-est de França i Còrsega, s'ha apuntat que els hàbitats especialitzats, l'altitud i la baixa competició apareixen correlacionats amb distribució i freqüència d'endemismes, essent comú que aquests quedin relegats a hàbitats extrems si la competència és elevada, com sol passar en zones continentals.

Cal mencionar que sovint s'ha destacat la natura del substrat a l'hora de justificar l'endemisme, i sobretot apunten a les calcàries o materials ultrabàsics i les serpentines com a suport de molts organismes endèmics, si bé mencionen que la seva transcendència es modula amb factors com l'estrès ecològic, estructura dels

materials i productivitat de l'ambient. A la Mediterrània són abundants els sòls pobres en nutrients, sobretot en fòsfor, o bé moderadament fèrtils però prims o esquelètics i que en molts casos retenen molt poca aigua i això és sens dubte una de les condicions ambientals que, amb el règim climàtic estacional d'estius eixuts, més marca la flora i vegetació. S'ha relacionat també directament la infertilitat d'alguns sòls a les zones mediterrànies de l'oest d'Àustràlia i Sud-àfrica amb una molt alta diversitat i altes taxes d'especiació; es constata que les estratègies d'adaptació als focs freqüents en sòls especialment pobres afavoreixen els germinadors capaços d'aprofitar

«EN EL CAS DE LA CONCA MEDITERRÀNIA, HOM ADDUEIX COM A RAÓ PRINCIPAL DE LA GRAN DIVERSITAT D'ESPÈCIES VEGETALS L'ALT GRAU D'ENDEMICITAT LOCAL»

amb rapidesa els nutrients superficials que aquests esdeveniments deixen enfront dels rebrotadors.

■ PUNTS CALENTS, CREACIÓ O CONSERVACIÓ DE FLORA?

Són els punts calents d'endemicitat llocs de creació d'espècies o llocs excepcionals on es conserva una flora antiga abans més abundosa? Tradicionalment s'han situat les àrees d'endemicitat a la Mediterrània basant-se en estudis florístics i de distribució de les espècies implicades i no és fins fa relativament poc temps que dades citogenètiques i moleculars han permès fer una ubicació més fina del temps d'aparició de tàxons endèmics i la possibilitat de relacionar distribucions d'aquests per detectar àrees d'origen. L'existència de refugis a la Mediterrània durant els canvis climatològics i ecològics durant el Pleistocè ha permès el manteniment de tàxons antics. Estudis moleculars han permès avaluar també l'efecte dels canvis poblacionals i de distribució d'algunes espècies en relació als successos climàtics importants en el Pleistocè d'Europa. La inestabilitat ambiental pleistocènica ha obert possibilitats de diversificació recent i ha causat l'aïllament de territoris des del punt de vista geogràfic o florístic i diferenciar elements de la flora a causa de minves o anul·lació del flux genètic i l'intercanvi amb els territoris veïns.

Pareix prou interessant anar acumulant dades que permetin esbrinar si els diferents punts calents d'endemicitat a la Mediterrània són bàsicament producte d'una història florística que s'allunya en el temps i s'han de tractar com a museus d'èpoques passades o si alguns d'ells són fruit d'una dinàmica i activitat encara constatable en la formació de tàxons. L'alt dinamisme de famílies concretes de plantes presents fa probable que hi participin ambdues hipòtesis tot al llarg de la conca, però en una escala fina segurament es pot captar l'originalitat de contrades o hàbitats que poden caracteritzar-se amb una història florística particular.

■ LLOCS DE CONCENTRACIÓ D'ESPÈCIES RARES?

La condició d'endemisme d'una àrea determinada no duu implícita que aquesta hagi de tenir poques poblacions o pocs individus; ni tan sols que es trobi localit-



© M. Mus

Les zones muntanyoses de la Mediterrània han permès el manteniment de tàxons antics i, a la vegada, han propiciat la diferenciació en aïllament de tàxons amb notable dinamisme evolutiu. Serra de Tramuntana de Mallorca.

zat aïlladament, cobrint una petita part del territori. De fet, avui dia resten clarament diferenciats els termes d'endemisme i raresa, establint-se que una espècie localitzada pot no ser especialment rara. En el cas particular de la conca mediterrània s'ha posat de manifest que un 51% dels endemismes són rars, però en una anàlisi fina es veu que no hi ha homogeneïtat a aquest respecte a tot el territori. Com s'explica que pugui haver-hi localment molts tàxons endèmics rars? A la zona mediterrània del Cap (Sud-àfrica), en el fynbos, coincideixen una elevada biodiversitat i un nombre significativament alt d'endemismes d'àrea molt petita; en

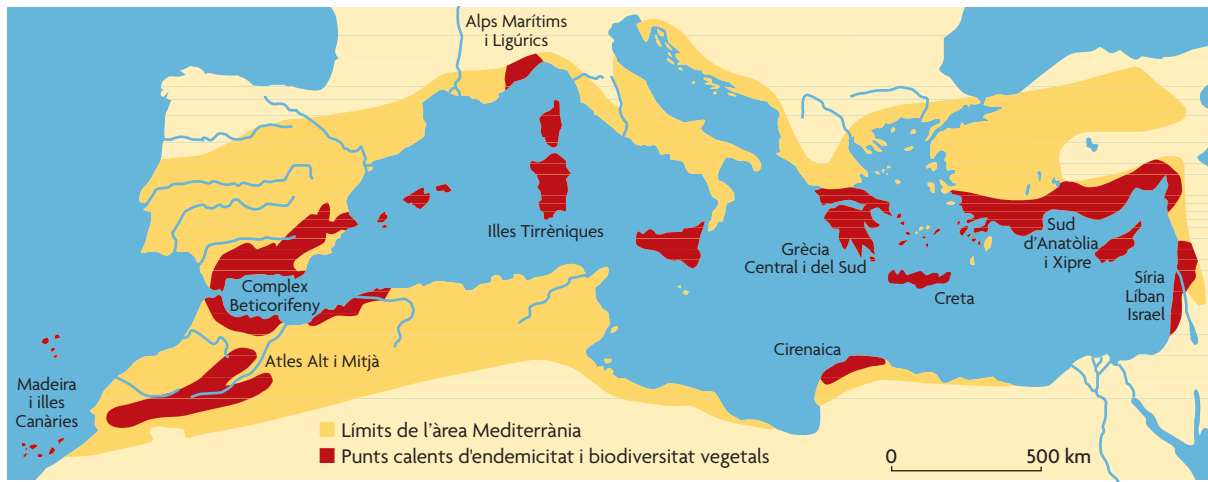
aquest cas s'ha aduït com a responsables una reduïda taxa de migració de les espècies i una alta especiació *in situ*, que explicaria comunitats localment dissimilars amb dominància d'unes poques espècies comunes i amb una extraordinària presència de tàxons endèmics de distribució petita. En aquest cas particular, la mida i la distància entre els indrets favorables i la competició local podrien ser els factors determinants de l'existència de

tàxons endèmics molt rars. Potser amb una menor intensitat i amb la prudència que imposa l'extrapolació amb el canvi d'escala, la gran heterogeneïtat topogràfica de la conca mediterrània ha actuat en molts indrets com una barrera notable a la migració de tàxons i, consegüentment, a sistemes locals d'elevada especiació on trobam tàxons endèmics d'àrea petita.

També s'ha explicat la raresa d'endemismes com a resultat d'una possible recessió. S'ha hipotetitzat que pot venir propiciada directament per l'adquisició de caràcters desfavorables, la qual cosa, a la pràctica, implica assumir que l'especiació ràpida i recent deu

**«LA CONCA MEDITERRÀNIA
ÉS UNA ÀREA ESPECIALMENT
RICA EN ESPÈCIES
ENDÈMIQUES PEL FET D'ÉSSER
UNA ZONA DE REFUGI,
D'ESPECIACIÓ I D'INTERCANVI
FLORÍSTIC ACTIU»**





Punts calents d'endemicitat i biodiversitat vegetals a la conca mediterrània (Médail i Quézel, 1999).

ésser un procés minoritari en l'existència dels endemismes actuals.

En general, la regressió d'endemismes té lloc on hi ha destrucció dels hàbitats a causa de les diverses activitats humanes. No sabem si aquest és el cas general en els diferents punts calents d'endemisme de la conca mediterrània, però els distints graus d'alteració antròpica, de presència absolutament general a tota la conca mediterrània, han d'emascarar necessàriament les distribucions naturals que es poden associar a fenòmens naturals de migració i compliquen al si d'aquesta la interpretació de la localització de distints tipus d'endemisme.

■ L'ESPECIACIÓ ACTIVA COM A FACTOR BÀSIC EN LA CONCENTRACIÓ D'ENDEMISMES EN UN TERRITORI

Si en àrees determinades es donen processos de ràpida especiació, en grups de tàxons diferents es pot asseverar que aquest és un dels factors importants que cal tenir en compte a l'hora de considerar-les com a centres d'endemicitat. Enfocant l'estudi en la raresa d'espècies vegetals, que en una part pot coincidir amb endemicitat, s'ha plantejat que fenòmens d'especiació ràpida poden implicar alts percentatges de raresa si les noves espècies tendeixen a tenir una àrea de distribució petita. De fet, alguns autors suggereixen que els punts calents d'espècies rares consisteixen en llocs on coexisteixen grups d'espècies molt relacionades.

Si bé en la gran majoria dels casos s'han confirmat fenòmens d'especiació ràpida recent en illes volcàniques oceàniques, que es constitueixen en centres d'endemicitat de la importància de Hawaii o les Canàries, per posar alguns exemples, hi ha molts

menys casos estudiats referits a grups continentals a Europa. Realment, conèixer els *tempi* de formació d'una flora o, més concretament, els períodes d'especiació pels distints grups, és una tasca força difícil en àrees continentals des del moment que tenim un arxiu de fòssils incomplet i ens hem de moure amb imprecisos senyals isotòpics de paleotemperature. Les dades de biologia molecular, com l'ADN cloroplàstic, han començat a aportar avenços recents ressenyables que és esperable que modifiquin la capacitat d'ubicar en el temps fenòmens d'especiació i evolució generalitzables a grups d'espècies i territoris.

Documentar aquests processos o d'altres fenòmens de diferenciació críptics que es puguin donar al si d'espècies morfològicament uniformes, així com la consideració d'escala apropiada per a captar discontinuïtats ecològiques i genètiques a diferents nivells, no tan sols pot enriquir els índexs d'endemicitat assignats a àrees determinades de la conca mediterrània, sinó que poden aportar informació molt valuosa en la consideració del dinamisme dels centres o punts calents d'endemicitat.

■ ELS PUNTS CALENTS D'ENDEMICITAT A LA CONCA MEDITERRÀNIA

És prou coneguda la asimetria florística en biodiversitat i endemicitat als territoris que integren Europa; els territoris riberencs de la mar Mediterrània són molt més rics en ambdós aspectes que els territoris més al nord i aquest fet es relaciona amb aspectes històrics i d'heterogeneïtat d'hàbitats.

La conca mediterrània és una àrea especialment rica en espècies endèmiques a causa del seu caràcter de refugi i d'àrea d'especiació i d'actiu intercanvi flo-



ristic. No són rares les aportacions que consideren la conca mediterrània enterament com un punt calent de biodiversitat i endemicitat, però, com comenten alguns autors, la complexitat biogeogràfica, històrica i florística d'aquesta fa aconsellable i més operativa una delimitació acurada d'àrees o punts calents d'endemismes en el seu si. Les aportacions de F. Médail i P. Quézel permeten reconèixer i destacar deu territoris: les illes Macaronèsiques de les Canàries i Madeira, les muntanyes de l'Atlas Alt i Mitjà, el Complex Beticorífenc, els Alps Marítims i Ligúrics, les illes Tirrèniques en sentit ampli (que inclouen Còrsega, Sardenya, les Balears i Sicília), la Grècia Central i del Sud, Creta, sud d'Anatòlia i Xipre, l'àrea de Síria-Líban-Israel i la Cirenaica.

En total, aquestes deu àrees representen 515.000 km² (més o menys un 22% del total de la superfície de la conca) i inclouen 5.500 endemismes de reduïda distribució que són producte principalment de factors històrics i paleogeogràfics. La fina delimitació d'algunes d'aquestes àrees, sobretot continentals, no és prou evident i explicitada en aquestes obres, per la qual cosa aquesta proposta, tot i haver gaudit de gran acceptació, seria probablement susceptible de controvèrsia al davallar d'escala i tot indica que està mancada d'una anàlisi territorial prou potent per establir límits consensuats o estadísticament ben documentats.

■ CONSERVACIÓ DELS PUNTS CALENTS D'ENDEMICITAT

L'interès de conservació que presenten aquestes àrees d'elevada endemicitat és sens dubte evident quan es tracta de conservar tàxons exclusius, però cal afegir-hi altres raons prou importants que cal tenir en compte a l'hora de reconèixer-los com a territoris prioritaris per evitar que es deteriorin i desapareguin.

Per una banda, es poden considerar des del punt de vista dels percentatges de diversitat florística total, en relació als aspectes comentats, que sovint hi ha coincidència d'alta endemicitat i alta diversitat. Altes taxes d'endemicitat de territoris a la Mediterrània han afavorit que se'ls consideri punts calents de biodiversitat i que siguin focus destacats dels esforços per delimitar àrees d'interès per a la conservació dels vegetals en el món. Aquesta és, si més no, la raó principal per la qual solen coincidir en la literatura les àrees més representa-

tives d'alta biodiversitat i endemicitat a nivell global, però que cal traslladar també a la gestió particular de territoris determinats en el si de la conca mediterrània.

Per altra banda també caldrà tenir en compte la rellevància del fet de contenir flora de més amplia distribució que, a causa de la història fitogeogràfica del territori, té unes característiques genètiques *in situ* remarcables. En aquest darrer sentit es coneix que els polsos de períodes glacials i interglacials intervingueren determinantment en la diversitat genètica de les espècies dels refugis persistents del sud d'Europa, que coincideixen amb alguns dels punts calents d'endemicitat. Propiciaren la innovació, però també la conservació d'unes taxes molt altes de diversitat genètica gràcies al fet de no haver estat sotmesos als colls de botella d'àrees que es gelen i desgelen periòdicament.

Una política conservacionista atenta a preservar àrees i no tan sols espècies en un marc integrat d'estratègies de conservació permet millorar la perspectiva de supervivència d'endemismes, espècies rares, espècies amenaçades i també espècies comunes, evitant errors potencials com ara aplicar mesures proteccionistes esbiaixades basades tan sols en un criteri. ☺

BIBLIOGRAFIA

- CONSERVATION INTERNATIONAL, 2006. *Biodiversity hotspots*. <<http://www.biodiversity-hotspots.org/xp/Hotspots>>.
- DAVIS, S. D. *et al.* [eds.], 1994. *Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. Volume 1. Europe, Africa, South West Asia and the Middle East*. World Wildlife Fund & World Conservation Union. Cambridge.
- DELANOE, O. *et al.*, 1996. *Conservation of Mediterranean Island Plants. I. Strategy for Action*. IUCN. Gland and Cambridge.
- GREUTER, W., 1991. «Botanical diversity, endemism, rarity and extinction in the mediterranean area: an analysis based on the published volumes of Med-Checklist». *Botanika Chronika*, 10: 63-79.
- HAROLD, A. S. i R. D. MOOI, 1994. «Areas of endemism: definition and recognition criteria». *Systematic Biology*, 43: 261-266.
- LATIMER, A. M. *et al.*, 2005. «Neutral Ecological Theory reveals isolation and rapid speciation in a biodiversity hot spot». *Science*, 309: 1722-1725.
- MÉDAIL, F. i P. QUÉZEL, 1999. «Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: setting global conservation priorities». *Conservation Biology*, 13 (6): 1510-1513.
- MÉDAIL, F. i R. VERLAQUE, 1997. «Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation». *Biological Conservation*, 89: 269-281.
- MORRONE, J. J., 1994. «On the identification of areas of endemism». *Systematic Biology*, 43: 438-441.
- MYERS, N. *et al.*, 2000. «Biodiversity hotspots for conservation priorities». *Nature*, 403: 853-858.
- RABINOWITZ, D., 1981. «Seven forms of rarity». In SYNGE, H. (ed.), 1981. *The biological aspects of rare plant conservation*, 205-217. Wiley. Nova York.
- SZUMIK, C. A. i P. A. GOLOBOFF, 2004. «Areas of endemism: an improved optimality criterion». *Systematic Biology*, 53: 968-977.

Maurici Mus. Laboratori de Botànica, Facultat de Ciències, Universitat de les Illes Balears.